

P.389

INCENMET  
BIENES CULTURALES  
54.810.05046  
INVENTARIO



# EL MAR, UNA FUENTE DE RECURSOS MINERALES



No. 14

Lima - Perú

1978

## CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION .....	1
II. RECURSOS MINERALES DEL MAR, FONDO Y SUBSUELO MARINOS .....	1
A. GENERALIDADES	
1. Sustancias disueltas en el agua de mar	
2. Depósito en la plataforma continental y en las playas litorales	
3. Depósitos en los fondos oceánicos	
4. Yacimientos minerales asociados a la roca de fondo	
III. LOS NODULOS DE MANGANESO O POLIMETALICOS .....	4
IV. INCIDENCIA ECONOMICA DE LA MINERAI OCEANICA .....	4
V. BIBLIOGRAFIA .....	7

## EL MAR, UNA FUENTE DE RECURSOS MINERALES

Por: Pedro Lavi Zambrano

### I - INTRODUCCION

Se estima que una inversión anual de varios millones de dólares dirigida hacia la investigación geológica y minera destinada al descubrimiento de nuevos depósitos minerales dentro de la plataforma continental, podría traer como consecuencia la creación de nuevas industrias y que, a decir de algunos economistas, generaría una producción bruta mínima de 100 millones de dólares en los próximos diez años.

A la luz de la experiencia, se puede decir que los frutos o beneficios que nos brinda la investigación son muy grandes pero, por lo común, éstos son difíciles de predecir. Sin embargo, cabe señalar que los beneficios derivados de la investigación oceanográfica están representados por el ahorro anual en el costo de bienes y servicios y aumento de producción. Existen ciertos beneficios económicos directos derivados de la investigación marina; por ejemplo, aquellos relacionados con exploración petrolífera y minera terrestre, gracias a un mayor y mejor conocimiento de los océanos y de los procesos sedimentarios marinos. A partir de los estudios geológicos del suelo y subsuelo oceánicos han sido identificadas grandes reservas tanto de hidrocarburos (petróleo) en el zócalo continental como de recursos minerales (nódulos polimetálicos) que se hallan tapizando extensas áreas del fondo marino.

Las investigaciones orientadas a la búsqueda de recursos no renovables en el ámbito marino ha despertado un verdadero interés en la última década, principalmente por parte de los países superdesarrollados, lo que hace prever que posiblemente a corto plazo la minería oceánica será una realidad.

### II. -- RECURSOS MINERALES DEL MAR, FONDO Y SUBSUELO MARINO

#### A. GENERALIDADES

Tanto la gran acogida que tiene el desarrollo de la teoría de las placas tectónicas como la intensa difusión acerca de los descubrimientos del fondo marino, han causado una verdadera revolución en el seno de las ciencias geológicas. Uno de los aspectos es el referente a nuevas concepciones teóricas relacionadas con la génesis y la distribución de los recursos minerales en tierra firme. Cabe destacar que el incremento de la distribución de los patrones de los tipos importantes de depósitos minerales en tierra pueden estar relacionados, tanto en el espacio como en el tiempo, a la distribución de los límites de las placas tectónicas convergentes y divergentes. Tal sería el caso, por ejemplo, de los depósitos de cobre porfídico existentes, en el flanco occidental de los Andes Peruanos, cuya génesis podría ser explicada mediante una investigación de los procesos de la placa litoesférica de Nazca en el umbral del

Pacífico Este y su destrucción por subducción debajo del continente sudamericano a lo largo de la Fosa Perú-Chile.

Aún cuando todavía son muchos los aspectos que restan ser investigados en materia de recursos minerales del mar, el conocimiento hasta hoy logrado ha permitido establecer, en líneas generales, que los minerales existentes en el medio marino quedarían enmarcados atendiendo a su estado y/o modo de yacer, dentro de uno de los cuatro (4) siguientes tipos de clases de depósitos:

1. Sustancias disueltas en el agua de mar.
2. Depósitos en la plataforma continental y en las playas litorales.
3. Depósitos en los fondos oceánicos
4. Depósitos asociados a la roca de los fondos oceánicos.

#### 1. Sustancias disueltas en el agua de mar

El agua de mar contiene una variada gama de minerales que son muy necesarios para el desarrollo industrial de la humanidad en general y de la industria química en particular; sin embargo, hasta la fecha no se ha efectuado una evaluación sistemática de tales recursos a fin de conocer su verdadero potencial. A parte del cloruro de sodio, únicamente se aprovechan, pero en forma muy restringida, el bromo y el magnesio.

Los yacimientos de cloruro de sodio se presentan a distancias variables de la línea de costa en depresiones que en algunos casos han sido preparadas especialmente para la evaporación del agua de mar. En el Perú, los depósitos de sal común más importantes están localizados en los departamentos de Lima (Salinas de Huacho), Ica (Otuma) y Lambayeque; otros yacimientos de menor importancia existen en Tumbes, Piura, Ancash y La Libertad.

Acerca del bromo, podemos señalar que aún cuando los océanos contienen sólo 65 ppm., es la principal fuente de abastecimiento, ya que su producción cubre aproximadamente el 70 o/o de la demanda mundial de nuestros días.

El magnesio es el tercer elemento más abundante en los océanos. En los Estados Unidos de Norteamérica el valor de la producción anual supera los 80 millones de dólares. Prácticamente, es incipiente todavía la investigación sobre otras posibles aplicaciones del magnesio. ¿Podría competir el magnesio eficazmente con el aluminio en algunas aleaciones?... ¿Sería posible crear una mayor demanda de magnesio? Estas y muchas otras preguntas podríamos formularnos... Toca pues, a los hombres de ciencia hallar las respuestas correspondientes.

Otros elementos que serían fáciles de extraer a partir del agua de mar son el rubidio y el cesio

especialmente en los lugares en donde se tratan grandes volúmenes de agua de mar. Sin embargo, será conveniente efectuar un cálculo acerca de las necesidades actuales y futuras de estas dos sustancias y, cuáles serían su efecto sobre sus abastecedores actuales si se desarrolla una técnica comercial y económica para extraerlos de los océanos.

El cuadro No. 1, da una idea en términos generales, acerca de la concentración y cantidad de las principales sustancias disueltas en el agua de mar.

## 2. Depósitos en la Plataforma Continental y en las Playas Litorales

Estos depósitos están representados principalmente por acumulaciones de fosforitas, azufre, nódulos de manganeso y materiales detríticos valiosos, tales como arenas de minerales pesados; magnetita, casiterita y titanio, fundamentalmente. Las arenas diamantíferas que bordean la costa sudoeste de Africa ofrecen un buen ejemplo de este tipo de depósitos cuyo rendimiento medio es de unos cinco quilates por tonelada; comparado con un quilate que se logra normalmente en los campos diamantíferos sudafricanos. Otro ejemplo es la ocurrencia de arenas auríferas identificadas frente a Nome y Juneau, Alaska. Igualmente, de las playas hundidas y los depósitos aluviales frente a las costas de Malasia, Tailandia e Indonesia, en aguas hasta de 40 metros de profundidad, se extraen actualmente minerales de estaño.

Es probable que en todas las regiones en donde las arenas de las playas de nuestros días contienen mineral potencialmente valioso, existen buenas perspectivas de que las playas fósiles, alejadas de la costa y en aguas más profundas, se hayan acumulado depósitos similares en épocas pasadas, cuando los niveles del mar eran inferiores.

## 3. Depósitos en los Fondos Oceánicos

Conforme nos adentramos en aguas profundas hallamos sobre el fondo de los océanos cantidades abundantes de nódulos de color negro. Estos nódulos que por su composición química se ha convenido en llamarlos "nódulos polimetálicos" debido a su contenido en níquel, cobre, cobalto, manganeso, hierro y otros metales.

La existencia de estos nódulos se conoce desde hace algo más de un siglo. Thompson en 1874 y Murray en 1876 anunciaron el descubrimiento de nódulos e incrustaciones ferromangáníferas en los fondos batiales, lo cual fue demostrado

posteriormente por Buchanan en 1891.

La composición y la abundancia de los nódulos ha sido motivo de curiosidad científica así como también ha despertado el interés de un grupo de empresas que están invirtiendo fuertes sumas de dinero tanto para la exploración de los fondos marinos como para hallar la tecnología necesaria para su explotación y metalurgia de los metales contenidos en ellos.

## 4. Yacimientos Minerales Asociados a la Roca de Fondo

Los conocimientos geológicos adquiridos en el continente y las inferencias que pueden desprenderse de los mismos, indican que las formaciones rocosas que yacen a distinta profundidad por debajo del fondo del mar, contienen vastos recursos potenciales de minerales metálicos y no metálicos. Entre los principales yacimientos destacan los de: petróleo, gas, azufre, carbón, depósitos estratificados de sal y potasa, ciertos minerales terríferos y otros minerales metálicos.

Actualmente, más de 40 países son productores de hidrocarburos en zonas submarinas. Todos los yacimientos existentes se encuentran en la plataforma continental, siendo sus reservas que yacen en el subsuelo de la margen continental y fondos oceánicos, al parecer, más importantes que las de tierra.

El carbón, es otro mineral estratificado que actualmente ya se explota mediante la minería subterránea tradicional frente a las costas de Canadá, Japón, China (Taiwan), Inglaterra y otros países. En cuanto a minerales metálicos, las perspectivas de encontrar filones y vetas en las profundidades del mar, están limitadas a unos cuantos minerales, tales como cromita, platino, níquel, cobalto y ciertos minerales de hierro.

Recapitulando, podemos decir que los mayores y más excepcionales de los recursos minerales conocidos del medio marino son los nódulos polimetálicos que yacen en mares profundos, ya que constituyen nuevas fuentes de cobre, níquel, cobalto y manganeso. Al respecto, un estudio de la División de Recursos Naturales y Transportes de la Secretaría de las Naciones Unidas señala que los yacimientos del Océano Pacífico son de gran interés, estimándose, conforme a cálculos moderados, que hay por lo menos varios cientos de millones de toneladas de nódulos del alta ley susceptibles de ser extraídos en la región del Pacífico.

Otra fuente menos convencional de minerales del fondo marino se encuentra en lodos y salares como los del Mar Rojo, que contienen hierro, manganeso, cobre, zinc, plata y oro. Dichos

CUADRO No. 1

SUSTANCIAS DISUELTAS EN EL AGUA DE MAR

Sustancia	Concentración (mg/l)	Cantidad de sustancia en el agua de mar (TN/milla <sup>3</sup> )	Cantidad total en los océanos (TNS)	Porcentaje de sólidos disueltos
Cloro	19,000.0	$89.5 \times 10^6$	$29.3 \times 10^{15}$	54.8
Sodio	10,500.0	$49.5 \times 10^6$	$16.3 \times 10^{15}$	30.4
Magnesio	1,350.0	$6.4 \times 10^6$	$2.1 \times 10^{15}$	7.5
Azufre	885.0	$4.2 \times 10^6$	$1.4 \times 10^{15}$	3.7
Calcio	400.0	$1.9 \times 10^6$	$0.6 \times 10^{15}$	1.2
Potasio	380.0	$1.8 \times 10^6$	$0.6 \times 10^{15}$	1.1
Bromo	65.0	$3.0 \times 10^5$	$0.1 \times 10^{15}$	0.3
Carbono	28.0	$1.3 \times 10^5$	$0.4 \times 10^{14}$	0.2
Estroncio	8.0	$3.8 \times 10^4$	$1.2 \times 10^{13}$	0.07

FUENTE:

John L. Mero, "The Mineral Resources of the Sea", 1965.

CUADRO No. 2

PRINCIPALES MINERALES DE MANGANESO EN LOS NODULOS POLIMETALICOS

Hollandita $(Ba, K, Pb, Na)_{1-2} Mn_8 O_{16} \cdot nH_2O$
Psilomelano $(Ba, K, Mn, Co)_2 Mn_5 O_{10} \cdot nH_2O$
Birnesita $(Ca, Na, Mn)_x Mn_7 O_{14} \cdot 3H_2O$
Delta - Manganese $(\delta MnO_2)$
Dodorokita $(Na, Ca, Mn) Mn_3 O_7 \cdot nH_2O$

Fuente: A.J. Mauman, "Nature". Feb. 1976

minerales se hallan en las grietas existentes en el fondo marino. Los científicos sugieren que tal vez en otras localidades en donde los fondos marinos presentan grietas existe la posibilidad de encontrar fangos metalíferos y salmueras calientes como los descubiertos en el Mar Rojo.

Por otro lado, las investigaciones efectuadas a través de todo el Océano Atlántico Septentrional indicaron la existencia de abundantes incrustaciones de mineral de manganeso con valores de níquel, cobre y cobalto en rocas descubiertas en regiones en donde los movimientos telúricos habían causado fracturamientos en el fondo marino.

En el Perú, los esfuerzos realizados con el propósito de conocer nuestra cuarta región natural y los recursos que en ella se localizan, han sido bastante limitados; ello ha obedecido, fundamentalmente, a razones de carácter económico ya que llevar a cabo programas de investigación de esta índole significa la inversión de grandes sumas de dinero. Sin embargo, de acuerdo a la información existente, podemos señalar que en el Perú hay muchas playas y sedimentos de fondos someros que ofrecen la posibilidad de contener altos porcentajes de minerales pesados. Asimismo, se tiene referencia de la explotación de arenas concentradas en magnetita y zircón, ubicadas a unos 40 Km. al sur de Lima.

Otra de las áreas de explotación en nuestro medio sería los deltas submarinos, en los sectores de fuertes corrientes, ya que existe la posibilidad de localizar depósitos auríferos que habrían sido arrastrados y concentrados por los ríos costeros; en este sentido, cabría destacar en forma particular el delta del río Santa.

Según el Dr. Belousov de la Expedición de la Academia Kurchatow (1968), en el Perú han sido encontrados muy buenos depósitos de nódulos de manganeso con microconstituyentes tales como cobre, cobalto, níquel, uranio y torio, entre otros, a profundidades de 4,000 a 6,000 metros lo que representaría, sin lugar a dudas, una gran reserva futura para el Perú, cuya explotación podría llegar a ser económica cuando se disponga de la tecnología adecuada y las condiciones del mercado lo permitan.

Finalmente, se tiene referencia que en el sector correspondiente a la plataforma continental desde la Bahía de Sechura hasta el sur de Pimentel, se han venido efectuando operaciones de exploración por fosfatos.

### III. - LOS NODULOS DE MANGANESO O POLIMETALICOS

Convendría indicar en qué consisten los nódulos manganíferos. Al respecto, podemos señalar, de manera

general, que en el agua de mar se forman geles de óxido de hierro y manganeso que al descender a las profundidades abisales atraen iones de otros elementos tales como cobre, cobalto, níquel y muchos otros más. Estas geles al llegar al fondo y en un ambiente oxidante, se depositan alrededor de un núcleo cualquiera, generalmente una esquirla de piedra pómez, formando capas concéntricas de espesor variable.

Estos nódulos presentan una estructura porosa y son bastante friables. Su tamaño varía desde menos de 1 mm. hasta más de 1 metro, habiéndose encontrado un nódulo cuyo peso alcanzó unos 850 kilos.

Los nódulos son de color variado; va desde el castaño claro hasta el negro oscuro, lo cual está en función directa con la menor o mayor relación porcentual Mn/Fe. Los de color negro azulado generalmente corresponden a aquellos en donde el manganeso alcanza un mayor porcentaje mientras que en los de color pardo brunáceo el mayor contenido es el hierro.

Su composición mineralógica está representada esencialmente por las especies minerales de manganeso que se indican en el cuadro No. 2, además de  $Fe(OH)_3$ , están los otros iones metálicos en estos compuestos.

Encuanto a su composición química, ésta es muy variable. John L. Mero, 1975, nos muestra en el cuadro No. 3 el promedio de la composición química de cierto número de áreas muestreadas en el Océano Pacífico.

### IV - INCIDENCIA ECONOMICA DE LA MINERA OCEANICA

Al hablar de Minería Oceánica, prácticamente se refiere al aprovechamiento económico de los nódulos de manganeso o polimetálicos en la zona considerada como de Patrimonio Común de la Humanidad. Las investigaciones efectuadas, que aún cuando cubren del 3 al 5 o/o del área de los fondos oceánicos, demuestran la factibilidad técnica y económica de la explotación de los nódulos polimetálicos sin embargo, todavía falta superar muchos aspectos de carácter jurídico - político, los cuales se vienen analizando en las reuniones de la Tercera Conferencia sobre el Derecho del Mar en las Naciones Unidas.

Debido, principalmente, al carácter confidencial y secreto de los resultados de la investigación de nódulos de manganeso, las cifras correspondientes a la producción de metales por tonelada de nódulos son únicamente referenciales. No obstante, es coincidente la opinión que en gran medida será determinante el proceso metalúrgico apropiado que se aplique estimándose de 80 - 95 o/o la recuperación metalúrgica.

El cuadro No. 4 muestra el cálculo de Naciones Unidas acerca de la ley y contenido fino de los principales metales provenientes de una operación de minado estimada en 1'000,000 TM de nódulos. Estas cifras son muy coincidentes con las dadas a conocer por la Tenneco, Inc. y la Deepseva Ventures, Inc.

Se espera que la industria de los nódulos de manganeso logre su auge en base a las óptimas condiciones que el mercado le ofrezca al níquel, ya que se le considera como elemento fundamental de la minería nodular calculándose en más del 50 o/o su participación en la generación de los ingresos totales de las operaciones de minería.

Hacia 1985 la producción de metales a partir de los nódulos de manganeso con un 95 o/o de recuperación ha sido calculada tal como lo señala el cuadro No. 5 en 1'408,000 T.M.

Para ese mismo año es indudable que, de concretarse la explotación nodular, se verá afectada la economía de aquellos países productores de los cuatro (4) principales metales recuperables a partir de los nódulos de manganeso. En este sentido, cabe señalar que, dada su estructura económica primaria, corresponde a los países en desarrollo el mayor volumen del comercio internacional actual de manganeso, cobalto y cobre y, de un pequeño porcentaje del de níquel.

Del cuadro No. 6 se desprende que la producción potencial del contenido metálico más importante de los nódulos (cobalto, níquel, manganeso y cobre) está en proporción completamente distinta a la demanda mundial de dichos metales; por ejemplo, el propósito de producción de metal a partir de los nódulos en 1985 indica que sería suficiente para satisfacer el 50 o/o de la demanda de cobalto; el 18 o/o de la del níquel, el 6 o/o de la de manganeso y sólo el 1.3 o/o de la de cobre.

Dentro de dicho marco, el cobalto sería el metal que acusa alteraciones casi de inmediato con la puesta en marcha de la minería oceánica. En este sentido, los países en desarrollo se verían afectados, desde que de ellos proviene aproximadamente, los dos tercios del volumen de la producción mundial. La situación del manganeso presenta muchas incertidumbres ya que podría ocasionar una baja en la cotización hasta en un 50 o/o aproximadamente. Además, habría que considerar que su demanda es bastante inelástica y no se prevén nuevos usos de importancia que permitan absorber un aumento de la oferta a precios menores. El mercado del níquel también se vería afectado ya que la producción nodular cubriría más del 25 o/o de la demanda mundial estimada para ese año esperándose un efecto muy limitado en los países en desarrollo. Sin embargo, el panorama cambiaría si la demanda del níquel como resultado de nuevas aplicaciones aumentara a un ritmo mayor que la del cobre; en dichas condiciones, las posibilidades de que la explotación de nódulos afectara los mercados de cobre aumentaría notablemente y el 5.5 o/o calculado como el porcentaje de la demanda del cobre que sería cubierta por la minería nodular se incrementaría.

En resumen, próximamente la minería oceánica producirá un determinado volumen de metales que indudablemente cubrirán un volumen similar de la demanda mundial. A ello, habría que sumar el suministro proveniente del reciclaje; cambios tecnológicos en la elaboración y transporte de los minerales, incremento de problemas socio-económicos

**CUADRO No. 3**

**CONTENIDO METALIFERO DE  
LOS NODULOS DEL PACIFICO**

(Mn+ Fe)	63.00 o/o
Cu	1.40
Ni	1.60
Co	0.24
Zn	0.14
Pb	0.07
Mo O3	0.10
Zr	0.06
Ce	0.05

**CUADRO No. 4**

**PRODUCCION DE METALES  
A PARTIR DE  
NODULOS DE MANGANESO**

Producción Bruta TM	CONTENIDO FINO		
	Metales	Leyes o/o	TM
1'000,000 de Nódulos de Manganeso	Manganeso *	24.00	230.00
	Níquel	1.60	15,000
	Cobre	1.40	13,000
	Cobalto	0.21	2,000
	Otros	0.30	2.500
<b>TOTAL</b>			<b>263,500</b>

\* Si se decide su recuperación

ONU - A/CONF. 62-25 - 1974

CUADRO No. 5

PRODUCCION ESTIMADA A  
PARTIR DE RECURSOS MARINOS  
PARA 1985

METAL	T M
Manganeso	920,000
Níquel	220,000
Cobre	200,000
Cobalto	30,000
otros	38,000
<b>TOTAL</b>	<b>1'408,000</b>

CUADRO No. 6

VOLUMEN DE LA PRODUCCION NODULAR  
Y LA DEMANDA MUNDIAL PARA 1985

(Miles de Toneladas Métricas)

Metal	Total de demanda mundial estimada (1)	Producción probable Procedente de nódulos (2)	Porcentaje de (2) Con relación a (1) (3)	Necesidades netas estimadas de con relación de los países industriales(*) (4)	Porcentaje de (4) que sería cubierto por (2) (2)
Manganeso	16,400	920	6 o/o	7,300	13 o/o
Níquel	1,220	220	18 o/o	770	26 o/o
Cobre	14,900	200	1.3 o/o	3,600 (*)	5.5 o/o
Cobalto	60(**)	30	50 o/o	sin cifras disponibles	Sin cifras disponibles

FUENTE:

World Metal Statistics, UN Statistical Yearbook, (UNCTAD), Problems of the World Market for Market for Manganese Ore.

(\*) Suponiendo que las necesidades de importación neta sean proporcionalmente las mismas que en 1972.

(\*\*) Excluidos los países de economía planificada.

que se derivarían del sector minero y de las industrias conexas, etc. Todo ello hace prever que los países que poseen la tecnología de la minería oceánica buscarán cada vez ser menos dependientes de materias primas, de allí que se hace imperativa la decisión de crear un Organismo Internacional en el seno de las Naciones Unidas que sirva de autoridad en materia de minería oceánica a fin de que los países que resulten afectados reciban una justa compensación; teniendo además en cuenta, que no sólo se trata de depósitos terrestres en actual explotación, sino también de sus planes de expansión y/o apertura de nuevos depósitos que, como el caso del Perú, vería muy restringidas sus expectativas de seguir un plan de exploraciones en nuestra Cordillera Oriental, que siendo la menos conocida, se sabe de la existencia de manifestaciones de níquel, cobalto y otras sustancias importantes.

## V - BIBLIOGRAFIA

1. ANDREWS J.E. and FOREMAN J.A.  
"Sediment Core Description: R/v Kana Keori 1971 - Cruise Eastern and Western Pacific Ocean" - Hawaii Institute of Geophysics.
2. ARRHENIUS G. and FRAZER J.L.  
"World wide distribution of Ferromanganese Nodules and Element Concentrations in Selected Pacific Ocean Nodules" - Compiled from the Scripps Institution of Oceanography Sediment Data Bank - Oct. 1972.
3. BRUCE T. and REA DAVID  
"Geologic Evolution of the Northern Nazca Plate" - School of Oceanography, Oregon State University - Corvallis, Oregon.
4. DE LACHH M.N., HORN B.M. and HORN D.R.  
"Ferromanganese Deposits of the North Pacific Lamont - Doherty Geological Observatory of Columbia University Palisades - New York, 1964
5. LEE ROY S., STAVRO POULOS C.A. and AMERANSIGHE H.S.  
"Las Naciones Unidas y el Mar" - Secretaría de Relaciones Exteriores - 1974.
6. MERO JOHN L.  
"The Mineral Resources of the Sea" - 1965.
7. SCLATER F.R., BOYLE E. and EDMOND J.M.  
"On the Marine Geochemistry of Nickel" Department of Earth and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge - Mass. USA.