



## CHILE Y LOS INTERESES MARÍTIMOS (Segunda Parte)

Eri Solís Oyarzún\*

*En el desarrollo de la primera parte del presente artículo, publicado en RM 1/2013, el autor abarca las materias relacionadas con el comercio por mar, marina mercante, terminales marítimos, la pesca, industria naval y recreación marítima. En esta segunda parte en tanto, incluye los temas relativos a la minería submarina, extracción de minerales, desalinización del agua de mar, explotación energética del mar y la investigación oceánica.*

### - Minería Submarina.

#### • Introducción.

Esta compleja y aún poco desarrollada actividad, para efectos de evaluación se dividió en 3 grupos: Extracción de minerales, Desalinización del agua de mar y Explotación energética del mar. Previo a entrar en materia conviene revisar en forma muy somera el régimen jurídico de los espacios marítimos. En 1971, las Naciones Unidas convocaron a la Tercera Conferencia sobre el Derecho del Mar. Los Estados negociaron sus intereses contradictorios por largo tiempo hasta alcanzar su conciliación. "El Tratado adoptado en 1982 entró en efecto en 1994, luego que 60 naciones lo ratificaron, lo cual cambió radicalmente el status legal de los márgenes del océano. Extiende los mares territoriales nacionales a 12 millas náuticas (22 kilómetros) de la playa. Dentro de esta zona, cada Estado costero tiene los mismos derechos y responsabilidades que se aplican sobre tierra firme"<sup>17</sup>. "Zona Contigua. Este espacio marítimo se extiende, de acuerdo con la Convención, hasta una distancia máxima de 24 millas marinas contadas a partir de la línea de

base, esto es, hasta 12 millas marinas a partir del límite exterior del mar territorial... En este espacio, el Estado ribereño tiene atribuciones para adoptar medidas de fiscalización, para prevenir y sancionar infracciones a las normas aduaneras, migratorias, sanitarias y fiscales cometidas en su territorio o en su mar territorial"<sup>18</sup>. La Convención del Mar acogió la Declaración de Santiago ya aludida e instauró la Zona Económica Exclusiva de 200 millas medidas desde la costa. El país ribereño tiene derechos soberanos para los fines de exploración, explotación, conservación y ordenación de los recursos vivos y no vivos, del mar, del lecho y del subsuelo y otras actividades relacionadas con la exploración, investigación y explotación económica. La Convención también hizo mención a la Plataforma Continental limitando su extensión a 350 millas. Las figuras 6 a) y 6 b) muestran las delimitaciones en los planos horizontal y vertical de los espacios marítimos. Más allá de los límites jurisdiccionales de los Estados ribereños está la "Alta Mar", donde impera el Derecho Internacional; que asegura la libertad de navegación, sobrevuelo, pesca,

\* Contraalmirante. Oficial de Estado Mayor. Magíster en Ciencias Navales y Marítimas. Destacado Colaborador de Revista de Marina, desde 1984.

17. Los Océanos. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, SHOA. Valparaíso. 2004. P.145.

18. Los Intereses Marítimos Argentinos. Armada Argentina. Buenos Aires. 2012. P.14.

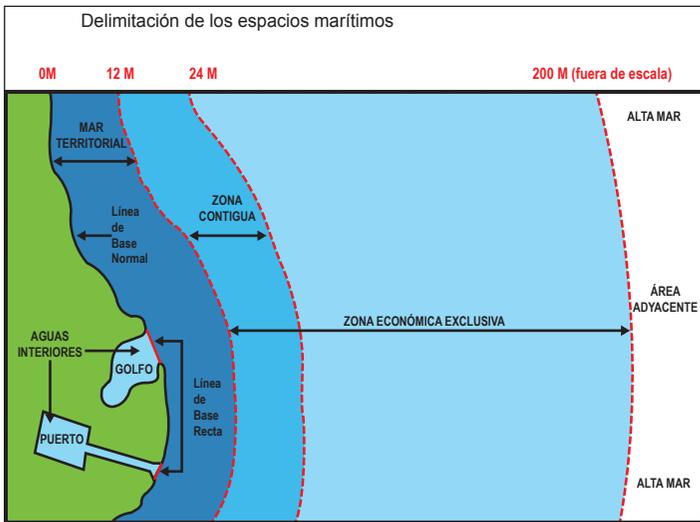


Figura 6 a).

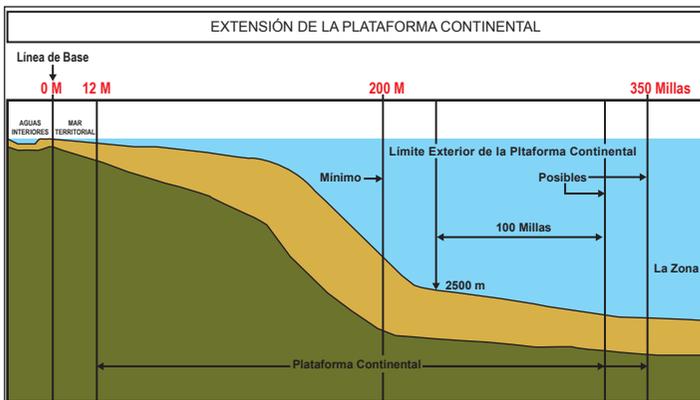


Figura 6 B).

Se constituyó la “Autoridad Internacional de Fondos Marinos” (AIFM), son miembros de ella los Estados partes de la Convención, para administrar la Zona. Alrededor de la Autoridad se creó una compleja estructura destinada a asesorarla en diversas materias. Las estrictas exigencias impuestas por la Convención para la explotación de los recursos mineros en la zona, hicieron que algunos países industrializados se negaran a su ratificación.

El gobierno de Chile dispuso la instauración del Mar Presencial. “Parte de Alta Mar entre el límite de la Zona Económica Exclusiva de Chile y el meridiano que, pasando por el borde occidental de la Plataforma Continental de Isla de Pascua, se prolonga desde el paralelo del hito N°1 de la línea fronteriza internacional que separa Chile de Perú, hasta el Polo Sur; donde Chile compromete su presencia para proteger la vida humana y preservar el medio ambiente”<sup>20</sup>. Para fines internacionales, las aguas presenciales corresponden a la Altamar y por lo tanto son internacionales y el suelo y subsuelo marino forman parte de la Zona bajo la administración de la AIFM.

Figura 7. Áreas de Responsabilidad de la Armada de Chile muestra la jurisdicción nacional en el Pacífico.

investigación científica, tendido de cables y tuberías submarinas, etc. La Alta Mar debe ser utilizada sólo con fines pacíficos respetando las normas establecidas por la Convención. “La Zona, con esta denominación, la Convención define a los fondos y subsuelos marinos, que quedan fuera de los límites de la jurisdicción nacional. La Zona y sus recursos minerales constituyen patrimonio común de la humanidad, lo que implica que su explotación debe disponerse en beneficio de toda la comunidad internacional”<sup>19</sup>.

● **Extracción de Minerales.**

La investigación de los fondos oceánicos ha avanzado a pasos gigantescos en estos últimos tiempos. Por milenios, el único instrumento náutico disponible para medir la profundidad de las aguas y la calidad del fondo fue el simple

19. Intereses Marítimos Argentinos. Op.cit. p.18.

20. El Poder Marítimo Nacional. Doctrina Marítima. Armada de Chile. Valparaíso. Imprenta de la Armada. 2009. P.35.

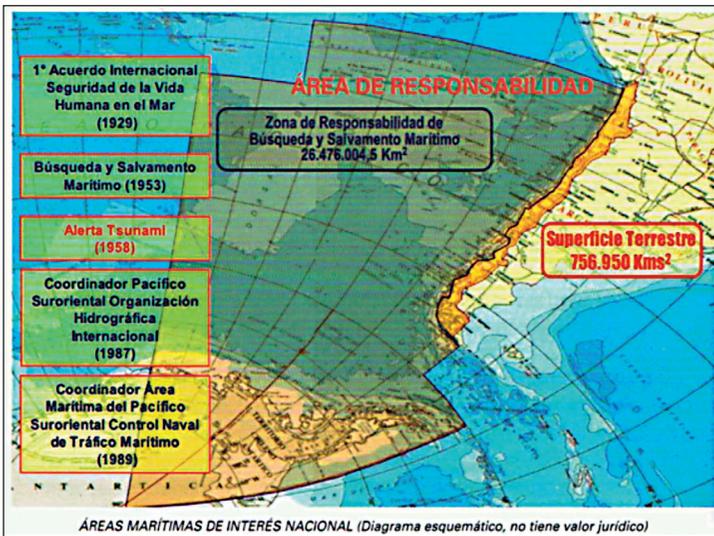


Figura 7

escandallo, en términos prácticos, era un bastón para ciegos. El primer sondaje profundo lo ejecutó el Capitán J. Ross en 1840, utilizó una cuerda de manila para medir 4,435 metros, la faena duró horas. Luego, la cuerda se reemplazó por un delgado y flexible cable de acero agregándosele un motor eléctrico para izar la plomada.

A fines del siglo XIX, las sondas superiores a los 2 mil metros apenas sobrepasaban las 7 mil. Durante la Primera Guerra Mundial se inventó el ecosonda; alcanzada la paz, las grandes potencias se despreocuparon de los trabajos oceanográficos, su atención estaba centrada en el rearme para el próximo conflicto.

Concluida la Segunda Guerra Mundial, la insidiosa Guerra Fría sobrevino casi de inmediato. La sorda confrontación incentivó los estudios oceanográficos, el mar constituía el teatro de operaciones resolutivo en una eventual conflagración entre la OTAN y el Pacto de Varsovia. Por sus aguas debían transitar el vital tráfico militar y económico de Occidente y patrullar los submarinos lanzamisiles atómicos de ambos contrincantes. Buques científicos, batiscafos y diversos ingenios submarinos zarparon con múltiples tareas de exploración y labores de inteligencia.

La mayoría de las naves y artefactos se dedicó a establecer las condiciones de propagación del sonido, dato fundamental para las actividades submarinas y antisubmarinas. Otros, buscaron depósitos de hidrocarburos con novedosos métodos sísmicos. Algunos, determinaron la biomasa y numerosos datos para definir nuevos caladeros. Los menos, prospectaron los fondos abisales escudriñando la posible existencia de minerales. La suma de las labores de investigación esbozó los perfiles de los fondos marinos, aun cuando extensas áreas

permanecieron en blanco.

Los fondos marinos se caracterizan por lo accidentado de su configuración física y su dinamismo. En las abisales profundidades se genera nueva corteza terrestre y las colosales placas se hallan en constante movimiento produciendo violentos sismos y tsunamis con efectos catastróficos en la superficie del planeta. La minería submarina despertó gran interés medio siglo atrás, se especulaba con un próximo agotamiento de las minas y reservas continentales. A fin de superar la dramática coyuntura, se esperaba recurrir a los presuntos yacimientos oceánicos. Los resultados de las investigaciones iniciales fueron sobrevalorados manteniendo vivo el afán explorador por algunas décadas. Los empresarios mineros tradicionales introdujeron innovadores métodos para explotar minerales de baja ley a costos aceptables y el reciclaje de la chatarra aportó ingentes cantidades de metal para las industrias. Luego, el descenso del precio de las materias primas y el vertiginoso aumento del valor del petróleo provocó el paulatino desinterés sobre la minería submarina. Pero, los valiosos antecedentes y datos

recolectados en la prolongada campaña científica quedaron disponibles en los centros oceanográficos.

El agua de mar mantiene disuelta un 3,5% de su masa en sustancias sólidas, están presentes todos los elementos existentes en el globo. Un kilómetro cúbico de agua de mar incluye en toneladas las siguientes sustancias:

ELEMENTOS	MILES DE TONELADAS	ELEMENTOS	KG.
Cloro.	21.485.	Uranio.	3.360.
Sodio.	11.883.	Plata.	240.
Magnesio.	1.536.	Níquel.	120.
Azufre.	1.003.	Torio.	48.
Bromo.	73.	Oro.	4,8.

En el gráfico se muestra el origen de las sales en el océano. (Figura 8).

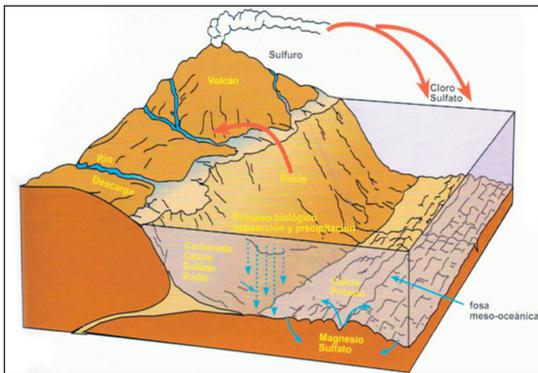


Figura 8.

La sal común (cloruro de sodio) es el mineral con mayor presencia en la solución marina. La humanidad la obtiene desde la antigüedad por medio de la evaporación. Por este procedimiento se extraen alrededor de 8 millones de toneladas supliendo el 30% de las necesidades totales. También se explota el magnesio, calcio, yodo, bromo y potasio aplicando precipitación química o filtración de las sales. En el Reino Unido se experimenta la extracción de uranio.

Los yacimientos consolidados en el subsuelo marino están en pleno aprovechamiento; por lo general, constituyen proyecciones de los depósitos

Tipo de yacimiento mineral	Profundidad media	Recursos encontrados
Nódulos polimetálicos	4,000 – 6000 m	Níquel, cobre, cobalto y manganeso
Costras de manganeso	800 – 2,400 m	Sobre todo cobalto, algo de vanadio, molibdeno y platino
Depósitos de sulfuro	1,400 – 3,700	Cobre, plomo y zinc, algo de oro y plata

Figura 9.

continentales y se explotan a través de túneles o dispositivos cuyos accesos están en tierra firme. Así se producen carbón, fierro, sal, azufre, esquistos bituminosos, petróleo, gas natural y otros recursos.

Las investigaciones oceanográficas determinaron la existencia de tres clases de yacimientos minerales submarinos con interesantes concentraciones de metales. Éstos se describen en la figura 9.

El HMS “Challenger” proporciona la primera referencia sobre los nódulos polimetálicos en 1872. Dichas concreciones están sembradas como alfombras en las llanuras abisales oceánicas, tienen forma esferoide de 2 a 15 cms. de diámetro, estructura concéntrica y porosa y una densidad de 2 a 3 gramos por cm<sup>3</sup>. Su composición varía según la zona donde se encuentra ubicado el yacimiento incluido su contenido metálico. Los depósitos más grandes conocidos se hallan en las zonas de fractura Clarion y Clipperton en el Pacífico a la altura de México. Un documento de la CEPAL informa: “El conocimiento presente indica que las áreas pobladas de nódulos cubren solamente un pequeño porcentaje del fondo marino profundo”<sup>21</sup>.

La minería submarina enfoca su atención en la actualidad en los depósitos o costras de sulfuro polimetálicos. “Los depósitos masivos de sulfuros y la biota de los respiradores hidrotermales, fueron descubiertos por primera vez en 1979 en la cresta dorsal del Pacífico oriental

21. CEPAL. Minería en la zona internacional de los fondos marinos. Carmen Artigas. Santiago. Chile. Diciembre 2001. Pág.22.

a 21° de latitud N, frente a la costa de Baja California. Desde entonces se han descubierto depósitos masivos de sulfuros polimetálicos a profundidades de hasta 3.700 metros en diversas zonas tectónicas del fondo marino como las dorsales mesoocéánicas, las crestas formadas por sedimentación, las grietas en situación de trans-arco y los montes submarinos. Actualmente se conocen en el fondo marino más de 100 yacimientos de mineralización hidrotermales... No obstante, se estima que solamente un valor aproximado del 5% de los 60.000 kilómetros cuadrados de dorsales oceánicas de todo el mundo, han sido objeto de estudios detallados... Muchos de los yacimientos susceptibles de explotación se encuentran en áreas situadas bajo la jurisdicción nacional de países como Canadá, Ecuador, Fiji, Japón, Papua-Nueva Guinea y Tonga<sup>22</sup>. Existen dos sistemas predominantes para extraer y acarrear a la superficie el mineral submarino. El CBL (Continuous line Bucket) y succión hidráulica, ambos se pueden observar en la figura 10. Los

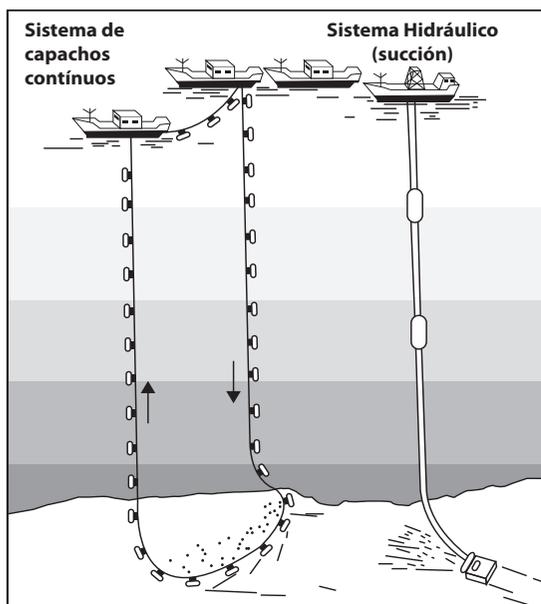


Figura 10.

dos sistemas rematan en un buque o plataforma en la superficie del mar. El gobierno de Papua-Nueva Guinea otorgó recientemente una concesión por 20 años a la compañía canadiense Nautilus Minerals con el propósito de llevar a cabo el proyecto Solwara I. A la firma se le confirió el derecho exclusivo para extraer, procesar y comercializar los minerales -fundamentalmente oro y cobre- obtenidos de un depósito submarino ubicado a 1.600 metros de profundidad en el mar de Bismarck. La inversión bordea los US\$ 400 millones y cuenta con instalaciones submarinas, a flote y en tierra.

A los oceanógrafos y expertos ambientales les preocupa la contaminación y la alteración al lecho submarino por causa de la actividad minera, lo cual puede tener efectos nocivos para la biomasa aledaña.

Otra actividad minera muy dinámica es la extracción de petróleo de yacimientos en los fondos marinos. Las compañías cifran sus mayores expectativas en la prospección y explotación de los yacimientos mediante plataformas de perforación oceánicas para el futuro próximo. Las grandes petroleras proyectan sus emprendimientos a cada vez mayores profundidades aplicando tecnologías en constante evolución. Las áreas más promisorias se encuentran frente a las costas de Brasil, al Este y Oeste de África, Mar de China y el Ártico; las dos últimas son fuente de serios problemas internacionales.

Otro combustible fósil que despierta expectativas en la comunidad científica y en los organismos estatales corresponde a los hidratos de gas, una forma sólida de gas semejante al hielo existente de manera abundante en los fondos oceánicos del planeta. "Los hidratos de gas constituyen una fuente energética alternativa

22. CEPAL. Op.cit. p.18.

de gran proyección mundial, con reservas estimadas que prácticamente duplican las reservas convencionales, actualmente reconocidas para los recursos energéticos fósiles”<sup>23</sup>.

• **Desalinización del agua de mar.**

El agua constituye un elemento vital para asegurar la existencia de la humanidad y se está transformando en un bien escaso. El incremento del nivel de vida de la población se traduce en un mayor consumo. En el mundo subdesarrollado la demanda media por persona se calcula en 50 litros, mientras en los países desarrollados sobrepasa los 500 litros.

La hidrósfera la forman los océanos, mares, lagos, ríos, agua subterránea, hielo y nieve. El océano mundial representa el 97% del total del agua y es salada, en consecuencia sólo resta un 3% de agua dulce; de ese reducido saldo, más del 90% se encuentra en estado sólido como hielo. En síntesis, los continentes necesitados de agua dulce se hallan rodeados por mares salados no aptos para el consumo humano. Como es lógico, el hombre intenta resolver esta circunstancia extrayéndole la sal al mar con sistemas eficaces y económicos. Algunos métodos de desalinización más utilizados son: destilación, electrodiálisis, humificación solar, congelación y osmosis inversa. No obstante, el precio del metro cúbico de agua dulce producido aún es demasiado caro, limitando su empleo generalizado.

➤ **Destilación.**

El agua salada se calienta hasta alcanzar la temperatura de ebullición, luego se introduce en una cámara a una presión menor donde se produce la evaporación por descompresión,

el vapor se condensa alrededor de tubos por donde fluye agua de mar fría. El proceso se repite en cámaras sucesivas. Al final se extrae el agua dulce y el agua salada remanente se descarga al mar.

“En la actualidad esta técnica representa 70% de la capacidad instalada en la Tierra. Sus desventajas

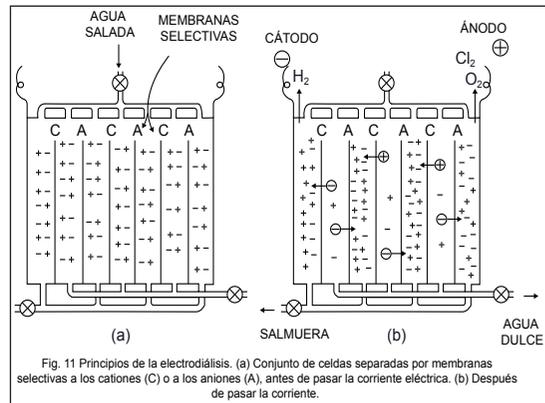


Fig. 11 Principios de la electrodiálisis. (a) Conjunto de celdas separadas por membranas selectivas a los cationes (C) o a los aniones (A), antes de pasar la corriente eléctrica. (b) Después de pasar la corriente.

Figura 11.

son la corrosión y las incrustaciones de sales como carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), hidróxido de magnesio (Mg(OH)<sub>2</sub>) y sulfato de calcio (CaSO<sub>4</sub>)”<sup>24</sup>. La planta de Shuaiba, en Kuwait, una de las mayores del mundo, produce casi 50 millones de litros de agua dulce por día, en cada una de sus unidades.

➤ **Electrodiálisis.**

El proceso se muestra en la figura 11.

➤ **Humificación solar.**

Una superficie de agua de mar se calienta en una especie de invernadero expuesto a los rayos solares. El vapor se condensa en las superficies interiores de los paneles de vidrio y las gotas de agua dulce se recolectan en canaletas laterales. La producción es de unos 4 a 5 litros día por m<sup>2</sup> de superficie de agua.

23. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Hidratos de Gas Submarino. Valparaíso.  
 24. Hidrósfera. Desalinización del Agua de Mar. Julio 2008.

El simple y económico método no necesita energía suplementaria y se aplica con éxito en Israel, África Occidental y Perú.

➤ **Congelación.**

El agua de mar al congelarse se transforma en hielo prácticamente carente de sal. La congelación supera a la destilación pues consume menos energía que la evaporación. En consecuencia, se obtiene agua dulce congelando el agua de mar y luego se derrite el hielo. El problema del método radica en la dificultad de eliminar por completo la salmuera adherida a los cristales de hielo.

➤ **Osmosis Inversa.**

Cuando en un envase dividido por una membrana sólo permeable al agua, se coloca agua de mar en un lado y dulce en el otro; se observa un flujo de agua dulce hacia la salada debido a la presión osmótica. El método de osmosis inversa consiste en aplicar sobre la solución salada una presión mayor que la osmótica. Entonces, el agua circula a través de la membrana en dirección contraria, aumentando el volumen del agua dulce.

Las membranas utilizadas para la osmosis inversa son polímeros de poliestireno y divinilbenceno con espesores menores que un milímetro, el proceso demanda frecuentes reemplazos de las membranas. Alrededor de 30 países de climas áridos han instalado sistemas de osmosis inversa.

• **Explotación Energética del mar.**

El mar representa al mayor receptor de energía del planeta, la cual se traduce en biomasa, mareas, corrientes, diferencias de temperatura, reacciones químicas y otras. El hombre intenta aprovechar esta inmensa fuente de

energía renovable y limpia creando métodos transformadores eficientes y respetuosos del medio ambiente.

A continuación se describen, en forma sucinta, los principales sistemas destinados a extraer la energía del mar, muchos de ellos se encuentran en etapa experimental.

➤ **Biomasa.**

Se cultivan algas en extensas áreas marinas, en seguida se cosechan para producir metano destinado a impulsar turbinas generadoras de electricidad. En California, Punta Corona, hay una planta diseñada con esta finalidad.

➤ **Mareomotriz.**

Existen 3 variantes para aprovechar la energía de las mareas:

- ✓ Generador de la corriente de marea. Se aprovecha la energía cinética del agua para mover turbinas axiales u horizontales conectadas a un generador eléctrico.
- ✓ Presa de marea. Se construye un dique en la boca de un seno estuario y usa la energía potencial entre las bajas y altas mareas. Francia construyó en el estuario del río Rance una central eléctrica mareomotriz en 1967 de 350 MW. El costo del Kwh. resultó similar al de una central eléctrica convencional; sin embargo, afectó al ecosistema.
- ✓ Energía mareomotriz dinámica. Explota la interacción entre la energía cinética y el potencial en las corrientes de marea, está todavía en el marco teórico.

➤ **Parque Eólico.**

Es una agrupación de aerogeneradores que transforman la energía del viento

en energía eléctrica. Se instalan en tierra o en el mar. En el Báltico y Mar del Norte hay varios de estos parques en funcionamiento.

➤ **Energía Undimotriz o de las Olas.**

La impresionante energía proveniente del oleaje y marejada despierta vivo interés entre los investigadores, quienes crean diversos y novedosos dispositivos y métodos para utilizarla. Se enumeran a continuación los sistemas más conocidos:

- ✓ Atenuador.
- ✓ Colector.
- ✓ Rebalse.
- ✓ Columna de agua oscilante.
- ✓ Conversor de atenuadores de ola.
- ✓ Absorbedores de punto.
- ✓ Diferencial de presión.

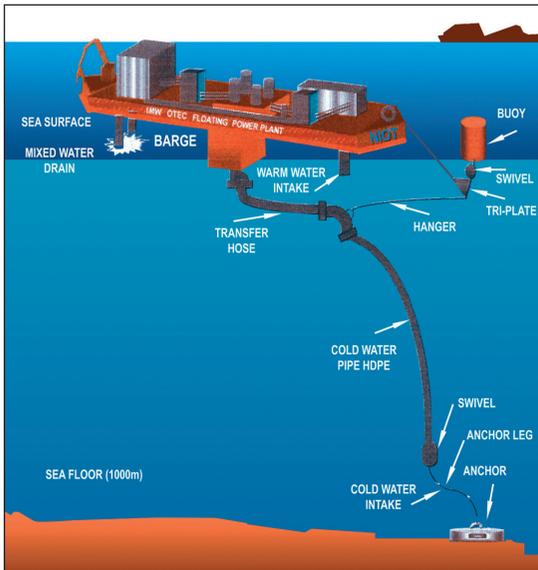


Figura 12.

➤ **Gradiente Térmica.**

Utiliza la diferencia de temperatura entre las aguas superficiales con las aguas a mayor profundidad. Se instala una central a flote equipada

con una tubería para extraer aguas profundas y contrastarla con las aguas de superficie calentadas por el sol. En la figura 12 se observa una central de este tipo.

- **Investigación Oceánica.**

La humanidad tiene una necesidad insoslayable en relación a su entorno terrenal para asegurar su existencia en el tiempo y es conocerlo. La mayor parte de ese entorno, lo ocupan los espacios oceánicos, que son aún poco explorados por su inaccesibilidad natural. “En la medida que pasan los años, la interacción del ser humano con el océano se ha intensificado. Más y más flotas pesqueras recorren los diversos mares en busca de alimento, la prospección tras minerales y petróleo aumenta continuamente así como la utilización con fines recreativos de las zonas costeras. Debido a esta utilización creciente de los recursos marinos, es necesario mejorar nuestro conocimiento sobre el ambiente marino y el impacto que sobre él puede provocar el hombre para así permitir un desarrollo sustentable... Así también los procesos de interacción océano-atmósfera son un factor que no sólo afecta a las zonas costeras, sino que también a todas las áreas del mundo y, por ende, a todas las actividades del ser humano; un ejemplo de ello son los fenómenos El Niño - La Niña”<sup>25</sup>.

La Oceanografía corresponde a una disciplina científica en extremo compleja pues debe determinar las características hidrográficas, topográficas, físicas, químicas, dinámicas y biológicas de las aguas, playas, costas, fondos marinos y de los recursos vivos y no vivos que en ellos existen. La investigación oceanográfica se ve dificultada por la propiedad intrínseca del agua, prácticamente impenetrable a la luz y radiación electrónica; en tanto las ondas sónicas se propagan con cierta facilidad, en particular las de baja frecuencia.

25. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Valparaíso. 2004. P.5.

La investigación oceánica experimentó una enorme expansión a mediados del siglo recién pasado. El impulso inicial era de origen militar; pero, luego la pesca, la minería y otras demandas aumentaron la necesidad de conocer el ámbito marino. En el mundo se fundaron grandes centros e institutos dedicados al mar.

El trabajo oceanográfico es demandante, metódico, persistente y oneroso; precisa de recursos humanos y material especializados. Las naves dedicadas a la investigación realizan prolongadas campañas previamente planificadas al detalle. Los buques, marineros y silenciosos, cuentan con sistemas de posicionamiento global y enlace con satélites; están equipados con sensores diseñados para el objetivo perseguido incluyendo dispositivos telecomandados provistos de TV y otros similares.

“Los requerimientos mínimos de laboratorio consisten de un laboratorio húmedo para el manejo de nuestra agua, un laboratorio de cómputo para el procesamiento de datos, un laboratorio de electrónica para la preparación de los instrumentos y un laboratorio químico para análisis de muestras de agua. Los barcos más grandes, diseñados para investigación multidisciplinaria, tienen laboratorios adicionales de biología, geología y geofísica...”

La operación de los barcos de investigación es muy cara, durante muchas décadas, éstas fueron las únicas plataformas disponibles para la colecta de datos en alta mar. El uso de anclajes profundos, satélites y flotadores autónomos han reducido su importancia, pero aún son una herramienta esencial en la investigación científica”<sup>26</sup>. En la figura 13 se muestra un buque oceanográfico.

\* \* \*

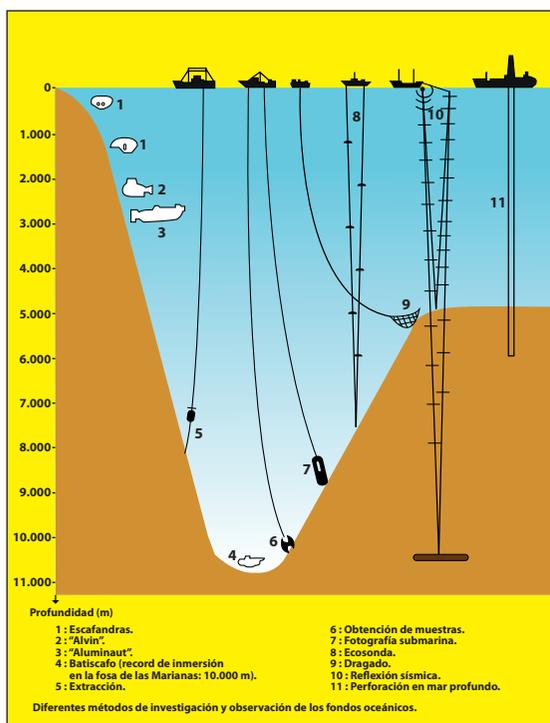


Figura 13.

26. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Op.cit. p.186.