ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION DE LA OCEANOGRAFIA FISICA Y QUIMICA EN CHILE

Hemos recibido la siguiente carta, que reproducimos con especial agrado:

Sr.

Director de la "Revista de Marina" Ministerio de Defensa Nacional, SANTIAGO

Sr. Director

Es muy grato para el suscrito hacer llegar al Sr. Director una copia del documento sobre Oceanografía Física y Química preparado con motivo de la realización del Primer Congreso Nacional de Científicos en Chile.

Este Congreso, organizado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), contó con tres etapas principales de trabajo que se prolongaron por varios meses. Ellas fueron:

- La formación de los Comités de Tema cuya misión fue la preparación de los documentos bases.
- 2) La Etapa Regional, que se realizó con sede en las ciudades de Antofagasta, La ferena, Valparaíso, Santiago, Concepción y Valdivía entre mayo y junio de 1972.
- 3) La Etapa Nacional que se realizó en Santiago entre el 26 y 31 de julio de 1972 y en la cual participaron los científicos seleccionados durante la Etapa Regional.

El documento sobre Oceanografía Fisica y Química resultante resume lo que se ha hecho y se pretende realizar en este importante aspecto de las Ciencias Naturales en Chile y da a conocer los principales problemas que deben ser resueltos y las necesidades que deben ser satisfechas para poder avanzar en su investigación.

La preparación de este documento, conjuntamente con aquellos relacionados con la Geología Marina, Biología Marina y Meteorología Marina, le fue encomendada al Grupo de Desarrollo de Ciencias del Mar de CONICYT, Grupo que a su vez designó al suscrito para que diera forma al de Oceanografía Física y Química.

Los pasos seguidos hasta llegar a esta, su versión final, fueron:

- Preparación del documento base en Valparaíso con la participación de los Sres. Jorge Bastén C., Héctor Inostroza V. y Hellmuth Sievers C. del Instituto Hidrográfico de la Armada y Nelson Silva S. de la Universidad Católica de Valparaíso.
- Revisión del documento base en Santiago por los miembros del Grupo de Desarrollo de Ciencias del Mar de CONICYT.
- 3) Distribución del documento base a las sedes regionales donde fue considerado además de los Comités 4— Ciencias de la Tierra (comité al cual correspondía la Oceanografía Física y Química) por los Comités 10— Producción del Mar e Industria Pesquera y los Comités 0— Ciencias del Mar.

Cada sede agregó, en sus propios documentos, aquellos aspectos que no habían sido considerados en el documento base o completó directamente dicho documento.

4) Nueva revisión durante la Etapa Nacional, por miembros del Comité 4— Ciencias de la Tierra, con especial participación de los Sres, Renzo Follegati G. de la Universidad del Norte, Jorge Bastén C. y Hellmuth Sievers C. El trabajo consistió en revisar toda la documentación relacionada con la Oceanografía Física y Química presentada al Congreso para redactar el documento final y simultáneamente hacer un resumen para ser presentado primero, al Comité Ciencias de la Tierra y posteriormente al Congreso Nacio-

nal de Científicos en Sesión Plenaria. La documentación considerada en este último paso fue:

Informes de los Comités 4 y 10 de la Sede Antofagasta.

Informes de los Comités 0 y 4 de la Sede Valparaíso.

Informes de los Comités 0, 4 y 10 de la Sede Santiago.

Informe del Comité 10 de la Sede Concepción.

Considerando la importancia de este documento y el interés de que sea conocido por los miembros de nuestra Armada por el papel preponderante que la Institución desempeña en la investigación del Océano, agradeceré a Ud. considerar su posible publicación en la "Revista de Marina".

Saluda atte. al Sr. Director,

Hellmuth A. Sievers JEFE Depto. Oceanografía y Centro Nacional de Datos Oceanográficos de Chile".

ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION DE LA OCEANOGRAFIA FISICA Y QUIMICA EN CHILE

I. Introducción

Chile, favorecido por un mar de gran riqueza, debe hacer de la Investigación Marina una de sus actividades científicas preferentes. Esta realidad ha estimulado durante los últimos 15 años la intensificación de las investigaciones del mar, permitiendo configurar un cuadro de las condiciones bióticas y abióticas del mar chileno. Si bien parte del trabajo se ha realizado en forma coordinada, muchas investigaciones fueron hechas aisladas y desconectadas entre sí.

La necesidad de contar con más alimentos, con más minerales y agua dulce; la necesidad de entender la razón de las migraciones estacionales del plancton y de los peces; la adecuada solución de los problemas que trae consigo la propagación del sonido submarino; la fabricación de adecuada maquinaria para poder extraer convenientemente los minerales del fondo del mar; la predicción de las condiciones meteorológicas y del clima marítimo continental; la instalación de plantas de energía eléctrica movidas por las fuerzas de las mareas; el estudio de olas y corrientes para la construcción de obras portuarias; el sistema de prevención para los tsunamis; el probable empleo en el futuro de buques de carga submariel empleo de verdaderas granjas marinas para el cultivo de los recursos vivos renovables; la extracción de muestras de fondo que permiten un mejor conocimiento de nuestro planeta; la construcción de instalaciones submarinas; el estudio, control y prevención de la contaminación marina, son algunos de los desafíos que el mar plantea al hombre.

El mar patrimonial chileno tiene una superficie de 2.000.0000 de kilómetros cuadrados y un volumen de 8.000.000 de kilómetros cúbicos. Si se hace una comparación entre la totalidad de los recursos pesqueros con los recursos no pesqueros (por así llamarlos) contenidos en el enorme volumen de nuestras aguas, tales como: agua pura, magnesio, cloro, sodio, calcio, potasio y elementos trazas, se concluye que los recursos no pesqueros son en muchos órdenes de magnitudes superiores a los recursos pesqueros, pero que requieren del desarrollo de las tecnologías especializadas para su extracción y necesita del apoyo indispensable de investigaciones oceanográficas.

Esta Sub-Comisión se ha propuesto llamar la atención sobre estos aspectos que no han sido convenientemente visualizados por la comunidad científica y las autoridades nacionales. Además es importante considerar que los beneficios económicos derivados de la investigación oceanográfica son muy altos, como la experiencia internacional lo indica.

Desarrollo de las Investigaciones en Oceanografía Física y Química

Si bien es cierto que investigaciones se han estado realizando durante mucho tiempo en Chile, especialmente las que ha efectuado la Armada Nacional, se puede decir que la verdadera investigación sistemática continuada comenzó hace quince años, aproximadamente. En todo caso, es necesario destacar que la primera expedición mayor fue la Óperación Oceanográfica "Marchile I" (febrero-marzo de 1960). Es por lo tanto de interés resumir en una apretada síntesis las realizaciones mayores logradas en todos estos años.

2.1 Expediciones Oceanográficas Nacionales

Además de las "Marchile I a VII" e IFOP 1 y 2 realizadas con el AGS. "Yelcho", se han efectuado una serie de otras expediciones menores por el Instituto Hidrográfico de la Armada como de las Universidades y principalmente por el Instituto de Fomento Pesquero. Este trabajo unido al de expediciones extranjeras ha permitido ir reuniendo datos que nos han servido para conocer, en general algunas de las características de nuestro Océano. Pero el área es tan grande que estos esfuerzos se ven aislados, y a la cantidad total de información está muy lejos de ser satisfactoria para permitir siouiera un buen análisis por expedición. En las expediciones oceanográficas mayores han participado investigadores de todas las instituciones que realizan este tipo de trabajo en Chile.

Se han publicado resultados parciales de las expediciones "Marchile I y II", actualmente se efectúa la revisión de los datos originales de las expediciones "Marchiles III, IV, V, VI, VII". Las dos primeras permitirán el estudio de algunas características de las aguas en el Paso Drake hasta una profundidad de 1.700 m. Las otras corresponden a la zona Arica-Valparaíso, con cortes de hasta 500 millas. Su análisis contribuirá a mejorar el conocimiento del sistema de la Corriente de Humboldt (corrientes de Chile y Perú, contracorrientes del Perú) la Corriente Submarina Perú-Chile o Gunther y en general la estructura de las aguas frente a las costas chilenas.

2.2 Mareas y Tsunamis

En 1941 comenzó la observación permanente de las mareas de Chile, a cargo del Instituto Hidrográfico de la Armada, cuando se instaló la primera estación mareográfica en Valparaíso. Antes se habían efectuado dichas observaciones por períodos cortos o intermitentes en relación con los levantamientos hidrográficos; estos últimos comenzaron a ser efectuados por la Armada Nacional en 1834, relevando con esa acción a los hidrógrafos ingleses, españoles, franceses y de otras nacionalidades que los habían estado efectuando.

A medida que transcurría el tiempo se fueron instalando otras estaciones mareográficas. Algunas funcionan en forma permanente: Arica, Antofagasta, Caldera, Valparaíso, Isla de Pascua, Isla Robinson Crusoe, Talcahuano, Puerto Montt, Castro, Punta Arenas y Puerto Williams. Otras se mantienen en servicio en un determinado puerto por uno o dos años, para luego ser instaladas en otro lugar.

Conjuntamente se efectúan observaciones de mareas de corto período en todo
puerto, caleta, bahía, etc., en que se realizan levantamientos hidrográficos para
conocer el régimen de mareas y permitir
relacionarlo con algún puerto patrón
apropiado, para facilitar su predicción y
para la reducción de las sondas, que se
incluyen en las cartas de navegación a
un nivel de referencia adecuado.

Anualmente se publica la Tabla de Mareas, indispensable para la navegación, la pesca, los deportes náuticos, etc. Las estaciones de mareas sirven asimismo como estaciones de registro de tsunamis o maremotos, fenómeno ocasionado por terremotos capaces de producir enormes daños en las zonas costeras, especialmente en los puertos. Con el objeto de prevenir sobre la existencia de un tsunami a las poblaciones costeras, existe en el Océano Pacífico un Sistema de Alarma de Tsunamis cuyo centro de operaciones se encuentra ubicado en Honolulu, Hawaii. Chile, representado por el Instituto Hidrográfico de la Armada, pasó a ser miembro de este sistema en 1958. Las comunicaciones entre Honolulu y Valparaíso se hacen utilizando el excelente servicio que la NASA mantiene con su estación en Pudahuel.

Las comunicaciones de alarma internas se hacen normalmente por los canales de comunicaciones de la Armada (Red Naval, Red Costera y Red de Faros).

2.3 Centro Nacional de Datos Oceanográficos de Chile (CENDOC)

Con la creación del CENDOC, en el año 1968 se hizo realidad el anhelo de concentrar en un solo lugar toda la información que se hubiere obtenido y que se obtendría en el futuro relacionada con el mar, ya que en ese año se dispuso del primer aporte financiero de CORFO proveniente de los fondos que para la investigación, fomento y aprovechamiento de los recursos del mar destina la Ley Nº 16.624 que reforzaron los recursos que hasta ese momento entregaba el Instituto Hidrográfico de la Armada. También con la creación del CENDOC, los archivos de datos oceanográficos se vieron incrementados en forma substancial con datos obtenidos por naves mercantes y de guerra y por expediciones oceanográficas nacionales y extranjeras en la zona de interés para Chile. Pero como se dice anteriormente (2.1) "El área de investigación es tan grande que la cantidad de datos está muy lejos de ser satisfactoria", a pesar de que en este momento CENDOC cuenta con datos de 160 expediciones oceanográficas.

Los objetivos específicos de este Centro son: la recopilación, evaluación, clasificación, procesamiento, reproducción, distribución y archivo de toda la información relacionada con las Ciencias del Mar.

Radiactividad Artificial en el Océano

La contaminación radiactiva de las aguas de los océanos producidas por las experiencias con artefactos nucleares es motivo de honda preocupación mundial. Coincidiendo con los primeros ensayos franceses en el Atolón de Mururoa, se inició en 1966 con el B.E. "Esmeralda" la investigación mediante análisis de Cesio 137. La recolección de muestras de aguas y organismos se ha continuado desde entonces, desde diversos buques, tanto nacionales (B.E. "Esmeralda", AGS. "Yelcho", B.O. "Explorador") como extranjeros (R.V. "Hakuho Maru", Japón y R.V. "Gillis", USA.). Son analizados por ahora en laboratorios especializados del Instituto Scrips de Oceanografía (USA.).

2.5 Cartas Batimétricas y Batilitológicas

Toda carta de navegación debe llevar indicadas las profundidades del agua para dar en primer lugar seguridad a la navegación. Además es importante obtener un buen conocimiento de la morfología del suelo que es de interés para la Geología Marina, la Minería, la Navegación submarina, la pesca, etc. Para cumplir con esto se preparan aquellas cartas que cubren áreas próximas a la costa, de los puertos, de canales, etc., y las llamadas cartas batimétricas oceánicas o generales.

Las cartas de navegación se editan en el Instituto Hidrográfico de la Armada desde su fundación el 1º de mayo de 1874 y las cartas oceánicas se comenzaron a preparar en gran escala a contar de 1962, cuando dicho Instituto respondió al llamado del Bureau Hidrográfico Internacional que solicitaba la colaboración voluntaria de Oficinas Hidrográficas para la preparación de la Carta General Batimétrica de los Océanos.

La zona asignada a Chile es la comprendida entre 18° S. y la Antártida y entre las longitudes 90° W. y 100° W. y el Continente; en el Paso de Drake hasta las longitudes 55° W. y 60° W. Se han preparado además desde 1962 por parte de la Universidad de Chile cartas batilitológicas de la zona de la región de Valparaíso y por parte de la Universidad del Norte las cartas batimétricas de la zona Arica-Quebrada Camarones y Bahía Mejillones.

Expediciones Oceanográficas en la Zona Antártica

Desde 1947, fecha en que se instaló la primera base chilena en la Antártida ("A. Prat"), se han efectuado numerosas investigaciones en la zona Antártica, que incluyen trabajos de investigación en bahías, estrechos, canales y Paso Drake. Entre ellos cabe destacar las dos expediciones que se hicieron conjuntamente entre el AGS. "Yelcho" y el RV. "Vema" en 1960-62, las Operaciones Oceanográficas "Marchile III y IV", y los trabajos oceanográfico-biológicos, principalmente en las bahías Foster y Chile.

En estas investigaciones han participado la Universidad de Concepción, la U. de Chile, U. Católica de Valparaíso, Instituto Hidrográfico de la Armada. En los últimos años estas investigaciones se hacen coordinadas y parcialmente financiadas por el Instituto Antártico Chileno.

2.7 Trabajos de Investigación Regionales

En diversas épocas se iniciaron trabajos de investigación de características más locales.

Entre ellos cabría mencionar los que realizan las Universidades del Norte y de Chile, en las zonas de Mejillones y Antofagasta; las Universidades Católica de Valparaíso y de Chile, en la bahía de Valparaíso y zonas adyacentes; la Universidad de Concepción, en la bahía de Concepción, San Vicente y Golfo de Arauco. Además el IFOP realiza trabajos de oceanografía aplicada a las pesquerías principalmente en la zona Central, Norte y determinadas zonas de los canales australes.

Infraestructura de la Investigación en Oceanografía Física y Química

En el estado actual de desarrollo de la Oceanografía Física y Química pueden mencionarse los siguientes aspectos que se describen brevemente:

Plan Decenal Chileno de Investigaciones Oceanográficas 1970-1980

En 1969 se formalizó el Plan Decenal, cuyos alcances son mucho más amplios que de lo que podría ser realizado en el decenio 1970-1980; su necesidad se hacía sentir desde hacía tiempo y es la culminación de sucesivos esfuerzos por parte de investigadores de instituciones universitarias y estatales. El Plan fue aprobado por el Supremo Gobierno y presentado oficialmente a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental para ser incorporado a la programación de la Década Internacional de Investigaciones Oceanográficas (1970-1980).

3.2 Centro Nacional de Datos Oceanográficos de Chile (CENDOC)

La infraestructura proporcionada por CENDOC a la investigación en Oceanografía Física y Química como a otras investigaciones relacionadas con Ciencias del Mar se puede desglosar en cuatro puntos bases: personal, equipos, datos y asesoría.

Personal:

Provee personal técnico especializado en computación para la solución de problemas que se le presentan al investigador.

Equipos:

Proporciona medios para procesar información de Ciencias del Mar en los equipos instalados en CENDOC (Digitizador de Curvas, Microfilm, Fotocopias, IBM-UR, Calibración de Instrumental Oceanográfico) o en aquellos a los cuales tiene acceso por convenios (S/360 IBM de ECOM, S/1620 de IBM de la UTFSM, S/1130 de la U. del Norte y S/1401 IBM de la Armada) y todos los equipos instalados y en uso del H.I.A.

Datos:

Proporciona todos los datos que sean necesarios para una investigación en particular (físico-químicos, meteorológicomarinos, geológicos-marinos, etc.).

Asesoría:

Presta asesoría en diseños y standarización de formularios, procesos con datos oceanográficos y otros.

3.3 Centros de Investigación de Oceanografía

Los Centros de Investigación existentes son:

- 3.3.1 Instituto Hidrográfico de la Armada, Depto. de Oceanografía.
- 3.3.2 Instituto de Fomento Pesquero, Depto, de Recursos Naturales.
- 3.3.3 Universidad de Chile: Depto Oceanología, Sede Valparaíso y Grupo de Oceanología, Sede Antofagasta.
- 3.3.4 Universidad Católica de Valparaíso: Centro de Investigaciones del Mar.
- 3.3.5 Universidad de Concepción, Departamento de Biología Marina y Oceanografía.
- 3.3.6 Universidad del Norte, Depto. de Tecnología Pesquera.
- 3.3.7 Universidad Austral de Valdivia: Instituto de Zoología.

3.4 Atlas Oceanográfico de Chile

El Atlas Oceanográfico de Chile patrocinado por la comisión de Recursos del Mar y Aguas Continentales del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas es el primer esfuerzo nacional coordinado entre el Instituto Hidrográfico de la Armada, Universidades e Instituto de Fomento Pesquero. En él se ha usado un gran volumen de datos oceanográficos procedentes de 36 expediciones realizadas entre 1875 y 1968. Este Atlas se encuentra actualmente en prensa.

3.5. Bibliotecas

Existen en el país bibliotecas especializadas para ciencias del mar. La Estación de Biología Marina de Montemar (Depto. de Oceanología) es una de las más completas.

La Universidad Católica de Valparaíso, la Universidad de Concepción, la Universidad del Norte, el Instituto de Fomento Pesquero y el Instituto Hidrográfico de la Armada tienen bibliotecas especializadas de Oceanografía. Solamente se requiere reforzar estas bibliotecas con revistas y libros, con el objeto de mantenerlas al día. En el CENDOC se están realizando las primeras etapas que conducirán a la mecanización de la información bibliográfica.

3.6 Publicaciones Científicas

Existen en Chile revistas científicas que publican trabajos especializados en oceanografía física y química como la Revista de Biología Marina, Universidad de Chile; Investigaciones Marinas, Universidad Católica de Valparaíso; Boletín Científico y Publicaciones, Instituto de Fomento Pesquero; Informes de Ciencias y Tecnología Pesquera de la Universidad del Norte; Apuntes Oceanológicos de la U. de Chile (Antofagasta). El Instituto Hidrográfico de la Armada edita publicaciones aperiódicas.

3.7 Embarcaciones

Las embarcaciones actualmente disponibles para investigaciones marinas son:

Embarcaciones:	de 1.000 T. a 2.000 T.	de 100 T. a 300 T.	de 50 T. a 90 T.	de 10 T. a 20 T.
Grupo Oceanol. U. de Chile (Ant.).				1
Depto. Oceanografía I.H.A. Valpso.	1			
Centro Investig. Mar UCV.			1	
Dp. Biol. Marina U. de Concepción				1
Dp. Téc. Pesq. U. del Norte (Ant.).			1	1
Dp. Recur. Nat. IFOP (Santiago).		1	I	4

3.8. Investigadores en Oceanografía Física y Química

La formación de estos investigadores especializados no se hacía en el país.

En general, por la naturaleza de las profesiones involucradas se evidencia una falta de formación integral de los investigadores en Oceanografía. Este tipo de formación se daba sólo en los grados de Doctorado y Magister obtenidos en el extranjero. En 1971, comenzaron a funcionar en la Universidad Católica de Valparaíso en combinación con el Instituto Hidrográfico de la Armada y en la Universidad de Chile de Valparaíso, cursos de Oceanografía capaces de dar en parte esta visión tan necesaria para el buen desarrollo de las ciencias del mar. Existe también un tercer centro que aunque no formalmente está preparando oceanógrafos químicos, en la Universidad de Concepción a través del Departamento de Biología Marina y Oceanografía de reciente creación. Respecto al personal auxiliar, se ha encontrado un gran déficit de éste, lo que seguramente se traduce en que una parte importante del tiempo de los pocos investigadores existentes, se gaste en labores accesorias que no les corresponden.

3.9. Instrumental Existente

Actualmente existen en el país instrumentos convencionales tales como: botellas Nansen, termómetros de inversión, salinómetros, elementos de laboratorio, correntómetros, equipo infrarrojo aéreo para temperatura (IFOP), ecosondas de precisión, termógrafos, batitermógrafos mecánicos y XBT.

- Organizaciones de apoyo y coordinación a la investigación oceanográfica
- 3.10.1 Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT)
- 3.10.2 Comisión de Recursos del Mar y Aguas Continentales, Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas.
- 3.10.3 Comité Oceanográfico Nacional (CONA).

- 3.10.4 Instituto Antártico Chileno (INACH).
- 3.10.5 Centro de Estudios del Pacífico (CEPAC).
- 3.10.6 Comisiones de Investigación Científica de las Universidades.
- Relaciones Mutuas de la Oceanografía Física y Química con otras Ciencias
- Requerimientos que otras disciplinas hacen a la Oceanografía Física y Química

La Oceanografía Física y Química es la base de todas las otras disciplinas que de una u otra forma estudian el Océano, su interacción con la atmósfera, con el fondo y con las costas y playas de los continentes e islas. Asimismo es fundamental para todas las actividades que se realizan en las zonas costeras y desde luego en el agua o sobre ella.

4.2 Requerimientos de la Oceanografía Física y Química hacia otras disciplinas

4.2.1 Meteorología

El aporte que ésta puede dar a la oceanografía física y química se concretaría principalmente en aspectos de interacción, conocimiento del balance calórico de los océanos y de las fuerzas que mueven el agua de mar (Corrientes superficiales y Olas).

4.2.2 Radiación Solar

El conocimiento de la cantidad de energía proveniente del sol, sirve a la oceanografía principalmente para cálculos de balance calórico, fotosíntesis y otros procesos.

4.2.3 Geofísica Marina

La geofísica es una disciplina que apoya a la oceanografía mediante las mediciones de magnetismo, gravimetría, refracción sísmica y otros.

4.2.4 Ingeniería

Es necesaria a la oceanografía para el desarrollo de instrumentos de medición más avanzados, de mayor precisión, y de registro continuo. Además, es innegable su aporte en el diseño de buques oceanográficos, sumergibles, plataformas y construcciones submarinas y costeras.

4.2.5 Ciencias Especiales

El empleo de satélites artificiales y aviones para el mejor conocimiento del ambiente (aire y agua), es hoy una realidad. La oceanografía física principalmente se está nutriendo en forma creciente de datos obtenidos mediante satélites, como son los de temperatura superficial, determinación de zonas de discontinuidad, topografía submarina, detección de hielos, fijación de la posición con precisión y otros.

4.2.6 Matemáticas Aplicadas y Computación

Debido a la gran cantidad de información con que se debe trabajar y a lo complejo de los procesos a realizar, necesita de medios rápidos y eficientes de manejo y proceso de datos; todo esto lo obtiene de la computación electrónica de información.

4.3 Aportes que los oceanógrafos entregan al desarrollo de los sectores productivos

4.3.1 Sector Pesquero

El aporte de la Oceanografía es innegable al conocimiento de los recursos marinos renovables. Además contribuye a mejorar los métodos de captura y los diseños de las embarcaciones pesqueras.

4.3.2 Sector Transporte Marítimo

La oceanografía sirve para aportar mayores elementos de juicio que permitan minimizar riesgos e incrementar la economía en la navegación, lo que se puede traducir en rutas de tiempo mínimo, reducción de pérdidas por tormentas, prevención de desastres marítimos y otros.

4.3.3 Sector Minería Marina

En este sector productivo la oceanografía da las bases para detectar la presencia de minerales y posibilidades petrolíferas a través de la evaluación de sedimentos.

4.3.4 Sector Obras Públicas y Turismo

El conocimiento de la topografía, sedimentos y ambiente relacionado con obras portuarias y construcciones costeras sirve para la ubicación de áreas propicias para instalaciones portuarias, balnearios, hoteles, muelles y varaderos.

4.3.5 Seguridad Nacional

Respecto de la seguridad pueden mencionarse los siguientes puntos: pronóstico de marejadas y tsunamis, seguridad en la navegación. Contaminación radiactiva y otros desechos.

4.3.6 Soberanía

Da bases científicas de apoyo a la geopolítica y satisface necesidades propias de la defensa nacional.

4.3.7 Clima

El conocimiento de las condiciones meteorológicas y oceánicas imperantes en el Pacífico Sur es la base para predecir los cambios climáticos en Chile continental.

Programa de Desarrollo de las Investigaciones de Oceanografía Física y Química

El reconocimiento de los problemas y la planificación de las actividades de investigación oceanográfica han sido analizados en numerosas reuniones y ha quedado escrito en diversos documentos. Uno de ellos, es el Plan Decenal Chileno de Investigaciones Oceanográficas 1970-1980.

En reuniones del Grupo de Desarrollo de Ciencias del Mar de CONICYT y en el Seminario CONICYT-NAS, se acordaron prioridades para programas de trabajo, cuya urgente realización es indispensable: surgencias, contaminación, circulación oceánica e interacción océanoatmósfera.

5.1 Principales temas de investigación

Los principales problemas de investigación de la oceanografía abiótica han quedado resumidos en el Plan Decenal como sigue:

5.1.1 Circulación Oceánica

Estos estudios a los cuales se les ha dado gran importancia, deben ser continuados con mayor intensidad, con el objeto de mejorar el conocimiento sobre las corrientes marinas y desplazamientos de las masas de agua del Pacífico Sur, tendientes a comprender su dinámica y sus variaciones periódicas y aperiódicas.

5.1.2 Masas de Agua

Es necesario caracterizar y delimitar las distintas masas de agua y sus áreas de convergencia y divergencia. El contacto de masas de agua en fronteras y frentes oceánicos, así como su mezcla, originan problemas dinámicos difíciles de precisar por su variabilidad en ubicación, características y persistencia. Ello trae consigo fluctuaciones en la distribución en intensidad de las propiedades abióticas del agua, de gran significado biológico.

5.1.3 Surgencias

Las surgencias y la circulación costera contribuyen a la formación de una franja de aguas frías y a la fertilización de los estratos superficiales del mar con nutrientes que favorecen el desarrollo de los organismos. El estudio de las surgencias en algunas regiones del país, ya ha sido iniciado, como parte del Programa Biológico Internacional, para obtener información de la producción biológica en ecosistemas de dichas áreas.

5.1.4 Topografía de la termoclina

Es necesaria una mayor intensificación de los estudios batitermográficos a fin de lograr un mejor conocimiento de la topografía de la termoclina, dada su importancia en los desplazamientos verticales de muchos organismos y en la transmisión del sonido submarino.

5.1.5 Concentración de oxígeno y procesos de descomposición

Los estudios efectuados indican que frente a Chile y Perú existe una capa de contenido mínimo de oxígeno excepcionalmente bien desarrollada, la cual influye en el comportamiento y distribución de los organismos. Extensas áreas de la plataforma continental y parte su-

perior del talud de la zona norte de Chile están cubiertas de sedimento rico en
materias orgánicas, por lo que las condiciones anaeróbicas allí reinantes y los
procesos de descomposición con producción de gases nocivos (metano, ácido sulfhídrico, amoníaco, etc.) afectan la vida
de los seres vivos. Es necesario continuar
con estas determinaciones haciendo énfasis en la necesidad de utilizar métodos
más precisos y comparables.

5.1.6 Determinación rutinaria de nitratos, fosfatos y silicatos

Es necesario efectuar estas actividades en forma rutinaria en el análisis de los factores abióticos. Ello requiere una selección previa de las técnicas analíticas más apropiadas y su estandarización. En particular debe considerarse la "variación errática" de fosfatos y nitratos. debido al almacenamiento de las muestras.

5.1.7 Contaminación y radiactividad

Debe considerarse el estudio de los efectos de los desechos industriales y urbanos, así como de la radiactividad, sobre el ambiente marino, considerando que la contaminación no siempre implica efectos nocivos para los organismos. Corresponderá estudiar en forma intensiva en áreas en que ya existe el problema y también en otras que sean susceptibles de futura contaminación. En cuanto a la radiactividad es necesario considerar la contaminación de las aguas oceánicas, así como la concentración de sustancias radiactivas por algunos organismos marinos.

5.1.8 Mareas y corrientes de Mareas

Otros fenómenos de interés científico y que tienen incidencia en la seguridad de la navegación, en la ecología de los organismos litorales y en otras actividades marinas, son las mareas y las corrientes de mareas que se producen en los canales y fiordos, principalmente. Se deben continuar las observaciones sistemáticas de mareas ampliándose a nuevas localidades y se deben mejorar los sistemas de observación con instrumental moderno.

5.1.9 Olas de Viento y Tsunamis

Para atenuar los daños ocasionados por el oleaje en la costa de Chile y las perturbaciones en las actividades marítimas y llegar a predecir este fenómeno, así como sus relaciones con la mecánica de formación de playas e incidencia en la ingeniería portuaria, es necesaria la observación de olas en las islas y principales puertos del país.

En cuanto a los Tsunamis, se deben mejorar los sistemas de detección mediante la instalación de instrumental adecuado de mareas y se tenderá a mejorar los sistemas de comunicaciones, haciendo más expeditas las transmisiones de los mensajes de alarma.

5.1.10 Estuarios

Los senos y canales presentan importantes problemas bioeconómicos que se hace necesario estudiar, complementados con levantamientos costeros y batimétricos, investigaciones sobre transporte de material fluvial y recolección de datos físicos y químicos, mareográficos y meteorológicos.

5.1.11 Batimetría Oceánica y Levantamientos Hidrográficos

Comprendiendo la necesidad de que todos los datos medidos para los fines que se persiguen deben ser ubicados en el espacio con la mayor exactitud posible, se hace necesario contar con cartas batimétricas e hidrográficas exactas, para lo cual se deberán aumentar aún más los sondajes, levantamientos hidrográficos y la publicación de dichas cartas.

5.1.12 Interacción Océano-Atmósfera

Estos estudios debieran considerar primariamente los mecanismos de la transferencia de la cantidad de movimientos entre la atmósfera y el océano. Deberán ser consideradas escalas oceánicas y otras escalas más pequeñas.

5.1.13 Oceanografía Costera

La influencia de las tierras emergidas y de la plataforma continental en las zonas costeras altera las condiciones oceanográficas en forma variada conformando un complejo sistema físico-químicogeológico y biológico. Basta considerar como ejemplo los aportes de aguas continentales, material terrígeno, cambios en la dirección de los vientos, desviaciones de las corrientes, barrera al desplazamiento de las ondas marinas (olas de viento, mareas, tsunamis), contaminación industrial y urbana, etc.

5.2 Proyectos actuales

En la actualidad se cuenta con los siguientes proyectos en realización o próximos a realizarse.

5.2.1 Pronósticos de Olas Marinas

En la actualidad para este proyecto está aprobado el financiamiento por la Ley Nº 16.624, pero no se han entregado los fondos necesarios para su ejecución.

5.2.2 Corrientes de Mareas

Este proyecto que corresponde a la primera parte de este tipo de investigaciones fue presentado a CIFARM durante 1971 para ser financiado por la Ley 16.624, pero debido a restricciones no se le pudo asignar fondos para 1972.

Operación Oceanográfica Marchile VIII.

Debido a que no fue financiada por la Ley Nº 16.624 la Armada proporcionará los fondos y medios necesarios para su ejecución en agosto de 1972. El trabajo será realizado con investigadores del Instituto Hidrográfico de la Armada, Universidad Católica de Valparaíso, Instituto de Fomento Pesquero, Depto. de Oceanología (U. de Chile), U. de Concepción, U. Santa María y U. del Norte.

5.2-.4 Estudio de las surgencias

Para el estudio de este importante fenómeno se ha preparado un esquema de trabajo que fue enviado en 1971 a CO-NICYT para su posible presentación a la OEA y considerando la acción mancomunada de los investigadores de Chile, Perú y Ecuador por tratarse de un problema de interés común. Asimismo se presentó a la NASA para la utilización de los datos que se obtendrán con los satélites artificiales del tipo ERTS y SKYLAB, proyecto que ya fue aceptado.

5.2.5 Estudio sobre la contaminación marina

El problema del aumento de la contaminación marina por desechos domésticos y especialmente industriales se va agudizando día a día y requiere de una acción inmediata. A su vez, este estudio es de gran complejidad y requiere de la participación de especialistas de diversas ramas de la Oceanografía y otras ciencias, por lo que se estima que deberá ser efectuado en colaboración por diversas entidades. Es así como en estos momentos se está preparando un proyecto en que se considerarán en primer lugar investigaciones para las áreas de Valparaíso y Concepción, que permitirán evaluar. entre otras cosas, el grado de contaminación existente, los efectos sobre los recursos marinos vivos y sobre el ambiente y la potencialidad de estas zonas para recibir desechos. Además se presentó un proyecto relacionado con la contaminación principalmente minero-industrial en la zona norte (Antofagasta-Iquique).

5.2.6 Estudio de las corrientes oceánicas y masas de agua próximas a Chile.

Las Operaciones Oceanográficas Marchile y otras ya realizadas frente a núestras costas nos han permitido conocer en forma todavía muy insuficiente algunas de las características de las corrientes oceánicas, principalmente aquellas del Sistema de Corrientes de Humboldt y del fenómeno de EL NIÑO. Es por lo tanto necesario ir preparando los proyectos específicos para ir dando cumplimiento al punto Nº 217 del Plan Decenal.

Observaciones oceanográficas-meteorológicas con boyas y otras plataformas adecuadas

Considerando que el Océano Pacífico Sur, en especial su parte oriental, carece prácticamente de islas y es uno de los mares menos navegados del mundo, es necesario contar con sistemas artificiales de adquisición de datos oceanográficos y meteorológicos. Los más adecuados son las boyas, de las cuales se han diseñado diversos tipos que pueden ser fondeados en aguas de prácticamente cualquier profundidad. En estas boyas se pueden mon-

tar toda clase de instrumentos oceanográficos y meteorológicos, para estudio de las aguas superficiales y la interacción mar-aire y en el mismo cable que sirve para su fondeo, se pueden intercalar instrumentos que permitan el estudio de las aguas profundas.

La Organización Meteorológica Mundial ha escogido siete puntos frente a las costas de Chile para la instalación de estas boyas, que permitirán mejorar la predicción mundial del tiempo y desde luego la de nuestro país y realizar estudios oceanográficos permanentes. La existencia de estas boyas, permite un mejor aprovechamiento de los datos obtenidos con los satélites artificiales que Chile está recibiendo, pues verifican y permiten interpretar los datos obtenidos por ellos.

Otra importante ayuda en este tipo de investigaciones son los aviones, que realizan observaciones oceanográficas y meteorológicas sobre una extensa área y en poco tiempo. Además se considera necesaria la instalación de una estación oceanográfico-meteorológica, que podría ser automática, en la Isla San Félix.

5.2.8 Otros trabajos

- 5.2.8.1 Investigaciones oceanográficas en la Antártida.
- 5.2.8.2 Estudios de Radiactividad Marina
- 5.2.8.3 Observación y registro de mareas.
- 5.2.8.4 Actualización permanente de las cartas batimétricas y náuti-
- 5.2.8.5 Participación permanente en el Sistema Internacional de Alarma de Maremotos
- 5.2.8.6 Complementos estacionales con información de oceanografía abiótica para las cartas pesqueras
- 5.2.8.7 Corrientes Superficiales en la Bahía San Jorge (Antofagasta)
- 5.2.8.8 Condiciones oceanográficas, batimetría y calidad de fondo en la Bahía San Jorge (Antofagasta)
- 5.2.8.9 Evaluación de la biomasa planctónica y sus relaciones con las variables abióticas en el área de Valparaíso

- 5.2.8.10 Condiciones oceanográficas y estudio de la contaminación en Bahía Concepción y San Vicente
- 5.2.8.11 Estudio de las condiciones oceanográficas en la Bahía de Mejillones
- 5.2.8.12 Cortes oceanográficos estacionales en la zona ubicada entre Arica y Taltal
- 5.2.8.13 Estudios bio-oceanográficos en el Archipiélago de Juan Fernández
- 5.2.8.14 Estudios bio-oceanográficos que realiza el IFOP en las zonas de interés pesquero
- 5.2.8.15 Investigación de condiciones bio-oceanográficas en la zona de los canales australes y Estrecho de Magallanes. Esto incluye la investigación del R/V. "Hero" 72-4.

6. Necesidades

Para realizar los planes de investigación oceanográfica antes expuestos, es indispensable contar con una serie de recursos:

6.1 Recursos Humanos

6.1.1 Especialistas

Para el próximo decenio se estima que un número de 20 oceanógrafos físicos y 20 oceanógrafos químicos sería adecuado. Al mismo tiempo se recomienda que el personal técnico especializado se incremente en la proporción de 1 a 3 por cada oceanógrafo.

6.1.2 Becas

Deben otorgarse becas para que oceanógrafos y meteorólogos chilenos alcancen el grado de más alto nivel académico.

El número de becas por año, con una duración mínima de tres años, deberá determinarse de acuerdo con proyectos concretos, distinguiendo aquellos que pueden satisfacerse en Chile de aquellos que requieren estudios en el extranjero.

6.1.3 Cursos

Es necesario apoyar financieramente y con especialistas a las Universidades que se han comprometido en la formación de Oceanógrafos y Meteorólogos. Asimismo es necesario el perfeccionamiento en el país a través de seminarios y cursos de post-grado, que debieran ser dictados por especialistas nacionales y extranjeros de los investigadores en Ciencias del Mar.

6.1.4 Expertos

Es conveniente apoyar la venida a Chile de expertos extranjeros en base a proyectos específicos. Estos expertos deberán contar con facilidades adecuadas para asesorar a otras instituciones conjuntamente con la institución que lo solicitó.

6.2 Recursos Materiales

6.2.1 Buques de Impestigación

Para poder realizar las investigaciones contempladas en e Plan Decenal, y la mayor parte de los proyectos específicos mencionados, es indispensable contar con un Buque Oceanográfico adecuado. La Armada de Chile basada en las disposiciones contenidas en la Ley Nº 16.624 (Ley del Cobre) presentó al Supremo Gobierno un estudio completo sobre el particular en octubre de 1969. En este estudio se concluyó que un buque de investigación similar a WFS. "Planet" construido en la República Federal de Alemania era el más adecuado para Chile.

La necesidad de contar con un buque oceanográfico en un breve plazo es imperiosa para poder cumplir en forma efectiva y eficiente con los programas prioritarios. Se solicita que el Primer Congreso Nacional de Científicos estudie esta proposición con especial interés con el objeto de obtener un pronunciamiento de la Comunidad Científica Nacional.

Además debe dotarse a las instituciones que están desarrollando programas de investigación en oceanografía costera regional, con unidades menores adecuadas a sus planes de investigación y/o docencia. A juicio de esta sub comisión ambos tipos de embarcaciones son complementarios y de ninguna manera excluyentes, dada la enorme extensión de nuestro mar jurisdiccional.

6.2.2 Centro Nacional de Datos Oceanográficos de Chile (CENDOC)

Todo el desarrollo de la investigación en Oceanografía Física y Química debe ser acompañado de un desarrollo en la infraestructura proporcionada por CENDOC. Deben tomarse medidas para que en un corto plazo sus costos de operación sean contemplados en el Presupuesto Nacional en forma permanente. Además se ve la conveniencia de que el CENDOC sea dotado, al más breve plazo, con un sistema de computación adecuado a las necesidades de la comunidad científica que trabaja en Ciencias del Mar.

6.2.3 Instrumental

Se necesita adquirir equipos de investigación modernos para obtener datos con mayor rapidez, continuidad y precisión aptos para ser procesados directamente por computadores.

6.2.4 Laboratorios

Se requiere de la implementación de los laboratorios ya existentes, con instrumental, equipos y reactivos.

6.2.5 Bibliotecas

Recomendar ítem específicos para aumentar significativamente el número de libros y publicaciones relacionadas con las Ciencias del Mar. Además se recomienda especializar al personal de bibliotecas en estas materias.

