

Gestión de datos e información oceanográfica colombiana



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
DIMAR

Centro Control Contaminación del
Pacífico
CCCP

Telefax: +57 (2) 727 26 37
URL: www.cccp.mil.co
Email: cccp@dimar.mil.co
Apartado Aéreo: 187

Vía al Morro Tumaco,
Nariño, Colombia

La Dirección General Marítima (Dimar) entrega este producto de nuevo conocimiento a la comunidad científica y académica, y entidades tomadoras de decisiones, con información histórica y reciente, así como servicios de tecnología para apoyar los análisis sobre los cuales se fundamentan las políticas que orientan el manejo de los mares y espacios costeros en Colombia.

'Gestión de datos e información oceanográfica colombiana' otorga también importancia a la documentación de metadatos que acompañan a los conjuntos de datos propiamente dichos y que aportan información valiosa de acceso abierto, al tiempo que dan cuenta de su calidad y facilitan su manejo.

El Editor

Serie Publicaciones Especiales

Volumen 4

Gestión de Datos e Información Oceanográfica Colombiana



Con la publicación 'Gestión de datos e información oceanográfica colombiana' la Dirección General Marítima (Dimar), a través de sus centros de investigación científica, ubicados en el Pacífico y Caribe colombianos, y siguiendo las recomendaciones y buenas prácticas internacionales, pone en manos de la comunidad científica, académica y de las entidades públicas y privadas, información que permite establecer un contexto para reconocer los avances obtenidos en el país en cuanto al manejo de datos oceanográficos, lo cual redundará en el beneficio de los análisis sobre los que se fundamentan las políticas de manejo de los mares y espacios costeros del país.



Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP
Telefax: +57 (2) 727 26 37
Vía El Morro, Capitanía de Puerto de Tumaco
San Andrés de Tumaco - Nariño - Colombia
e-mail: cccp@dimar.mil.co
URL: www.cccp.org.co
Apartado Aéreo: 187



Gestión de datos e información oceanográfica colombiana



Gestión de datos e información oceanográfica colombiana

Dirección General Marítima, Dimar

Vicealmirante Jairo Javier Peña Gómez

Centro Control Contaminación del Pacífico

Capitán de Fragata Ricardo José Molares Babra

Autores

José Luis Hernández-Jaimes, Ingeniero de Sistemas e Historiador

Ruby Viviana Ortiz-Martínez, Máster en Direccionamiento Estratégico de Tecnología de la Información

Roberto Carlos Ochoa torres, Historiador

Jorge Armando Landínez Mayorga, Historiador

Efraín Rodríguez-Rubio, PhD. en Oceanografía

Alexander Mogollón Díaz, MSc. en Sistemas de Información Geográfica

Helbert Darío Rico Lugo, Ingeniero de Sistemas

Dirección Editorial

AngélicaMaría Castrillón-Gálvez, Máster en Edición

Revisión Externa

Ivonne Suárez Pinzón, PhD. en Historia

Ángela Marcela Suárez-Mayorga, MSc. en Ciencias-Biología (Línea Sistemática)

Martha Lucero Bastidas Salamanca, MSc. en Oceanografía Costera

Editorial DIMAR

Diseño y Diagramación: Diego Miguel Garcés Guerrero

© Fotografías: Archivo CCCP y Diego Miguel Garcés Guerrero

Impresión: Feriva S.A.

© Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP, 2008

Citar esta obra como:

Dimar (Ed.). 2008. Gestión de datos e información oceanográfica colombiana. Centro Control Contaminación del Pacífico. Serie de Publicaciones Especiales Vol. 6, San Andrés de Tumaco, 136 pp.

ISBN: XXXXXX

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por ningún medio electrónico, fotocopia, grabación u otros, sin el permiso escrito de los editores.

Tabla de contenido

	Prólogo
	Introducción
Capítulo I	Centro nacional de datos oceanográficos, un compromiso desde 1969
	Introducción
	1.1 Antecedentes del intercambio internacional de datos e información oceanográfica
	1.2 La autoridad marítima colombiana, pionera en la gestión de datos oceanográficos
	1.3 De los kilobytes a los terabytes en cuestión de manejo de datos oceanográficos
	1.4 Los centros documentales y bibliotecas relacionados con el nodc Colombia
	1.5 La participación de Colombia en programas regionales e internacionales
	1.6 Literatura citada
Capítulo II	Introducción a la gestión de datos oceanográficos
	Introducción
	2.1 Gestión de datos oceanográficos
	2.2 Buenas prácticas y estándares internacionales
	2.3 Conclusiones y estrategias
	2.4 Literatura citada
Capítulo III	Reconstrucción histórica de los cruceros oceanográficos colombianos
	Introducción
	3.1 Cruceros oceanográficos realizados en el Caribe colombiano por Dimar (1969-2006)
	3.2 Cruceros oceanográficos realizados en el Pacífico colombiano por Dimar (1970-2004)
	3.3 Conclusiones
	3.4 Literatura citada
Capítulo IV	Evolución de la instrumentación y metodologías de observación oceanográfica en Colombia
	Introducción
	4.1 Registro histórico de las plataformas de investigación colombianas y su equipamiento
	4.2 Instrumentos de medición y observación utilizados en los cruceros del Caribe
	4.3 Reseña de los instrumentos oceanográficos usados para determinar variables físicas, químicas, biológicas y geológicas en el Pacífico colombiano

4.4 Percepción remota: tecnología de punta al servicio de la investigación científica marina colombiana

4.5 Literatura citada

Capítulo V

Metadatos marinos

Introducción

5.1 Análisis de estándares en el ámbito de los metadatos

5.2 Puesta en marcha del perfil de metadatos marino colombiano (Pmmc)

5.3 Impulsando la utilización del Pmmc

5.4 Literatura citada

Índice de figuras

Capítulo I

- Figura 1.1 Operación de máquinas para la clasificación de tarjetas perforadas con datos oceanográficos para el nodc de estados unidos (fuente: <http://celebrating200years.Noaa.Gov/foundations/nodc/image9.Html>).
- Figura 1.2 Participación de Ospina Taborda en la XVI conferencia de Unesco, 1970 (Fuente: <http://www.cyber-corredera.de/correderas/54.Htm>).
- Figura 1.3 Informe del crucero oceanográfico de 1992a nombre de Cedoc.
- Figura 1.4 Modelo IBM 360/50 el cual era utilizado por el Nodc mediante los servicios que prestaba Senco-Dane (Fuente fotografía: <http://www.hist.uib.No/1801historie/ibm360.Jpg>).
- Figura 1.5 Página principal de acceso a Oceandata (fuente: cioh).
- Figura 1.6 Primera página web del Cioh enlazada mediante el nodo cartagena.cetcol.net.co (Fuente: Cioh).
- Figura 1.7 Primera versión del sitio web de Cedat (fuente: Cioh).
- Figura 1.8 Segunda versión del sitio web del Cedat (fuente: Cioh).
- Figura 1.9 Aspecto de las actividades de diagnóstico de la producción histórico-científica del Cccp en 2008.
- Figura 1.10 Participantes del I taller de trabajo sobre el Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica en el 2004 (Fuente: Cioh).
- Figura 1.11 Participantes del curso coi-omm en el ceado en 1984. (Fuente: http://www.lode.Org/index.Php?Option=com_oe&task=viewdocumentrecord&docid=899).
- Figura 1.12 Participantes del “*Second odincarsa training workshop in data management*” realizado en Cartagena, Colombia en el 2003 (fuente: Cioh).
- Figura 1.13 Curso desarrollado en Oostende, Bélgica en el 2005, en el que participó el actual coordinador nacional de datos oceanográficos, Phd. Efraín Rodríguez Rubio (fuente: lode).

Capítulo II

- Figura 2.1 Cromatógrafo de gases acoplado a detector selectivo de masas, instrumento de medición para la adquisición de datos sobre contaminación marina.
- Figura 2.2 Maniobra para la recolección de muestras de agua en el océano pacífico colombiano, por medio de la roseta muestreadora, a bordo del buque oceanográfico ARC “Providencia”.
- Figura 2.3 Avistamiento de cetáceos a ojo desnudo y con binoculares, desde una plataforma oceanográfica.
- Figura 2.4 Observaciones con disco Secchi.

Capítulo III

- Figura 3.1 Registro de maniobras de uno de los primeros cruceros oceanográficos en colombia.
- Figura 3.2 Buque oceanográfico ARC “Providencia”

- Figura 3.3 Buque oceanográfico ARC “Malpelo”.
- Figura 3.4 Recopilación de datos marinos bajo la dirección del Cioh, entidad directamente responsable desde 1975 de la planeación y ejecución de estos trabajos de campo en la región del Caribe.
- Figura 3.5 Malla de muestreo utilizada en el crucero Erfen XX, en 1993.
- Figura 3.6 Recibimiento en el puerto de Tumaco de la tripulación del crucero oceanográfico de 1999 a bordo del buque ARC “Malpelo”.
- Figura 3.7 Buque ARC “Gorgona”, plataforma utilizada en el 2000 para el crucero Pacífico XXXII-Erfen XXX.
- Figura 3.8 Estaciones oceanográficas en la CPC.

Capítulo IV

- Figura 4.1 Alistamiento de una botella Nansen para muestreo de agua.
- Figura 4.2 Técnicos de Secal en trabajos de reparación y calibración de instrumentos oceanográficos (1986).
- Figura 4.3 Cubiertas del buque oceanográfico ARC “Providencia”, de fabricación alemana y diseñado para realizar estudios físicos, químicos, biológicos, geológicos y meteorológicos del mar.
- Figura 4.4 Red tipo bongo utilizada para toma de muestras biológicas en estudios oceanográficos.
- Figura 4.5 Antiguo termómetro de cazoleta con el cual se obtenía la temperatura superficial del mar (tsm).
- Figura 4.6 Botellas de agua de mar de tipos Nansen (amarillas) y Niskin (grises) a bordo del buque ARC “Providencia”, utilizadas para la toma de muestras de agua a diferentes profundidades en los cruceros de investigación marina.
- Figura 4.7 Laboratorio de química del Cccp entre el período de 1986-1991.
- Figura 4.8 Laboratorio de biología del Cccp empleado para el análisis de muestras de hidrocarburos en aguas marinas durante los años 90.
- Figura 4.9 Canasta metálica en la cual se ubicaba el corazonador tipo Gravitycore antes de colocarlo fuera de borda, lado estribor, durante el crucero Pacífico X-Erfen VII, en 1987.
- Figura 4.10 Correntómetro utilizado para determinar la dirección y magnitud de las corrientes en el crucero oceanográfico Pacífico XL de 2005.
- Figura 4.11 Lanzamiento de redes bongo durante el crucero oceanográfico regional pacífico XXVI-erfen XXIV (Jun. de 1996).
- Figura 4.12 Asistente de estación oceanográfica sujetando los equipos oceanográficos a la guaya con el propósito de asegurar su arriada e izada. Crucero oceanográfico Pacífico XXXIX-Erfen XXXVII (Sep. de 2004).
- Figura 4.13 Concentración de clorofila_a en el pacífico colombiano entre febrero (izq) y marzo (der) observadas con el sensor Modis.
- Figura 4.14 Climatología de la tsm para el Pacífico colombiano (1998-2002) calculada a partir del sensor satelital TMI.

Capítulo V

- Figura 5.1 Perfil de metadatos marino ISO 19115.

- Figura 5.2 Paquetes que conforman el estándar ISO 19115; en naranja las secciones que se involucraron en la definición del Pmmc.
- Figura 5.3 Sección 1 del Pmmc: identificación de metadatos.
- Figura 5.4 Sección 2 del Pmmc: identificación del recurso.
- Figura 5.5 Sección 3 del Pmmc: control de calidad.
- Figura 5.6 Sección 4 del Pmmc: sistema de referencia.
- Figura 5.7 Sección 5 del Pmmc: información de distribución.
- Figura 5.8 Interfaz de usuario del Cmm de Cecoldo.
- Figura 5.9 El curso introductorio del perfil de metadatos marino ISO 19115, ofrecido a las instituciones participantes del crucero oceanográfico ERFENXLVII 2008.

Índice de tablas

Capítulo I

- Tabla 1.1 Especificaciones de la computadora central o *mainframe* del senco-dane que prestaban su servicio al nodc en Colombia (fuente: senco-dane 1972-1987).
- Tabla 1.1i Participación de dimar en sesiones de la coi-iode.
- Tabla 1.1ii Participación de Colombia en grupos de expertos de iode.
- Tabla 1.1iv Cursos en manejo de datos e información oceanográfica.
- Tabla 1.V Cursos nacionales sobre el manejo de datos e información oceanográfica.
- Tabla 1.Vi Reciente participación del nodc colombiano en eventos relacionados con ciencias del mar.

Capítulo II

- Tabla 2.1 Ejemplos de instrumentos de medición utilizados en Colombia por dimar-cccp.
- Tabla 2.1i Ejemplos de tipos de plataformas. Fuente: traducido al español del vocabulario de seadatanet.
- Tabla 2.1ii Extracto del vocabulario para el descubrimiento de parámetros del bodc. (Fuente: traducido del bodcparameterdictionary de 2003).
- Tabla 2.1iv Lista de códigos iso 3166-1 para los países que conforman la red de datos e información oceanográfica para el Caribe y Suramérica (odincarsa).
- Tabla 2.V Metodologías para el control de calidad de datos oceanográficos.

Capítulo III

- Tabla 3.1 Listado de cruceros realizado por dimar en el Caribe colombiano (1969-2006).
- Tabla 3.1i Listado de cruceros realizados en el Pacífico colombiano, plataforma utilizada y entidades participantes.

Capítulo IV

- Tabla 4.1 Paralelo de los aspectos técnicos entre el buque arc “San Andrés” y arc “Providencia”.
- Tabla 4.1i Paralelo del equipamiento entre el arc “San Andrés” y el arc “Providencia”.

Capítulo V

- Tabla 5.1 Md_código del conjunto de caracteres.
- Tabla 5.1i Ci_código de rol.
- Tabla 5.1ii Md_código de frecuencia de mantenimiento.
- Tabla 5.1iv Ci_código de tipo de fecha.
- Tabla 5.V Md_código de restricción.
- Tabla 5.Vi Md_código de clasificación.
- Tabla 5.Vii Ds_código del tipo de asociación.
- Tabla 5.Viii Ds_código de tipo de iniciativa.
- Tabla 5.lx Md_código de categoría del tema.

Tabla 5.X	Dq_tipo de reporte de la calidad de los datos.
Tabla 5.Xi	Md_tipo de representación espacial.
Tabla 5.Xii	Md_código del nombre de soporte.
Tabla 5.Xiii	Md_código de ámbito.
Tabla 5.Xiv	Md_código del tipo de valor.
Tabla 5.Xv	Md_código de la unidad de agregación temporal.
Tabla 5.Xvi	Md_csdgm format name code.

PRÓLOGO

Hablar de gestión de datos oceanográficos en Colombia parecería un tema nuevo, sin embargo, desde que se recopiló el primer conjunto de datos de esta disciplina en 1969, se inició en el país la búsqueda incesante de las bases conceptuales y funcionales para suplir adecuadamente las necesidades del ciclo de vida de estos datos que resultan de interés en diferentes campos, como son la protección del medio marino, la Oceanografía Operacional, el manejo integrado de la zona costera y el cambio climático, entre otros.

No mucho se ha escrito formalmente sobre la gestión de datos oceanográficos en Colombia, pero pese a ello, en los últimos años el país ha sido reconocido en el ámbito regional por sus aportes en la definición de procedimientos y adopción de buenas prácticas internacionales, los cuales han sido socializados en eventos, reuniones, publicaciones especiales y artículos científicos.

Pues bien valía la pena ofrecerle a la comunidad un producto que recopilara los primeros pasos del manejo de datos oceanográficos en el país, y con ello el reconocimiento de la labor que silenciosamente desarrollaron decenas de profesionales y auxiliares, que abrieron paso al estudio de los océanos y usaron los primeros instrumentos y plataformas oceanográficas para medir datos in situ. De otra parte, esta misma publicación, presenta recomendaciones para adoptar en el presente con miras a optimizar la gestión de los datos en el futuro.

También es importante mencionar, que las técnicas para recopilar datos han mejorado con el transcurso del tiempo; adicionalmente, la evolución tecnológica ha permitido que actividades que solían desarrollarse en soporte papel hayan pasado a la pantalla táctil, o que ya no se requiera el registro periódico de datos en campo, pues hoy en su lugar se utilizan plataformas que transmiten datos en tiempo real o sensores remotos para obtener capas de información hasta de la zona geográfica más remota.

Estos nuevos avances representan un reto para los modernos analistas y manejadores de datos oceanográficos, por ello es importante continuar con la motivación y aunar esfuerzos para recuperar datos históricos, incorporar estándares y recomendaciones internacionales al proceso de producción de datos, implementar políticas, y en general, para brindarle a los usuarios datos, información, productos y servicios de la mejor calidad, contribuyendo así con la base de la investigación científica marina, no sólo en el país sino también en la región y en el ámbito global.

PRESENTACION

‘Gestión de datos e información oceanográfica colombiana’ contextualiza cronológicamente los esfuerzos realizados en el país en la recolección de datos y adopción de buenas prácticas internacionales en distintas etapas del proceso de investigación científica oceanográfica.

Esta publicación permite hacer un reconocimiento de los avances nacionales en cuanto al manejo de datos oceanográficos, en cinco capítulos que de forma amena y no menos rigurosa narra los antecedentes, desarrollo y evolución hasta la actualidad del Centro de Datos Oceanográficos en Colombia; tomando como punto de partida 1969, año en que se reconoce oficialmente los inicios de la Oceanografía en el país.

En capítulos más avanzados se reconstruye de manera sucinta la historia de los cruces oceanográficos realizados a bordo de las plataformas de investigación de la Dirección General Marítima (Dimar), en las dos cuencas marinas colombianas; de 1969 a 2006 para el Caribe y de 1970 a 2004 para el Pacífico.

La publicación cierra con un reporte de la evolución de la instrumentación y metodologías de observación oceanográfica en Colombia, dando paso al análisis de estándares en el ámbito de los metadatos marinos y la presentación del Perfil de Metadatos Marino Colombiano (PMMC) ISO 19115, cuya primera versión se obtuvo en 2007 y que tuvo por objetivo unificar criterios para la documentación de metadatos oceanográficos y proponer el uso de herramientas software de acceso abierto para afianzar la Política de Intercambio Internacional de Información Oceanográfica, concebida por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI).

Capítulo I

Centro Nacional de Datos Oceanográficos, un compromiso desde 1969



ARC "San Andrés", primer buque oceanográfico colombiano.
(Foto: Harold Santacruz)

Capítulo I

Centro Nacional de Datos Oceanográficos, un compromiso desde 1969

Introducción

- 1.1 Antecedentes del intercambio internacional de datos e información oceanográfica
- 1.2 La autoridad marítima colombiana, pionera en la gestión de datos oceanográficos
 - 1.2.1 El Centro Nacional de Datos, por cuatro décadas consolidando la administración de los datos oceanográficos
- 1.3 De los kilobytes a los terabytes en cuestión de manejo de datos oceanográficos
 - 1.3.1 Hardware y software para el procesamiento de datos oceanográficos
 - 1.3.2 Tecnologías en comunicaciones para la transmisión y difusión de datos e información oceanográfica
- 1.4 Los centros documentales y bibliotecas relacionados con el nodc Colombia
- 1.5 La participación de Colombia en programas regionales e internacionales
- 1.6 Literatura citada

*JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ-JAIMES¹
RUBY VIVIANA ORTIZ-MARTÍNEZ²*

¹ Ingeniero de Sistemas e Historiador, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Santander. www.uis.edu.co / joseluiscolombia@gmail.com

² Administradora de Tecnologías de la Información. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (Dimar-CCCP). San Andrés de Tumaco, Nariño. www.cccp.org.co / rortiz@dimar.mil.co / rubyvi@hotmail.com

Citar este capítulo como:

Hernández-Jaimes, J. y Ortiz-Martínez, R. (2008). Centro Nacional de Datos Oceanográficos, un compromiso desde 1969. En: Dimar (Ed.), *Gestión de datos e información oceanográfica colombiana*. (pp. XX-XX). Bogotá: Editorial Dimar.

Introducción

El devenir histórico del Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica (Cecoldo) se remonta a 1969, año en el cual este proyecto se vincula a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), en el marco del Programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE¹). Se denotan los antecedentes en el ámbito del intercambio internacional de datos oceanográficos, así como las condiciones y factores que incidieron en la creación del Centro Nacional de Datos Oceanográficos de Colombia (NODC²) bajo la gestión de la Autoridad Marítima Colombiana. Asimismo, se destaca el marco normativo y regulatorio al cual está sujeto Cecoldo en su evolución como centro de datos responsable de los procesos de recepción, procesamiento y divulgación, al igual que del almacenamiento y archivo de los conjuntos de datos provenientes de los cruceros oceanográficos.

La tecnología informática utilizada por el centro de datos es descrita en este capítulo, al igual que se registra parte del proceso de incorporación de Cecoldo a las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC). De otro lado también se describen las participaciones del NODC en reuniones, conferencias, talleres de formación y congresos internacionales.

1.1 Antecedentes del intercambio internacional de datos e información oceanográfica

Los primeros proyectos que propendieron por el intercambio de datos e información oceanográfica datan de principios del siglo XX, con la fundación del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES³) en 1902, como una iniciativa de ocho naciones del norte de Europa (Dinamarca, Finlandia, Alemania, los Países Bajos, Noruega, Suecia, Rusia y el Reino Unido). A partir de este organismo se lleva a cabo la publicación de la ficha-perfil de datos oceanográficos en los boletines hidrográfico y de plancton durante 1907-1908 por parte del ICES (Levitus *et al.*, 2005).

Para mediados de este mismo siglo se configuró el curso de una estructura formal para el intercambio de datos oceanográficos. Durante dicho proceso se presentó un hito histórico para la ciencia con la celebración del Año Geofísico Internacional (AGI) entre 1957 y 1958. Esta iniciativa científica reunió 67 países (entre los cuales se encontraba Colombia) en torno a las ciencias vinculadas

a las observaciones de diversos fenómenos geofísicos, entre ellos: actividad solar, rayos cósmicos, Geomagnetismo, Auroras boreales y Física Ionosférica; igualmente en el campo gravitatorio, de la Sismología, Ionósfera, Meteorología, Glaciología y Oceanografía (Buedeler, 1957).

Las propuestas de científicos de diferentes naciones y la continua cooperación internacional entre varias organizaciones generó uno de los más emblemáticos y abanderados proyectos como lo fue la fundación de la COI en 1960, órgano consultor de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), con espacio dentro del organigrama administrativo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). Este organismo surge del apoyo y la experiencia del Comité Consultivo Internacional de Ciencias del Mar de Unesco, fundado en 1955. La intención de la COI, desde entonces, es fomentar la investigación científica de los océanos, difundir un mejor conocimiento de su naturaleza y sus recursos, al igual que estudiar su papel en los cambios climáticos (COI, 2003).

A partir de la Conferencia Interguberna-

¹*International Oceanographic Data and Information Exchange*, por su sigla en inglés.

²*National Oceanographic Data Centre*, por su sigla en inglés.

³*International Council for the Exploration of the Sea*, por su sigla en inglés.



Figura 1.1. Operación de máquinas para la clasificación de tarjetas perforadas con datos oceanográficos para el NODC de Estados Unidos. (Fuente: <http://celebrating200years.noaa.gov/foundations/nodc/image9.html>).

mental sobre la Investigación Oceanográfica de Unesco 1960, en la cual se recomendó la creación de la COI y se estipularon algunas tareas iniciales para ésta, se esbozaron la exigencia y pertinencia de una estructura internacional para coordinar el intercambio de datos oceanográficos. El primer establecimiento formal de un Grupo de Trabajo sobre Intercambio de Datos Oceanográficos lo hizo la COI bajo Resolución I-9, aprobada en la primera reunión de la Comisión en octubre de 1961.

Para que el sistema propuesto funcionara se planteó una estructura de cooperación, partiendo de la base de unos organismos receptores y distribuidores, denominadas Agencias Nacionales Designadas (DNA⁴) y Centros Nacionales de Datos Oceanográficos, en el marco de un IODE.

En el transcurso de 40 años la red de contribución de datos oceanográficos ha seguido una cadena en la cual los datos eran administrados por una figura regional denominada Responsable de Centros Nacionales de Datos Oceanográficos (RNODC⁵), encargada de centralizar y normalizar los datos en formatos y estándares para posteriormente distribuirlos a los centros mundiales de da-

tos. Este mecanismo se mantuvo desde su formulación hasta principios del presente siglo (COI, 2003).

En el plano latinoamericano, el intento por contribuir al intercambio internacional de datos oceanográficos se desarrolló paralelamente a otras regiones del continente, por ejemplo con la reestructuración del NODC de Estados Unidos en 1961, el cual desde sus inicios contó con cerca de un centenar de personas trabajando en sus instalaciones (Figura 1.1). En esta parte del mundo varios estados se involucraron en la investigación oceanográfica, en marcos de cooperación internacional como la COI y a su vez en el programa IODE. Las fuerzas navales (especialmente sus servicios hidrográficos), instituciones de investigación marina y algunas universidades fueron los primeros promotores de la aparición de los NODC con la intención de comprometerse con los objetivos del IODE como NODC y DNA.

Posterior al hito fundacional de la COI, en la década del sesenta se generó el espacio propicio para la concientización científica de muchos países de la región para la exploración oceánica. Entre las proyecciones de la época estaba salvaguardar los datos recopilados de las investigaciones oceanográficas en un centro nacional de datos, acuerdo a los fines expuestos por el IODE. Es así como van apareciendo distintos esfuerzos por parte de los países miembros de la COI. Entre estos, al sur del continente, el Servicio de Hidrografía Naval de Argentina, después de su funcionamiento como DNA en el período de 1965 a 1974, creó el NODC para este país en 1974 con el nombre de Centro Argentino de Datos Oceanográficos (Ceado). Además, debido a sus capacidades, en 1987 el Ceado fue reconocido por el IODE para operar como Responsable Nacional de Oceanografía del Centro de Datos para los Océanos del Sur (RNODC/SOC) (COI, 1996).

La participación de Colombia en la COI se dio desde 1969, logrando ser miembro activo y convirtiéndose en parte vital en la con-

⁴*Designated National Agencies*, por su sigla en inglés.

⁵*Responsible National Oceanographic Data Centre*, por su sigla en inglés.

secución de importantes logros, gracias a su aporte en esta organización interdisciplinaria. El organismo nacional encargado por más de tres décadas de mantener el vínculo con la COI de un modo oficial ha sido la Comisión Colombiana del Océano (CCO), denominada entre 1969 y 2000 como Comisión Colombiana de Oceanografía, entidad que desde entonces ha sido punto focal técnico de este organismo internacional en el país (Sánchez, 1994).

1.2 La Autoridad Marítima Colombiana, pionera en la gestión de datos oceanográficos

Después de mitad del siglo XX, Colombia fue tomando gradualmente espacios significativos en el panorama nacional e internacional de las Ciencias del Mar (Figura 1.2). En este período se creó en la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL) tanto la Facultad de Ciencias del Mar como el Museo del Mar. Asimismo, desde 1963 funcionaba el Instituto Colombo-Alemán de Investigaciones Científicas (Ical), actual Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (Invemar). En este mismo contexto y como consecuencia de las relaciones a favor de la academia, surgió la propuesta que estrecharía vínculos desde varios sectores, conocida como Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar (Senalmar), cuyo objetivo inicial era concebir un espacio para la difusión de los avances en el conocimiento y la investigación científica marina en Colombia.

Es posible reconocer en estos años las primeras experiencias en investigación que desde 1965 se llevaron a cabo a bordo del ARC “Bocas de Ceniza”: “...En este buque varios oficiales de la Armada participan en cuatro cruceros oceanográficos llamados Acento, programados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) en el Área del Panamá Bight” (Alvarado, 1994). Posteriormente, para 1968 el Programa de Investigaciones Cooperativas del Caribe y Regiones Adyacentes (Cicar) de la COI, inició actividades con la participación de Colombia, bajo la orienta-



Figura 1.2. Participación de Ospina Taborda en la XVI Conferencia de Unesco, 1970 (Fuente: <http://www.cyber-corredera.de/correderas/54.htm>).

ción de la Armada Nacional, y es así como la Marina colombiana asume un rol fundamental en el desarrollo científico del país.

A finales de la década de los sesenta se estableció la Facultad de Oceanografía Física en la Escuela Naval “Almirante Padilla” en Cartagena y para esta misma época fue formulada la Política Marítima emanada de la Armada Nacional, que coincide con el Proceso de creación de la División de Hidrografía en el Departamento de Litorales de la entonces Dirección de Marina Mercante (dependencia del Comando de la Armada Nacional). En esta institución surge la iniciativa por documentar un Plan de Operaciones para la participación en el programa Cicar, esto connotó un esfuerzo por la cooperación internacional desde el mismo país. Sin embargo, una de las decisiones que notoriamente marcaría la historia de la Oceanografía colombiana la constituyen las campañas oceanográficas en el territorio nacional, desarrolladas bajo la tutela de la Dirección de Marina Mercante y a bordo de un buque suministrado por la Armada Nacional (Landínez, 2007, p. 90).

Desde el interior de Dirección de Marina Mercante, actualmente la Dirección General Marítima (Dimar), en asocio con organismos

de representación internacional en la política oceánica como la CCO, surgió una respuesta para la administración de datos oceanográficos con la creación de Cecoldo, que según se ha establecido, data de 1969. Con Cecoldo el país se vinculó tempranamente al programa IODE con el objetivo de cooperar en materia de intercambio y resguardo de los datos oceanográficos, siendo reconocido en ese mismo año como NODC ante la comunidad internacional.

1.2.1 El Centro Nacional de Datos, por cuatro décadas consolidando la administración de los datos oceanográficos

En el marco del Programa Colombiano de Investigaciones Marinas, la División de Oceanografía (Divoc⁶) de la Autoridad Marítima Colombiana plantó la intención de activación de Cecoldo. Divoc esperaba para entonces que el proyecto de NODC de Colombia desarrollara entre sus objetivos una capacidad para reunir, procesar y distribuir datos e información en todas las disciplinas oceanográficas, con el fin de permitir el cruce de información y su empleo inmediato en los proyectos de investigación; además, para este período se proyectaba que el centro de datos actuara como enlace con los sistemas internacionales de intercambio de datos marinos.

Los resultados del III Seminario Nacional de Ciencias del Mar, celebrado en Villa de Leyva en 1977, generaron propuestas importantes para entonces en el ámbito de la gestión de los datos oceanográficos. Dentro de las recomendaciones del encuentro académico se presentó la necesidad de apoyar el NODC y el afianzamiento del Subsistema de Información Marítima (SIM). Por otro lado, se manifestó la ventaja de diseñar para la década siguiente un Plan Integral de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar (Pdctm). Así, el Servicio de Datos Oceanográficos fue incorporado en el Pdctm 1980-1990 como apoyo a los pro-

gramas de investigación en las dos cuencas marinas colombianas. En la siguiente década el componente Pdctm 1990-2000 hizo mayor énfasis en el Servicio de Datos Oceanográficos por parte de las entidades competentes en esta materia; para esta década este componente se enmarcó en los programas de Servicio de Datos Marinos.

En la siguiente década el centro de datos se enmarcó en el Plan Estratégico 1999-2004 del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar; posteriormente, en la Agenda Científica Dimar 2006-2010 fue reactivado Cecoldo. En este último documento, Dimar planteó dentro de los servicios técnicos como apoyo a la investigación oceanográfica el Servicio Oceanográfico (Seoce), en el cual se reconoce el avance y posicionamiento de los centros de investigación científica marina de Dimar por su capacidad en la recolección y procesamiento de datos oceanográficos, suministrados por los equipos instalados a bordo de sus plataformas de investigación, al igual que la necesidad de recuperar la información recolectada y procesada con anterioridad para ser distribuida desde Cecoldo.

Sobre la actividad regulatoria del Estado colombiano relacionada con el tema de datos e información oceanográfica, se aprecia en la primera mitad del decenio de 1980 la aparición de reglamentaciones emanadas por el poder ejecutivo ordenadas por la Presidencia y el Ministerio de Defensa, las cuales modificaron y determinaron los objetivos del NODC colombiano. De esta forma, con el Decreto 413 de 1981 (el cual modificó el Decreto número 763 del 14 de mayo de 1969) se decretó un compendio de artículos entre los cuales se encontraban las funciones principales de la CCO y se definieron los organismos públicos y privados que la integraban (Artículo 2); entre ellos el Centro de Datos Oceanográficos (Cedoc), que según esta reglamentación oficial seguía inscrito a la División de Oceanografía de la entonces Dirección General Marítima y Portuaria, tal como

⁶La División de Oceanografía de Dimar se estableció por medio de una regulación del Ministerio de Defensa en el Decreto No. 2349 del 3 de diciembre de 1971. En su artículo 10 se estipulaban la funciones de esta dependencia; en lo que confiere a la gestión de la información, el numeral 3 de este artículo versa: "Recopilar, procesar y divulgar la información obtenida en los cruceros y trabajos de investigación oceanográfica e hidrográfica".

lo expresaba el artículo 8 de este Decreto que igualmente denotaba el actuar del Cedoc como “Centro nacional encargado de recopilar todas las informaciones sobre Oceanografía y sus diferentes disciplinas y podrá publicar aquellas informaciones de carácter general que prevean los reglamentos de la Comisión Colombiana de Oceanografía” (Diario Oficial, 1981).

Para 1984, por parte del Ministerio de Defensa se originó otra reglamentación que incidió en la organización interna y en la naturaleza investigativa de Dimar en el Decreto 2324 de 1984, el cual reestructura orgánicamente algunas dependencias de esta Entidad, entre ellas la antigua Divoc, que en adelante se denominó División de Litorales e Investigaciones Marinas (Dilem), según el artículo 8, en donde algunas de sus funciones (Artículo 15) están relacionadas con “Recopilar y divulgar la información obtenida en los cruceros y los estudios científicos marinos efectuados por las entidades nacionales e internacionales” (Diario Oficial, 1984).

En lo concerniente a la protección de los derechos de autor sobre datos e información oceanográfica, desde la Presidencia de la República se reglamentó mediante el Decreto 644 de 1990 el trámite de las solicitudes para realizar investigaciones científicas o tecnológicas marinas en los espacios marítimos jurisdiccionales colombianos. En el artículo 16 de este Decreto se estipularon las obligaciones a las que se comprometía cualquier participante nacional o extranjero frente al manejo de la información y los datos que resultasen como producto de sus investigaciones en las áreas marinas colombianas (Diario Oficial, 1990, p. 5); entre las consideraciones reguladas se estableció la entrega a Dimar de informes parciales sobre los resultados de la investigación, así como la entrega de la copia de los datos, muestras obtenidas en la investigación y demás información que el personal científico coordinador o el funcionario

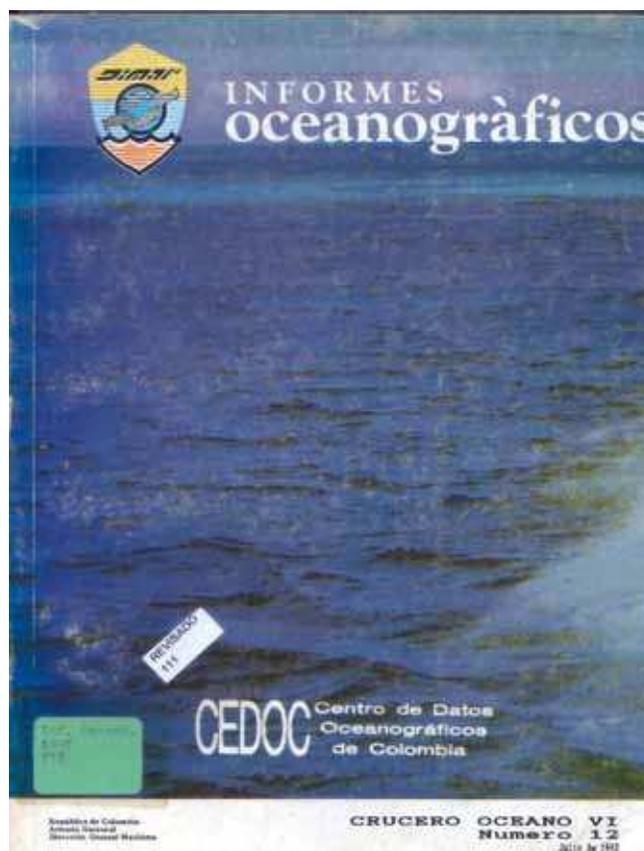


Figura 1.3. Informe del crucero oceanográfico de 1992 a nombre de Cedoc⁸.

inspector considerara pertinente.

Además, el Decreto 644 de 1990 planteó para los investigadores extranjeros la obligatoriedad, en un lapso posterior a un año, del envío de un informe de trabajo en idioma español debidamente procesado y/o editado con los resultados de la investigación, su evaluación y las conclusiones finales, así como las películas, documentales y fotografías. En la actualidad, los productores de datos pueden realizar la solicitud de inscripción en línea del registro de sus obras (Conjuntos de datos) definiendo los autores y/o transferencia de derechos a la luz del artículo 7 de la Decisión 351 de 1993 ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor⁷ del Ministerio del Interior y Justicia.

⁷Dirección Nacional de Derechos de Autor. Inscripción en línea de registro de obras, prestaciones, actos y contratos. <http://www.derechodeautor.gov.co>

⁸En este informe de crucero se puede apreciar la dedicatoria “Al señor Capitán de Navío Jaime Sánchez Rodríguez- Secretario General de la Dirección General Marítima, por su decidido apoyo y gestión para la reactivación del Centro de Datos Oceanográficos de Colombia” (Cedoc, 1992).

Dentro del aspecto funcional del centro de datos, finalizada la década de los setenta se identificaron unas funciones entre las cuales se encontraban su activa labor en el procesamiento de los datos, el archivo de estos y la generación de algunos productos (COI, 1975). Así los centros de investigación de Dimar desarrollaron un atlas cartográfico, graficaron comportamientos de perfiles verticales de temperatura, salinidad y oxígeno, entre otros parámetros; igualmente diseñaron e implementaron herramientas informáticas para la gestión de los datos; para ello se contó con personal especializado en informática y competencia en el procesamiento de datos marinos.

Entre 1985 y 1990 se redujeron significativamente las acciones del NODC y solo hasta 1992 su director Carlos Julio Lozano López, con más de 20 años como Coordinador del Centro de Datos y con el respaldo del Director General Marítimo Miguel Guillermo Ruan Trujillo y especialmente del Capitán de Navío Jaime Sánchez Rodríguez, Secretario General de Dimar, reactivó el NODC como el Cedoc de Colombia para consolidar la gestión de la información oceanográfica en los años venideros (Figura 1.3).

Debido a las condiciones técnicas del Cedoc en Dimar, en Bogotá, el Centro de Datos fue trasladado para 1999 al Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. A partir de este momento el NODC de Colombia operó desde Cartagena y recibía apoyo técnico del Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) -hoy Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico-, ubicado en Tumaco.

En el marco de los deberes y responsabilidades, el Centro de Datos en cabeza del IODE formuló una propuesta estratégica que posicionó la denominada Central de Datos (Cedat)

como plataforma del NODC colombiano y dio inicio al diseño y desarrollo de un sistema de información para la gestión de datos oceanográficos, hidrográficos y costeros, teniendo en cuenta los cambios tecnológicos y las necesidades de los usuarios de la época. Uno de los objetivos planteados por la Cedat fue la de disponer de datos e información oceanográfica recopilados desde 1969, los cuales se almacenaron en diversos medios y formatos (muchos de ellos ya eran obsoletos desde la pasada década). Estas consideraciones fueron expuestas en el proyecto Recuperación y Control de Calidad de los Datos Oceanográficos del IODE (Fase I) (Retrocean I), siguiendo las políticas de recuperación de datos e información histórica oceanográfica para los países de la región local⁹ (Castro y Molares, 2005).

En el año 2005 por decisión de Dimar (Oficio 4584 DIMAR-DILEM-326 de 14 de julio de 2005) se formalizó el traspaso de la responsabilidad de la Coordinación Nacional de Datos Oceanográficos por parte del ingeniero Carlos Parra del IODE al PhD. Efraín Rodríguez Rubio del CCCP¹⁰. Dentro de las responsabilidades transferidas se contempló el cumplimiento de sus funciones acorde a las especificaciones y recomendaciones del IODE, incluidas la recepción de datos provenientes de boyas y barcos a través de redes electrónicas con transmisión diaria y el procesamiento de los datos oportuno y efectivo. En este proceso de recepción de datos también se planteó un control de calidad por parte de los investigadores que entregaban los datos, así como la verificación de los estándares por parte del NODC y la necesidad de informar sobre los resultados de dicho control como parte de la garantía de calidad de la cadena de procedimientos que aseguran la consistencia de los datos oceanográficos (Dimar-IODE, 2005).

⁹*Sub-Commission for the Caribbean and Adjacent Regions*, por su acrónimo en inglés.

¹⁰Esta transferencia se materializó en Cartagena, según se estableció en el acta DIODE-ARTEC/05.



Figura 1.4. Modelo IBM 360/50 el cual era utilizado por el NODC mediante los servicios que prestaba Senco-DANE

(Fuente fotografía: <http://www.hist.uib.no/1801historie/ibm360.jpg>).

1.3 De los kilobytes a los terabytes en cuestión de manejo de datos oceanográficos

1.3.1 Hardware y software para el procesamiento de datos oceanográficos

Las instalaciones físicas del NODC colombiano fueron provistas inicialmente dentro del edificio principal de Dimar en Bogotá, donde fue dotado de mobiliario y equipos en el primer piso, específicamente en la oficina 114. Para la apropiación de tecnologías para el procesamiento de los datos de la Autoridad Marítima en Colombia se realizaron convenios con otras instituciones públicas para ofrecer una mínima capacidad técnica en el procesamiento de los datos. Así, desde 1972 se logró acceder a los equipos de cómputo con tecnología *mainframe* para mejorar la capacidad de procesamiento y contribuir a la generación de nuevos productos oceanográficos.

En esta primera década del NODC se esperaba mejorar la precisión y exactitud de los datos oceanográficos recopilados en los levantamientos oceanográficos. Los datos de SigmaT, anomalía del volumen específico, al-

tura dinámica, velocidad del sonido y demás valores interpolados, fueron procesados utilizando el aplicativo estándar de estaciones oceanográficas, desarrollado, empleado y facilitado para Colombia por el NODC de Estados Unidos. Este software ensamblado modularmente y cargable fue montado en las macrocomputadoras que se conocerían en la historia de las Ciencias Informáticas como de tercera generación. Estos equipos de procesamiento pertenecían al Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) y fueron utilizadas en el decenio del 70 por el Servicio Nacional de Computación (Senco) -dependencia del DANE, según Resolución 00983 del 17 de abril de 1972-, encargada del procesamiento electrónico de datos (DANE, 1987).

La entonces Dirección Marítima y Portuaria accedía desde esta época a los servicios prestados por Senco-DANE para la sistematización de los datos oceanográficos del NODC, puesto que el DANE contaba con centros de cómputo modernos de mayor capacidad y utilización, cuyo impacto y beneficio trascendían a los servicios ofertados dentro del sector público, cumpliendo así con sus funciones consistentes en "[...]velar por la racional utilización de los sistemas de información y de los equipos y servicios de procesamiento electrónico de datos que posean o adquieran los organismos del sector público, fomentar el desarrollo de la sistematización en el sector, ofreciendo técnicas avanzadas de procesamiento [...]" (DANE, 1987).

En materia de asistencia al NODC con equipos de computación (Tabla 1.1), por medio del DANE se contó a partir de 1972 con máquinas de cómputo como IBM 360/50, con sistema operativo OS/360 e IBM 370/145, con sistema operativo OS-VSI¹¹(1). Parte del decenio de 1980 se contó con un equipo para el procesamiento de datos *ITEL AS/5 JES*, bajo un ambiente de Múltiple Almacenamiento Virtual (OS/MVS) en salas de control climatizadas. Para tabular la información oceanográfica se utilizaron tarjetas perforadas, en las cuales por medio de una máquina lectora/

¹¹Multiple Virtual Storage, por su sigla en inglés.

perforadora se introducían los datos que ya habían sido revisados por el NODC. Los listados de datos oceanográficos de los primeros informes de cruceo eran ordenados en estas computadoras, basadas en arquitectura de datos de 8 bits (caracteres), que para entonces era tecnología de punta en materia de tratamiento y tabulación de datos. El modelo IBM 360/50 era utilizado en los NODC de Argentina y Japón, al igual que por el DNA de Finlandia (Figura 1.4).

Los cálculos de corrección de temperaturas y profundidades reales de la columna de agua en este período se realizaban con un software desarrollado en Fortran IV en el Centro de Datos. Además, en esta misma dé-

cada se implementaron mínimos controles de revisión y tabulación de los listados de los datos oceanográficos. Para ello, durante sus primeros años de funcionamiento el Centro de Datos de Colombia recibió asistencia técnica extranjera, especialmente del NODC/NOAA¹² de Estados Unidos, para implantar estándares y procedimientos de almacenamiento de datos oceanográficos y para el suministro de software para el cálculo de algunos parámetros oceanográficos (Landínez, 2007).

Para mediados de los años 70 el NODC contaba con una minicomputadora *in house*¹³ Wang 2200 VP, perteneciente a la generación de equipos que incluían una disquetera, disco duro extraíble, lector de tarjetas perforadas,

Tabla 1.1. Especificaciones de la computadora central o *mainframe* del Senco-DANE que prestaban su servicio al NODC en Colombia (Fuente: Senco-DANE 1972-1987).

Computadora	Memoria	Terminales	Discos	Cintas	Impresora	Lectora/Perforadora	Canales	Pantallas
IBM 360/50	256KB	--	4 discos magnéticos IBM 2311 (7 MB cada uno, 28 MB en total).	3 cintas 2314 con velocidad de transmisión de 30 KB/s.	1 impresora 1403 con velocidad de impresión de 750 líneas por minuto.	1 tarjeta perforadora 1442. 1 tarjeta lectora/Perforadora 2540.	2 canales selectores. <i>High Speed.</i> <i>Multiplexor</i> Tapes	1 pantalla CRT IBM 2550.
IBM 370/45	512KB	6 terminales remotas modelo 2780	4 discos IBM 3330 con velocidad de transferencia de 360 000 Bytes/s. Capacidad de almacenamiento de 400 MB.	4 Cintas 2401-V con velocidad de transmisión 120 000 Bytes/s.	2 impresoras 1403 modelo 2, con velocidad de impresión de 1100 líneas por minuto.	1 lectora/perforadora 2540 con velocidad de lectura de 1000 tarjetas por minuto y velocidad de perforación de 300 tarjetas por minuto.	2 canales selectores. <i>Word Buffer.</i> <i>Multiplexor.</i>	2 pantallas CRT IBM 2260, (una local y la otra remota).
ITEL AS5	8 MB	16 terminales remotas	2 discos 7330 10 con velocidad de transferencia de 808 KB/s. 100 MB/paquete.	14 discos 7330 11 con velocidad de transferencia de 808 KB/s. 200 MB/paquete.	Subsistema de discos fijos (16) 8675-C con velocidad de transferencia de 200 KB/s. 5080 MB 3175 MB/paquete.	8 cintas 7420 -88 1 de cinta 7420 77 con velocidad de transmisión (1250 KB/S a 6, 320 KB/S a 1, 160 KB/S a 1	3 impresoras ITELdocumentation1550. 1 modelo IM-PACT 1800 con velocidad de impresión de 1800 líneas por minuto. 2 seriales (C-352) con velocidad de impresión de 200 caracteres por segundo.	Pantallas Courier modelo 1700-22. Pantallas Courier modelo 2700-13. (Todas locales).

¹²National Oceanographic and Atmospheric Administration, por su sigla en inglés.

¹³Expresión en inglés que significa internamente o interno/a de la empresa.

lector de tarjetas apiladas, complementado con elementos periféricos para acceso, una impresora y un teletipo. La máquina Wang 2200 VP es quizás de los primeros equipos que más se asemejan a los actuales ordenadores. La asistencia técnica en este campo era solicitada por el NODC a los organismos de cooperación internacional, con el fin de “convertir la minicomputadora WANG 2200 VP en MVP para aumentar su memoria. Además, tres pantallas de comando para programación y proceso de la información” (COI, 1978b). Con la pretendida expansión de la memoria de la minicomputadora según el NODC en 1978 era posible un servicio de procesamiento de datos para más usuarios. Esta gestión se mediaba con financiamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con un costo aproximado US15000 (COI, 1978b).

En la década de 1980 se destacó el programa Condiciones Oceanográficas, que en el procesamiento de datos entre 1983 y 1984 utilizaba un computador Cromemco *System Three* del Departamento de Sistematización y Cómputo del IODE, desde donde se realizaron “los cálculos de correcciones de temperatura, conductividad a salinidad, profundidad y sigma T, realizados por medio de un programa desarrollado con el lenguaje Ratfor en el IODE” (Garay *et al.*, 1988). Para el cálculo de las concentraciones de oxígeno disuelto y nutrientes, entre otros parámetros, se utilizó a finales de la década de 1980 un computador Leading Edge de la División Técnica del IODE y los software Lotus y Anova (Parra-Rodríguez, 1991, p. 13).

Dentro las labores investigativas del programa para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN), al igual que para las demás expediciones científicas de la Autoridad Marítima, se contaba para finales de 1989 con equipos de cómputo de tratamiento de datos IBM-PC PS/2 TYPE 8525, estas máquinas disponían de las muy usadas disqueteras de 3¼ y 5½ de baja y alta densidad, desde los cuales se ejecutaban aplicaciones desarrolladas en lenguaje Fortran 77, por parte de Dimar-IODE. En el marco de estos estudios se utilizó

el computador ‘Hewlett Packard 85B (NOAA/ERL), el cual se comunicaba con el batitermógrafo expandible (XBT) para la adquisición de datos sobre la temperatura superficial y vertical del mar (Castillo y Vizcaíno, 1992).

En el manejo de datos oceanográficos en los años 90 se ejecutaron, entre otros, el sistema de gestión de bases de datos dBase III+, software aplicado como Surfer, Lotus 1-2-3, WordPerfect, el paquete PC-Ocean. Estos programas fueron los utilizados en 1991 en un curso de la COI-IODE sobre manejo de datos oceanográficos realizado por Dimar-Bogotá; en este espacio de formación se trabajaba bajo la disponibilidad de ocho ordenadores (AT) y dos impresoras, vinculados a una red de área local. De las recomendaciones de este curso se resaltó la importancia de difundir la capacitación y manejo de programas de hojas de cálculo como Excel y QPro, e igualmente sistemas operativos como el Windows 3.11. En cuanto a aplicaciones específicas para este período se compilaban soluciones informáticas en lenguajes de desarrollo como Clipper, Fortran y se concebía el uso para tabulación, almacenamiento en bases de datos dBase III Plus, al igual que se graficaba en programas como HPG (COI, 1991).

En la pasada década en el CCCP, en cuanto al procesamiento de datos e información biológica (entre ellos plancton y bentos) se utilizó una computadora Compaq Presario CDS 724 PC, con el paquete de software QPro y otro estadístico STST. En esta máquina se procesaron los datos e información de Oceanografía Biológica sobre la abundancia y la diversidad de las especies, esta información fue clasificada a través de QPro y las representaciones gráficas estadísticas se realizaron mediante el paquete Statgraphics, de acuerdo a la distribución, abundancia y profundidad de las muestras obtenidas (COI-OMM, 1984).

Por su parte, en el IODE el procesamiento y análisis oceanográfico a principios de los noventa aún se realizaba en computadores con las capacidades propias del microprocesador 80386 (de Intel, con arquitectura de 32 bits), los cuales contaban con velocidades de

procesamiento entre 16 y 40 MHz. Para 1995 el IODE incorporaba nuevos recursos en hardware, específicamente computadores de la quinta generación de la gama Pentium, con velocidades que variaban de 60 a 200 MHz. Estos equipos permitían un acceso a memoria 64 bits. Otro de los equipos implementados fue el AlphaStation, cuyo modelo 500/300 contaba con velocidades de procesamiento superiores a 300 MHz y contaba con una arquitectura de 64 bits. Para aquel período, al igual que para principios de la presente década, en el IODE se empezaron a utilizar software de apoyo para las tareas de análisis y tratamiento de datos oceanográficos como Arcview, Caris, PCI Geomatics, Statgraphics, Primer, Surfer, Grapher, Maplab y Matlab (Dimar-IODE, 1995).

Para la adquisición y posterior procesamiento de los datos oceanográficos medidos con perfiladores CTD¹⁴ y CTDO¹⁵ se usaba un computador de escritorio Compaq Presario 425, con el software Seasoft, este último es aún utilizado en los centros de investigación de Dimar. El programa empleaba el denominado SBE-Data Processing, el cual contiene un menú modular con rutinas de adquisición, despliegue, procesamiento y archivo de datos oceanográficos adquiridos con los equipos SeaBird para la plataforma operativa Win 95/98/NT/2000/XP (CCCP, 2004).

La evolución en el manejo de bases de datos oceanográficas se aprecia a principios de la década pasada, cuando se implementó en la Central de Pronósticos del IODE la denominada Oceamet, una base de datos que contaba con conjuntos de datos en formato ASCII, recopilados en Colombia a partir de estaciones meteorológicas del Instituto Colombiano de Meteorología y Adecuación de Tierras (Himat) y datos del NODC y JPL de Estados Unidos (Malaver, 1994).

Posteriormente, en 1996, el IODE inició el estudio e implementación de una aplicación informática enmarcada en el proyecto denominado Normalización de la Informa-

ción Oceanográfica e Hidrográfica Mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), planteado en varias fases. En 1997 se desarrolló la fase II del proyecto, sobresaliendo la identificación de las ventajas, capacidades y potencialidades de un SIG utilizando el SIG Caris y la base de datos Oceamet, con información recolectada en el crucero oceanográfico Océano V Áreas 2 y 3, de agosto de 1981. Todos estos esfuerzos apuntaban a facilitar la administración de los datos provenientes de los cruceros oceanográficos, e igualmente a proveer un marco para la estandarización y automatización de los procesos que resultaban de los análisis de las variables físicas (Benavides, 1998).

Para 1999, OceanData se perfiló como una de las aplicaciones informáticas bandera para la recopilación, almacenamiento y difusión de la información oceanográfica e hidrográfica en el plano nacional y como una estrategia para la conservación de datos colombianos en el plano internacional (COI, 1999). Esta herramienta manejaba un complejo modelo conceptual para cumplir con los requisitos de recepción y distribución de información nacional. Además, la incorporación de los productos oceanográficos e hidrográficos para los usuarios del IODE y la comunidad científica externa era uno de los objetivos específicos contemplados, al igual que el desarrollo de un prototipo de acceso a metadatos desde Internet. Otra estimación correspondía a una interface modular para el intercambio de datos e información marina y costera internacional dentro de la red IODE (COI, 2004) (Figura 1.5).

Para 2003 se planeaba registrar en OceanData gran parte de la información y datos recuperados de los cruceros oceanográficos realizados por Dimar en el Caribe y Pacífico colombianos. Sin embargo, a mediados de ese mismo año, el CCCP inicia un proyecto web denominado Central de Información Marina Colombiana (Cenimarc), desarrollado bajo la filosofía de software libre y que pretendía cu-

¹⁴Conductivity, Temperature, Depth, por su sigla en inglés.

¹⁵Conductivity, Temperature, Depth, dissolved Oxygen meter, por su sigla en inglés.



Figura 1.5. Página principal de acceso a OceanData (Fuente: IODE).

brir las necesidades particulares de los datos del Pacífico colombiano. Un año más tarde el CCCP presenta el primer prototipo funcional de Cenimarc, implementado por estudiantes de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, cuyo modelo conceptual se basa en tablas que clasifican los datos en Oceanografía Física, Oceanografía Química, Oceanografía Biológica, y Meteorología Marina y Costera, además propone una carga de datos basada en plantillas (CCCP, 2004).

Por esta razón en las mesas de trabajo del I Taller del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, se recomendó: “[...] definir la plataforma o base de datos teniendo en cuenta que el CCCP y el IODE han desarrollado dos plataformas con una misma finalidad”, en esta misma jornada se señaló la importancia de la “[...] compatibilidad entre las herramientas que manejan los datos”. En el ámbito de la estandarización de los formatos, el grupo reunido en el taller de Cecoldo en el IODE manifestó: “Existe el concepto de bases de datos distribuidas a partir de protocolos de transferencia como el XML y el Z39.50, pero antes de eso habría que estandarizar bases de datos y formatos de intercambio, ese es el acuerdo mínimo para empezar” (Cedat-Cecoldo, 2004).

Es así como en el marco de la Agenda Científica 2006-2010 se planteó el establecimiento del Seoce y se señaló la importancia de desarrollar e implementar sistemas de información para promover la reactivación del NODC de Colombia. Dimar entonces seleccionó la iniciativa Cenimarc para implementarse como repositorio del NODC colombiano. Así, para 2005 Cenimarc fue revaluado en cuanto a requisitos y componentes dentro de un marco de control de calidad basado en las banderas de calidad del *Ocean Data View* (Ortiz-Martínez y Rico-Lugo, 2006). Sin embargo, solo hasta el 2007 recibió el apoyo financiero necesario para adaptar el modelo entidad-relación existente al modelo del SIG-Dimar¹⁶, coyuntura que fue aprovechada para implementar los estándares, protocolos y servicios promovidos por el IODE (Ortiz-Martínez y Rodríguez-Rubio, 2007), base de los servicios que actualmente se desarrollan como son: el Catálogo de Metadatos Marinos ISO 19115, el Inventario de Cruceros Oceanográficos y el Servicio de Intercambio de Datos.

En síntesis, datos e información han sido procesados y analizados con la ayuda de equipos de cómputo, software especializado y de apoyo, junto a otras tecnologías utilizadas por más de 30 años en Cecoldo, Cedoc, Cedad y Cenimarc. Cientos de datos fueron almacenados en los centros de investigación marina de Dimar en formatos ASCII y hojas de cálculo, así como también en soportes manuscritos, impresos y en unidades externas digitales. A lo largo de la trayectoria del NODC, los conjuntos de datos e información oceanográfica fueron publicados en informes impresos con alguna periodicidad, presentándose los datos tabulados acompañados de gráficas y del resumen de los resultados. En la actualidad, con la práctica de la Política Institucional de Datos e Información Oceanográfica y de Meteorología Marina de Dimar se han reunido datos y metadatos estandarizados para el período 2004-2008, tanto de sus dos centros

¹⁶Las nuevas necesidades de las capitanías de puerto y centros de investigación marina de Dimar llevaron a replantear el modelo conceptual del SIG-DIMAR en el 2004 a fin de integrar las bases de datos alfanuméricas existentes.

de investigación, como de otras instituciones como Invermar, Universidad del Valle (Univalle), Fundación Yubarta y Fundación Malpelo (Dimar, 2008).

1.3.2 Tecnologías en comunicaciones para la transmisión y difusión de datos e información oceanográfica

La conectividad para la gestión de la información oceanográfica por parte de la Autoridad Marítima Colombiana ha pasado desde la telegrafía hasta la comunicación satelital. Para el caso puntual del NODC colombiano, en la década de los 70 la transmisión de los mensajes se hacía mediante una red telefónica conmutada que permitió enlazar equipos terminales para la transmisión de voz; posteriormente bajo este concepto se transportarían datos mediante la utilización de dispositivos como el fax o conexión a Internet mediante el módem acústico.

A partir de la década de 1980 en el centro de datos se consolidó el uso del dispositivo télex o teletipo bidireccional, con el cual se enviaban y recibían mensajes mecanografiados punto a punto a través de un canal de comunicación simple (a principios de los 80 el número de télex del NODC era 44421). La red interna de conmutación de Dimar permitía la transmisión de paquetes de datos por medio de teletipos que enviaban listados tabulados de datos e información oceanográfica hacia otras terminales que podían estar incluso fuera de la red interna. Adicionalmente, ante la posibilidad de convertirse en un centro de datos representante del Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos (IGOSS¹⁷), se preveía la importancia de la transmisión mediante dicha tecnología (COI-OMM, 1984).



Figura 1.6. Primera página web del IODE enlazada mediante el nodo cartagena.cetcol.net.co (Fuente: IODE).

En los 90, con el avance de las redes electrónicas, el intercambio de datos se convirtió en un proceso más rápido y efectivo. La red local de computadores presente desde hacía cerca de dos décadas en la sede central de Dimar, se concibió dentro del estándar *Ethernet* bajo el protocolo de comunicación TCP/IP¹⁸; entonces se pudieron compartir datos, información, recursos y dispositivos (CD-ROM, impresoras, etcétera). Igualmente, se posibilitaba el acceso a servicios como Internet¹⁹ y acceso remoto mediante *Telnet*; de la misma forma con la aparición del correo electrónico²⁰ se logró el envío más eficiente de mensajes y archivos adjuntos entre la comunidad interesada en los conjuntos de datos oceanográficos producidos por Dimar.

Una de las plataformas telemáticas que permitió el paulatino acceso de los centros de investigación marina de Dimar a Internet fue la Red Colombiana de Ciencia y Tecnología (Cetcol) creada por la Corporación InterRed²¹, la cual desde sus inicios brindó la

¹⁷*Integrated Global Ocean Services System*, por su sigla en inglés.

¹⁸*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*, por su sigla en inglés.

¹⁹La conectividad a Internet en Colombia se oficializó en 1994.

²⁰Las primeras cuentas de correo electrónico del Nodc colombiano utilizaron el dominio de los proveedores de internet (@col3.telecom.com.co, @col2.telecom.com.co).

²¹Colciencias e ICFES constituyeron la Corporación InterRed, una entidad de carácter privado, en la cual participaban como socios, además de las dos entidades promotoras, varias universidades, centros de investigaciones y diversas entidades del sector privado y público.



Figura 1.7. Primera versión del sitio web de Cedat (Fuente: IODE).



Figura 1.8. Segunda versión del sitio web del Cedat (Fuente: IODE).

posibilidad a instituciones involucradas con la ciencia, la educación y la tecnología en Colombia de conectarse a la red de redes. En 1996 la Armada Nacional de Colombia, con la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” (Enap), abanderó este proceso en el Caribe colombiano. Ese mismo año, varios miembros del IODE, encargados del manejo de datos oceanográficos utilizaron cuentas de correo electrónico (@cartagena.cetcol.net.co), ade-

más, se publicaron las primeras páginas web del IODE, accesibles desde cartagena.cetcol.net.co/IODE/IODE1.html (Figura). Posteriores versiones del sitio web, al igual que servicios basados en software libre como FTP²² y *webmail* estarían disponibles bajo el dominio IODE.org.co, desde 1999.

El primer sitio web del NODC conocido como Central de Datos Marina (Cedat-IODE), operativo desde el 2001 y hasta el 2007 bajo el enlace www.IODE.org.co/cedat/²³ se dividía en cinco secciones en las que se consignaban las funciones del NODC, así como los servicios, los proyectos de investigación, las entidades de apoyo y los eventos a realizarse en materia de gestión de datos e información oceanográfica (Figura 1.7). Desde este sitio podía accederse a datos del *World Ocean Database 2001*, pronósticos meteorológicos y el Atlas Aero-fotográfico, entre otros. La segunda versión del sitio (Figura 1.8) contaba con una sección en la cual se publicaban además las memorias de eventos relacionados con el NODC como el I Taller de Trabajo sobre el Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica de 2004²⁴. Asimismo, el sitio presentaba un listado de accesos a bancos de datos, información y productos en formato digital provenientes de proyectos y organismos internacionales.

1.4 Los centros documentales y bibliotecas relacionados con el nodc colombia

La gestión de la documentación técnico-científica oceanográfica por parte de la Autoridad Marítima Colombiana ha estado presente a lo largo de cuatro décadas. Dimar ha puesto a disposición de la comunidad de investigadores en Ciencias del Mar documentos y las colecciones bibliográficas para socializar el conocimiento marino por me-

²²File Transfer Protocol, por su sigla en inglés.

²³Central de Datos Oceanográficos. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. [Consulta: 1 de marzo de 2009]. <http://web.archive.org/web/20020806020842/www.IODE.org.co/cedat/>

²⁴I Taller de trabajo sobre el Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Cartagena de Indias, D. T. y C., 21 al 23 de julio de 2004. [Consulta 1 de marzo de 2009]. <http://web.archive.org/web/20040711184250/www.IODE.org.co/cedat/Eventos/tProgram.htm>

dio de bibliotecas, unidades de información y centros de documentación (en el IODE, CCCP, CCO y en su Sede Central).

Desde finales de la década del 70, el centro documental especializado en Ciencias Marinas relacionado con el NODC fue el Centro de Documentación Marítima (Cendomar), a cargo de la bibliotecóloga Martha Amparo Rodríguez Quijano en 1978. Para finales de este decenio, dentro de las actividades de Cendomar estaba la identificación de gran parte de las publicaciones de Ciencias del Mar en el país. Respecto a la información oceanográfica, explícitamente de los informes de datos oceanográficos, éstos eran publicados y compartidos con Cendomar desde el inicio de los 70 (COI, 1978a).

La COI y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por su sigla en inglés) en su visita a Colombia en 1978 monitorean y verifican las condiciones técnicas y metodológicas del acceso, gestión e intercambio de información y documentación en Colombia. Los organismos internacionales muestran su interés para que Cendomar asuma el rol de Centro Regional del Sistema de Información sobre Ciencias Acuáticas y Pesca (Asfis, por su acrónimo en inglés) para localibe. No obstante, pese a las capacidades del centro documental de Dimar descritas por la COI-FAO en cuanto a infraestructura tecnológica, personal especializado y apoyo institucional, el Centro Regional Asfis para localibe se estableció en la Universidad Nacional Autónoma de México, por razones de índole académico y ante las evidentes facilidades de esta entidad en cuanto a recursos bibliotecarios y de material (COI, 1978a).

Por tres décadas la CCO ha sido la entidad oficial para administrar la información y documentación proveniente de la COI para Colombia. Por tal razón, en ella pueden encontrarse documentos sobre Oceanografía y Meteorología Marina, al igual que material sobre ciencia y tecnología en el desarrollo

marítimo, Derecho Marítimo y pesca, entre otros. Este fondo bibliográfico temático está registrado a modo referencial en una base de datos, conservándose a su vez parte de la memoria institucional, en cierto grado proveniente de la hemeroteca (noticias) y de informes presentados en organismos internacionales.

El centro de documentación del IODE ha ofrecido por más de 30 años acceso a la información y a la documentación especialmente en las áreas de Oceanografía e Hidrografía, constituyéndose en la fuente documental de las investigaciones del IODE, de los estudiantes de Oceanografía Física de la Enap y de la comunidad académica del Caribe colombiano.

El intercambio inter-bibliotecario ha sido uno de los servicios básicos del centro documental del IODE y la adquisición de nuevos documentos y publicaciones recibidas por canje o donación para la colección bibliográfica ha sido una preocupación, al igual que para el CCCP. Por tal razón recientemente la biblioteca del CCCP fue objeto de un riguroso análisis y diagnóstico archivístico desarrollado por la Escuela de Historia de la Universidad Industrial de Santander (UIS)²⁵, que permitió identificar y valorar la documentación científica existente y producida por la Autoridad Marítima Colombiana en el Pacífico colombiano desde 1970 y el establecimiento del Centro de Documentación del CCCP (Figura 1.9). Los documentos digitales han sido recientemente recopilados, inventariados y dispuestos en bases de datos o en soportes DVD/CD-ROM, como es el caso de los boletines científicos de los centros de investigación de Dimar, los cuales fueron en su totalidad digitalizados.

A principios del presente siglo, al desempeñarse el IODE como NODC para Colombia, se concibió un proyecto de reactivación del Centro de Documentación (Cendo), buscando el intercambio interinstitucional con las diferentes unidades de información en el área de

²⁵Proyecto de grado para postularse como historiador de Juan Pablo Villamizar R. Identificación, Valoración y Creación del Centro de Documentación Histórico-Científico de la Autoridad Marítima Nacional en el Pacífico Colombiano durante el Período (1970-2004).

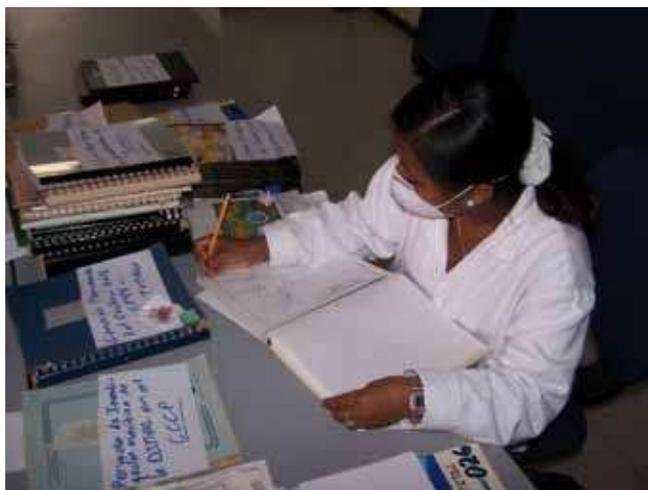


Figura 1.9. Aspecto de las actividades de diagnóstico de la producción histórico-científica del CCCP en 2008.

las Ciencias del Mar y disciplinas afines. Así, para el 2002 y mediante el apoyo de Odincarsa²⁶, Cendo entró a formar parte del directorio de la Asociación Internacional de Bibliotecas y Centros de Información en Ciencias Marinas (Iamslic), representando este hecho la posibilidad de acceder a las bibliotecas distribuidas por dicha entidad internacional.

En cuanto a las aplicaciones informáticas para el manejo y consulta de información documental, desde principios de los noventa el programa MicroISIS, desarrollado por Unesco, fue ampliamente utilizado por Dimar, la CCO y las bibliotecas del IODE y del CCCP. En los últimos años fue utilizada la adaptación de la herramienta para Windows llamada WinISIS y recientemente se ha incrementado la utilización de servicios en línea para publicar las referencias documentales de las colecciones de Dimar y de sus centros de investigación.

1.5 La participación de Colombia en programas regionales e internacionales

La participación de Colombia en el programa IODE-COI tiene sus inicios en la década del 70, actividad que incluyó la representación del país en las sesiones de la COI y en las reuniones de grupos de expertos, subgrupos especiales y grupos de trabajo del IODE (tablas 1.II y 1.III).

La participación de Colombia en las sesiones del programa IODE se dio hasta mediados del decenio de 1980. Posteriormente, la representación del NODC de Colombia disminuyó, no sólo en su representación internacional, sino también en su actividad como responsable nacional de la gestión de datos e información oceanográfica. Es hasta principios de 1996 cuando se reactiva la participación del país en las reuniones del IODE. En la XV sesión del comité IODE, el delegado nacional ofreció la posibilidad de acoger el V Taller Regional GODAR²⁷ en Colombia durante el segundo semestre de 1996. El Comité agradeció a Colombia por su ofrecimiento puesto que “el hecho de tener la GODAR-V Taller Regional en la región geográfica Caribe, no sólo atendería los objetivos del proyecto, también ayudaría a responder a las preocupaciones expresadas por los participantes de localibe-V, celebrada en Barbados (1995), sobre la falta de información sobre datos históricos en la región” (COI, 1996).

En el año 2000 Colombia fue partícipe del esfuerzo localibe-GODAR en una reunión realizada en Cartagena, en la sede de la Secretaría de localibe. Desde esta iniciativa regional se apoyaba la perspectiva ejecutora del proyecto GODAR en los países miembros, debido al entonces impulso renovado de localibe como cooperante en la implementación de las actividades IODE en la región, a través del centro de datos de Colombia. Para este fin, el IODE fue designado como punto focal para Colombia y Venezuela.

En ese mismo año, la representación nacional en los escenarios de cooperación del programa IODE se restableció con la participación del IODE de Dimar en la XVI sesión del comité IODE en Lisboa (Portugal). En esta reunión el Coordinador Nacional de Datos Oceanográficos señaló las dificultades que se venían presentando, asegurando que “su país ha estado experimentando una fase de recesión, que ha

²⁶*Ocean Data and Information Network for the Caribbean and South America*, por su sigla en inglés.

²⁷*Global Oceanographic Data Archaeology and Rescue*, por su sigla en inglés.

Tabla 1.II. Participación de Dimar en sesiones de la COI-IODE.

Sesión	Fecha	Año	Lugar	Representante	Institución
7. ^a	09-13 jul.	1973	New York, USA	Teniente de Fragata Alfonso Lozano J.	Dimar
8. ^a	12-17 may.	1975	Roma, Italia	Carlos J. Lozano L.	Dimar
9. ^a	15-19 ene.	1979	New York, USA	Carlos J. Lozano L.	Dimar
10. ^a	05-13 ene.	1981	Hamburgo, F.R. Alemania	Carlos J. Lozano L.	Dimar
11. ^a	09-18 ene.	1984	New York, USA	Carlos J. Lozano L.	Dimar
15. ^a	23-31 ene.	1996	Atenas, Grecia	Sigifredo Velandia	CCO
16. ^a	30 oct./9 nov.	2000	Lisboa, Portugal	Carlos Parra	Dimar

Tabla 1.III. Participación de Colombia en grupos de expertos de IODE.

Miembro Grupo/ Subgrupo	Reportes en Sesiones	Países	Representante NODC Colombia	Resultados
Subgrupo encargado de preparar guía para establecer un NODC. Establecido: VII Reunión (sesión) IODE. 9-13 jul./1973.	VIII Reunión IODE. 1975. Roma, Italia.	EE.UU., Canadá, Colombia, Noruega, Tailandia, Reino Unido	Teniente de Fragata Alfonso Lozano J.	Guía para Establecer un NODC. Unesco 1975.
Grupo Especial (<i>ad hoc</i>) sobre preparación de formularios. VII Reunión (sesión) IODE. 9 al 13 de julio de 1973.	VIII Reunión IODE. 1975. Roma, Italia.	Reino Unido, Canadá, Colombia, Francia, Alemania, Japón, Holanda, Pakistán, Suecia, EE.UU., UR.SS.	Teniente de Fragata Alfonso Lozano J.	Formulario General 2 de la COI (GF2). 1975. Formulario General 3 de la COI (GF3). 1979.
Subgrupo Programas Nacionales Declarados. Establecido: VII Reunión (sesión) IODE. 9 al 13 de julio de 1973.	VIII Reunión IODE. 1975. Roma, Italia	Suecia, URSS., EE.UU., Corea, Colombia	Teniente de Fragata Alfonso Lozano J.	Informe del Subgrupo sobre Programas Nacionales Declarados. 1975.
Grupo de Expertos para el Establecimiento de un Programa Piloto de Centros Nacionales Responsables de Datos Oceanográficos. (RNODC). Establecido: VIII Reunión (sesión) IODE. 12 al 17 de julio de 1975.	IX Reunión. IODE. 1979. New York, USA. X Reunión. IODE. 1981. Hamburgo, Alemania. XI Reunión. IODE. 1984. New York, USA.	EE.UU., UR.SS., Colombia, Japón	Carlos J. Lozano L.	Compilación de las Necesidades de los Programas RNODC. 1977. Reuniones del Grupo: I (5-8 oct. 1976). París/Francia. II (10-14, sep. 1979). Tokyo/Japón. III (20-23, ene 1981). París/Francia. IV (7-9, sep. 1982) Washington, D.C.

frenado las actividades del NODC” (COI, 2000). Pese a ello, el coordinador resaltó los esfuerzos del centro de datos en el restablecimiento de las asociaciones en el ámbito nacional y el impulso de iniciativas informáticas como el software OceanData, cuyas capacidades fueron demostradas durante dicha reunión.

En esta oportunidad se formalizó la propuesta conjunta para la región del Caribe y Sudamérica para el desarrollo de una red de cooperación para el manejo e intercambio de datos oceanográficos e información oceanográfica denominada ODINLAC²⁸, propuesta que llevaba varios años en estudio por parte de algunos coordinadores de datos de la región, entre ellos Colombia. Este proyecto fue avalado en el 2001 en la Asamblea de la COI, renombrándolo como actualmente se le conoce: Odincarsa (COI, 2003).

Este canal de comunicación de los países del Caribe y América del Sur con la COI y especialmente con el programa IODE, se empezó a consolidar en el NODC de Colombia con la participación del IODE en el 2001, durante el “I Taller de Planeamiento de Odincarsa”, efectuado en el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (Inocar). En el tema de gestión de datos, durante este primer encuentro de la red regional Colombia manifestó la necesidad de la aplicación de *“procedimientos, programas informáticos y la capacitación para el control de calidad de datos”* (COI, 2001). Asimismo, destacó la importancia de

contar con un centro de inter-calibración de equipos científicos oceanográficos en el país para atender las necesidades de localización y América del Sur. Otro requerimiento expresado por el delegado colombiano fue la adquisición del software para la implementación del Sistema Integrado de Gestión de Bibliotecas (Ilms) y el préstamo interbibliotecario por medios electrónicos²⁹ (COI, 2001).

A partir de la membresía en Odincarsa en Colombia se desarrollaron una serie de actividades de cooperación, divulgación y reconocimiento de la importancia del manejo de datos oceanográficos. Una de ellas fue la realización del I Taller de Trabajo sobre el Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica,



Figura 1.10. Participantes del I Taller de Trabajo sobre el Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica en el 2004 (Fuente: IODE).

a mediados de 2004, a cargo del IODE (Figura 1.10). En esta jornada de divulgación técnica y científica de la gestión de datos oceanográficos que contó con la participación de expositores

internacionales y nacionales, se destacó el compromiso del NODC ante el IODE, las ventajas de participar en la red Odincarsa y la importancia de mantener actualizados los inventarios de los datos nacionales.

1.5.1 Capacitación y transferencia tecnológica, un apoyo internacional.

Como contribución a la instrucción técnica, metodológica y conceptual, la mayor parte de la capacitación y transferencia tecnológica ofrecidas por el IODE y las

²⁸Ocean Data and Information Network for Latin America and the Caribbean, por su sigla en inglés.

²⁹Desde entonces se vislumbraban las posibilidades de establecer vínculos con Iamslic, por medio de una membresía conjunta de los países de Odincarsa. A partir de 2002, Colombia sería parte del Grupo Latinoamericano de Información de Iamslic, por medio de los centros documentales del IODE y del Invemar.

instituciones asociadas a este programa, se ha dado mediante cursos y talleres a países como Colombia, en vías de desarrollo, para el mejoramiento de sus procesos relacionados con la obtención, tratamiento, divulgación y utilización de la información oceanográfica (Tabla 1.IV).

El primer curso de formación al cual acudió un miembro del NODC tuvo lugar en Washington D.C. y se denominó Curso de Formación en Adquisición, Tratamiento y Utilización de Datos Oceánicos (segunda versión), en el marco del Grupo de Traba-

jo de la COI sobre Enseñanza, Formación y Asistencia Mutua (Tema). Este curso se dividió en varias fases durante seis meses, dentro de las cuales se destacó el componente de reconocimiento y adiestramiento instrumental en *Woods Hole Oceanographic Institution*, la cátedra académica en la Universidad de *Rhode Island* y una extensa temporada de práctica en análisis y tratamiento de datos oceanográficos en el NODC de Estados Unidos (COI, 1973).

Posteriormente, con el objetivo de promover la participación en el programa

Tabla 1.IV. Cursos en manejo de datos e información oceanográfica.

Curso de capacitación	Organizadores/ Coordinadores	Lugar	Fecha
Curso de Formación en Adquisición Tratamiento y Utilización de Datos	COI-IODE- (NOAA-NODC/USA).	Nueva York, USA	Sep. 1/mar. 72
<i>IOC Training Course. Reporte No. 5</i> Curso Mixto COI-OMM de Formación sobre el Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos.	OMM-COI-IODE-Ceado.	Buenos Aires, Argentina	15-26 oct./1984
<i>T.C. on applications of Satellites on remote sensing to marine studies.</i>	IODE, Iocaribe	Caracas, Venezuela	24-27 sep./1990
<i>IOC Training Course. Reporte No. 14.</i> Curso en Microinformática y Gestión de Datos Marinos en Centros de Datos Oceanográficos de los Países de Habla Hispana en la Región del Caribe.	IOC/Icaribe/Dimar/ CCO/Cedoc	Bogotá, Colombia	21-30 oct./1991
<i>IOC Training Course. Reporte No. 55.</i> Curso de Formación del IODE sobre la Gestión de Datos e Información Oceanográficos para los Países de Habla Hispana de América Central y del Sur.	COI-ODE/Fundación Universidad Federal de Rio Grande.	Rio Grande, Brasil	20-29 sep./1999
<i>IOC Training Course. Report No. 62. First ODINCARSA Training Course in Marine Data Management.</i>	IODE-Odincarsa/ Inocar	Guayaquil, Ecuador	20-31 may./2002
<i>IOC Training Course. Report No. 66. First ODINCARSA Training Course in Marine Information Management.</i>	IODE-Odincarsa/ Unam.	Mazatlan, México	29-04 oct./2002
<i>IOC Training Course. Report No. 75. Second ODINCARSA Training Course in Marine Data Management.</i>	IODE-Odincarsa/ Unam.	Cartagena, Colom- bia	13-17 oct./2003
Curso Colombiano Preparatorio en Manejo de Datos e Información Oceanográfica Odincarsa.	IODE-Odincarsa/ IODE/CCO	Cartagena, Colom- bia	6 -10 oct./2003
<i>IOC Training Course. Report No. 81. First ODINCARSA-II Data Management Training Workshop.</i>	IODE-Odincarsa/ IODE/Enap	Oostend, Bélgica	7-18 nov./2005

Curso de capacitación	Organizadores/ Coordinadores	Lugar	Fecha
<i>IOC Training Course. Report No. 85. Third ODINCARSA-I Marine Data Management Training Workshop.</i>	IODE/Odincarsa	Oostend, Bélgica	21-26 nov./2005
<i>Training Integrated Service and Spatial tools for Ocean and Coastal Area Management.</i>	IODE	Oostend, Bélgica	4-15dic/2006
<i>Training UNESCO Young Scientists Data Management.</i>	IODE/Flanders Marine Institute (VLIZ)	Oostend, Bélgica	Jun/2007

mixto del Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos (SGISO), un delegado del NODC participó en el curso ofrecido en el Centro Argentino de Datos Oceanográficos



Figura 1.11. Participantes del curso COI-OMM en el Ceado en 1984. (Fuente:http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=899).

(Ceado) en 1984 (Figura 1.11). Este curso de corta duración, financiado por Tema-COI y el programa sobre Educación y Formación de la Organización Meteorológica Mundial presentó las aplicaciones del SGISO en el campo de la Oceanografía y la Meteorología Marina Operacional. Del programa del curso se destacó la instrucción sobre recepción, archivo, codificación y control de calidad de datos marinos Bathy/Tesac, uso de tecnologías y técnicas de recepción de datos por sensoramiento remoto y la presentación de los servicios y productos IDPS (*Interfase Data Processing Segment*, por su

sigla en inglés), una red con el soporte de la NOAA (COI-OMM, 1984).

En 1991, locaribe y Dimar organizaron el Curso de Formación sobre Microcomputadoras y Gestión de Datos Marinos en Centros Oceanográficos de Países de Habla Hispana en la Región del Caribe, en las instalaciones de la sede central de la Autoridad Marítima Colombiana. El curso contó con la asistencia y participación del NODC entonces bajo la dirección de Carlos Lozano López. Las conferencias trataron temas relacionados con el funcionamiento y el establecimiento de NODC, aspectos del IODE relacionados con *National Oceanographic Programmes* (NOP, por su sigla en inglés), *Marine Environmental Data Inventory* (MEDI, por su sigla en inglés), *Cruise Summary Reports* (Roscop), el formato de intercambio GF-3 y el sistema para el tratamiento y presentación de datos oceanográficos Ocean-PC. Asimismo, se abordaron temas sobre tele-observación y detección de datos, procedimientos de control de calidad, sistemas de correo electrónico, sistemas expertos, microcomputadoras, sistemas de información marina y software de apoyo para la gestión de datos marinos (COI, 1991).

Casi una década más tarde se realizó en las instalaciones de la Fundación Universidad Federal de Rio Grande-Brasil (Furg) el Curso de Formación del IODE sobre la Gestión de Datos e Información Oceanográfica para los Países de Habla Hispana de América Central y del Sur. En este curso, organizado por Paul Geerders, se realizaron exposiciones temáticas y prácticas sobre las aplicaciones de las bases de datos relacionales, las hojas de cál-

Tabla 1.V. Cursos nacionales sobre el manejo de datos e información oceanográfica.

Curso	Instructor	Lugar	Fecha	Asistentes
Manejo de Datos Oceanográficos Acuerdo Metodología IODE-Unesco	Juan Gabriel Rueda Bayona	Tumaco	Ago. 2007	CCCP y Universidad de Nariño
I Curso Introductorio al Perfil de Metadatos Marinos ISO 19115.	Ruby Viviana Ortiz Martínez	Tumaco	Sep. 2008	CCCP, Invemar, Univalle, Fundación Yubarta, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y Universidad Nacional (Sede Medellín).
II Curso Introductorio al Perfil de Metadatos Marinos ISO 19115.	Ruby Viviana Ortiz Martínez	Tumaco	Sep. 2008	CCCP, Universidad del Cauca, Universidad del Tolima y Universidad de Antioquia.
III Curso Introductorio al Perfil de Metadatos Marinos ISO 19115.	Ruby Viviana Ortiz Martínez	Cartagena	Oct. 2008	IODE y Enap.

Tabla 1.VI. Reciente participación del NODC colombiano en eventos relacionados con Ciencias del Mar.

Fecha	Lugar	Nombre del evento	Título de la ponencia	Autores	Tipo
2007	Brasil	Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (Colacmar 2007).	Estandarización de los Formatos de Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos del Pacífico Colombiano	Ortiz-Martínez, R. y Rodríguez-Rubio, E.	Presentación oral en la modalidad de póster.
2008	Colombia	XIII Seminario Nacional de las Ciencias del Mar.	Implementación de Estándares Internacionales en el Manejo de Datos Oceanográficos y de Meteorología Marina en Colombia.	Ortiz-Martínez, R., Rodríguez-Rubio, E., Mogollón Díaz, A. y Rico-Lugo, H.	Presentación oral.
2008	Colombia	XIII Seminario Nacional de las Ciencias del Mar.	Metodología Archivística para la Recuperación de Información Histórica Oceanográfica Colombiana.	Hernández-Jaimes, J., Ortiz-Martínez, R. y Suárez-Pinzón, I.	Presentación oral.
2008	Grecia	<i>International Conference On Marine Data and Information Systems, IMDIS2008.</i>	<i>Implementation of International Standards for Colombian Oceanographic Data and Information Management Using Open Source Web Software. Case study.</i>	Ortiz-Martínez, R., Mogollón Díaz A. y Rico Lugo, H.	Presentación oral en la modalidad de póster.
2009	Ecuador	Conferencia Internacional sobre Cambio Climático, El Niño Oscilación del Sur y sus Impactos en la Región Pacífica Sudeste.	Parametrización de Bases de Datos Oceanográficas Colombianas como Apoyo al Estudio Regional del Fenómeno de El Niño.	Ortiz-Martínez, R. y Rico Lugo, H.	Presentación oral.

culo y editores de texto, los principios de la conversión de formatos, los procedimientos de control y evaluación de la calidad, SIG y sistemas de cartografía como Opplot, entre otras herramientas software. Entre las novedades de este curso estaban la instrucción en la elaboración de metadatos y los fundamentos en el diseño de páginas para Internet utilizando código HTML³⁰. Por Colombia, el experto invitado expuso las capacidades de OceanData como un caso ejemplar del avance en la búsqueda de una herramienta informática para la administración de los datos oceanográficos en los países de la región (COI, 1999).

Entre 2002 y 2007 se llevaron a cabo una serie de cursos-talleres sobre gestión de datos oceanográficos con el apoyo de la red Odincarsa, con lo cual se buscaba que los participantes latinoamericanos se convirtieran en multiplicadores del conocimiento en sus países de origen (Figura 1.12). El contenido programático de los talleres se basó en *OceanTeacher*, una herramienta pedagógica con una extensa recopilación de documentos sobre datos oceanográficos, formatos, software, manuales, protocolos y tutoriales.

A partir de 2005, en los cursos de formación de la red Odincarsa en cooperación directa con IODE, fue iniciado un segundo ciclo de formación de administradores de datos, con cambios metodológicos en los talleres. En esta nueva fase continuaba su participación el NODC colombiano, esta vez en el taller que se llevaba a cabo en la Oficina del IODE-COI en Oostende, Bélgica (Figura 1.13). La finalidad de este taller de formación consistió en realizar un seguimiento y estudio de las metodologías implementadas para el manejo y análisis de los datos oceanográficos de cada país, para lo cual se tocaron temas sobre manejo de información marina, colecciones de datos con propósitos especiales y conceptos de datos de biodiversidad.

Las más recientes capacitaciones registradas en el marco del programa IODE fueron desarrolladas también en Bélgica y se



Figura 1.12. Participantes del “*Second Odincarsa Training Workshop in Data Management*” realizado en Cartagena, Colombia en el 2003 (Fuente: IODE).



Figura 1.13. Curso desarrollado en Oostende, Bélgica en el 2005, en el que participó el actual Coordinador Nacional de Datos Oceanográficos, PhD. Efraín Rodríguez Rubio (Fuente: IODE).

enfocaron en el uso de aplicaciones de tipo espacial en Internet para el manejo de datos e información de zonas costeras como era el curso: *Integrated Service and Spatial tools for Ocean and Coastal Area Management*, en diciembre de 2006, y en el uso de formatos y software para el manejo de datos de Oceanografía Física como lo fue el ciclo formativo de Unesco *Young Scientists Data Management*, en el 2007 (Odincarsa, 2007).

³⁰*HyperText Markup Language*, por su sigla en inglés.

Estas últimas capacitaciones han sido de gran importancia para el NODC colombiano ya que han permitido formular y desarrollar el proyecto de reactivación del Centro de Datos aplicando estándares internacionales de intercambio, y la multiplicación del conocimiento adquirido mediante cursos ofrecidos en el país sobre el manejo de datos de Oceanografía Física y sobre el perfil de metadatos marinos del estándar ISO 19115, así como la presentación de trabajos en diferentes eventos nacionales y foráneos (tablas 1.V y 1.VI).

1.6 Conclusiones

Dentro de las iniciativas aunadas a la investigación oceanográfica en el país se encuentra la creación de Cecoldo, como un punto receptor y distribuidor de los datos oceánicos recopilados por Dimar, tanto en el Caribe como en Pacífico colombiano. Este centro de datos, establecido desde hace cuarenta años, es el intento histórico por parte de la Armada colombiana por centralizar el manejo de los bancos de datos marinos. No obstante, como se pudo constatar en el presente estudio, es un proyecto que no ha contado con la debida continuidad y ha presentado múltiples dificultades en su desarrollo y trayectoria.

1.7 Literatura citada

Alvarado, R. (1994). Historia de la Oceanografía en Colombia (Comisión Colombiana de Oceanografía, 25 Años Trabajando por la Creación de la Conciencia Marítima Nacional). En: *Memorias 25 años de la Creación de la Comisión Colombiana de Oceanografía, 1969-1994*. Bogotá. 132 pp.

Benavides, J. (1998). El Manejo de Datos Oceanográficos Mediante SIG Caris. Una Aplicación para Cruceros Oceanográficos dentro del Proceso de Normalización. En: *Boletín Científico IODE, (18):65-74*, Cartagena de Indias, Colombia.

Buedeler, W. (1957). *El Año Geofísico Internacional*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). 89 pp. [En línea]. [Consulta 10 de agosto de 2008]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001283/128396so.pdf>

Castillo, F. y Vizcaíno, Z. (1992). Los indicadores biológicos del fitoplancton y su relación con el Fenómeno de El Niño 1991-1992. En: *Boletín Científico IODE, (12):13-22*, Cartagena de Indias, Colombia.

Castro, W. y Molares, R. (2005). *Recuperación y Control de Calidad de Datos Oceanográficos IODE. Retrocean I: Informe Final del Proyecto*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-Dirección General Marítima, Cartagena de Indias, Colombia. 23 pp.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. (2004). *Central de Información Marina Colombiana (Cenimarc): Informe ejecutivo*. Centro Control Contaminación del Pacífico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tumaco, Colombia. 68 pp.

Central de Datos-Centro Colombiano de Datos Oceanográficos. (2004). *I Taller de Trabajo sobre el Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena de Indias, D. T. y C., 21 al 23 de julio de 2004. Sitio web. [En línea]. [Consulta 1 de marzo del 2009]. Disponible en: <http://web.archive.org/web/20040711184250/www.IODE.org.co/cedat/Eventos/tProgram.htm>

Centro de Datos Oceanográficos de Colombia. (1992). *Informes oceanográficos: Cruce-ro Océano VI. Número 12*, julio de 1992. Cedoc. República de Colombia. Armada Nacional de Colombia. Dirección General Marítima.

- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1973). Las actividades de formación en Ciencias del Mar y temas conexos de los organismos Icsi. Grupo de Trabajo de la COI sobre Enseñanza, Formación y Asistencia Mutua. Primera reunión (París 7-13 marzo de 1973) [En línea]. [Consulta 8 de febrero del 2009]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000027/002708sb.pdf>
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1975). *Guide for establishing a national oceanographic data centre*. IODE Manuals and Guides. [En línea]. [Consulta 2 de febrero del 2009]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=867
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1978a). Iocaribe country profiles. Joint IOC/FAO ASFIS Mission on IOCARIBE. Documentation and Information, June 1978. [En línea]. [Consulta 15 de marzo del 2009]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000321/032107eb.pdf>
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1978b). Proyectos sometidos para su inclusión en el Programa de Asistencia Voluntaria (COI-PAV). Comisión Oceanográfica Intergubernamental de Unesco). XI Reunión de la Asamblea (IOC-XI/14). París. [En línea]. [Consulta 17 de agosto del 2008]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000371/037133sb.pdf>
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1991). Curso de formación sobre microcomputadores y gestión de datos marinos en centros de datos oceanográficos de países de habla hispana en la región del Caribe. Bogotá, Colombia, 21-30 de Octubre de 1991. [En línea]. [Consulta 10 de abril del 2008]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000929/092996sb.pdf>
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1996). V Taller Regional para Estados Miembros el Caribe y América del Sur: Proyecto Global en Arqueología y Recuperación de Datos Oceanográficos. Informe de Reuniones de Trabajo No. 127. Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Cartagena, Colombia.
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (1999). *IODE Training on Oceanographic Data and Information Management for the Spanish-speaking Countries of Central and South America*, Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, RS, Brazil, 20-29 september 1999. [En línea]. [Consulta 10 de septiembre del 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=918
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (2000). *Committee on International Oceanographic Data and Information Exchange. Sixteenth Session (Lisbon, Portugal, 31 October-8 November 2000)*. [En línea]. [Consulta 29 de abril de 2008]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/>
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (2001). *First Planning Workshop for the "Ocean Data and Information Network for the IOCARIBE and South America regions (ODINCARSA)" IOC Workshop Report No. 177, UNESCO 2001. Hosted by Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Guayaquil, Ecuador, 24- October 2001*. [En línea]. [Consulta 10 de febrero del 2009]. Disponible en: <http://www.odincarsa.org/>
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (2003). *Historical overview of the IODE Programme between 1961 and 2003. Intergovernmental Oceanographic Commission*. [En línea] [Consulta 10 de Abril de 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=1205

- Comisión Oceanográfica Intergubernamental. (2004). *IODE National Report on Oceanographic Data Management and Exchange for Colombia. Eighteenth Session of the IOC Committee on International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE-XVIII) Oostende, Belgium, 26-30 April 2005*. [En línea]. [Consulta 10 de febrero del 2008]. Disponible en: http://iocunesco.org/hab/components/com_oe/oe.php?task=download&id=4276&version=1.0□=1&format=1
- Comisión Oceanográfica Intergubernamental-Organización Meteorológica Mundial. (1984). Curso Mixto COI-OMM de Formación sobre el Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos. Buenos Aires. [En línea]. [Consulta 10 de abril del 2008]. Disponible en:
http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=899
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1987). Edición Especial 15 Años Senco 1972-1987. No. 455. División de Edición del DANE. Bogotá. [En línea]. [Consulta 22 de marzo del 2009]. Disponible en: ftp://190.25.231.247/books/EDES15_1972-1987-455.PDF
- Diario Oficial. (1981). (No. 35720) Decreto No. 413 de 1981 (febrero 18) por medio del cual se modifica el Decreto No. 763 del 14 de mayo de 1969. Bogotá, jueves 12 de marzo de 1981. [En línea]. [Consulta 18 de septiembre del 2008]. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-103294_archivo_pdf.pdf
- Diario Oficial. (1984). (No. 36780) Decreto No. 2324 de 1984 (septiembre 18) por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria. Bogotá, 1 de noviembre de 1984. [En línea]. [Consulta 18 de septiembre del 2008]. Disponible en: <http://juris.col.banrep.gov.co:8080/CICPROD/BASIS/infjuric/normas/normas/DDD/DECRETO-23241984MINISTERIODEDEFENSANACIONAL/DECRETO23241984MINISTERIODEDEFENSANACIONAL.rtf>
- Diario Oficial. (1990). (No. 39.258) Decreto No. 644 de 1990 (marzo 23), del 25 de marzo de 1990, Ministerio de Defensa, por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto Ley 2324 de 1984, se establece el trámite de las solicitudes para realizar investigaciones científicas o tecnológicas marinas en los espacios marítimos jurisdiccionales colombianos y se dictan otras disposiciones. [En línea]. [Consulta 12 de enero de 2009]. Disponible en: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1990/marzo/23/dec644231990.pdf
- Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe-IODE. (1995). Informe Final Proyecto Actualización Equipos de Sistemas Cartagena: Coordinador-ejecutor: Carlos Parra.
- Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. (2005). Acta de Entrega Coordinación Centro Nacional de Datos Colombiano, 28 de septiembre de 2005 No. 816-DIODE-ARTEC. Cartagena de Indias, Colombia.
- Dirección General Marítima. (2008). Implementación de nuevas capacidades e interfaz amigable de la Central de Información Marina Colombiana (Cenimarc) para los centros de investigación de la Dirección General Marítima. Fase I/II. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Colombia. 23 pp.
- Garay, J., Castillo, F., Andrade, C., Aguilera, J., Niño, I., de la Pava, M., López, W. y Márquez. (1988). Estudio oceanográfico del

- área insular y oceánica del Caribe colombiano-Archipiélago de San Andrés y Providencia y cayos vecinos-. Boletín Científico IODE, (9):3-73.
- Landínez, J. (2007). Reconstrucción de la Historia de los Cruceros Oceanográficos en el Pacífico Colombiano durante el Período 1970-2004. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Dirección General Marítima. Trabajo de grado para optar al título de historiador. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Historia, Bucaramanga, Colombia.
- Levitus, S., Sato, S., Maillard, C., Mikhailov, N., Caldwell, P. y Dooley, H. (2005). *A Brief History of Ocean Data Management*. In: *Building Ocean Profile-Plankton Databases for Climate and Ecosystem Research*. NOAA Technical Report NESDIS 117, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE National Oceanic and Atmospheric Administration. [En línea]. [Consulta 12 de marzo de 2009]. Disponible en: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1990/marzo/23/dec644231990.pdf
- Malaver, O. (1994). Actividades Institucionales en Materia Oceanográfica (La Investigación Oceanográfica Síntesis de su Desarrollo y Logros). En: *Memorias 25 años de la Creación de la Comisión Colombiana de Oceanografía, 1969-1994*. 132 pp. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Defensa Nacional de Colombia. (1990). Decreto 644 DE 1990 (marzo 23), Diario Oficial No. 39.258, del 25 de marzo de 1990, por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto Ley 2324 de 1984, se establece el trámite de las solicitudes para realizar investigaciones científicas o tecnológicas marinas en los espacios marítimos jurisdiccionales colombianos y se dictan otras disposiciones. [En línea]. [Consulta 12 de enero de 2009]. Disponible en: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1990/marzo/23/dec644231990.pdf
- Odincarsa. (2007). Se prepara la reactivación del Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica (Cecoldo); Compromiso con la capacitación. En: Odincarsa-IODE, Boletín No.11. [En línea]. [Consulta 22 de mayo del 2009]. Disponible en: http://www.naylamp.dhn.mil.pe/noticias/odincarsa/NEWSLETTER_ODINCARSA-DIC2007.pdf
- Ortiz-Martínez, R. y Rodríguez-Rubio, E. (2007). Arquitectura base para el intercambio de datos oceanográficos colombianos. *Boletín Científico CCCP* (14):3-18.
- Ortiz-Martínez, R. y Rico-Lugo, H. (2006). Herramienta software para la administración de la información marina y costera colombiana. *Boletín Científico CCCP* (13):3-16.
- Parra-Rodríguez, W. (1991). Análisis de las condiciones fisicoquímicas del Pacífico colombiano como un aporte al estudio del Fenómeno de El Niño (ERFEN). Crucero Pacífico XII-ERFEN IX marzo-abril 1988. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Dirección General Marítima. Trabajo de grado obtenido no publicado. Bogotá, Colombia.
- Sánchez, J. (1994). Historia de la Oceanografía en Colombia (Recuerdos para una Historia). En: *Memorias 25 años de la Creación de la Comisión Colombiana de Oceanografía, 1969-1994*. 132 pp.

Capítulo II INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS



Maniobra con roseta muestreadora a bordo del buque ARC “Malpelo”, crucero oceanográfico Pacífico XLVII-ERFEN XLIVI.

Capítulo II

Introducción a la gestión de datos oceanográficos

Introducción

- 2.1 Gestión de datos oceanográficos
 - 2.1.1 Principios
 - 2.1.2 Responsabilidades
- 2.2 Buenas prácticas y estándares internacionales
 - 2.2.1 Disciplinas
 - 2.2.2 Instrumentación oceanográfica
 - 2.2.3 Plataformas oceanográficas
 - 2.2.4 Diccionario de parámetros
 - 2.2.5 Estándar para la representación de parámetros de fecha y hora
 - 2.2.6 Estándar para la representación de coordenadas geográficas
 - 2.2.7 Estándar para nombres de países
 - 2.2.8 Pruebas de calidad
- 2.3 Conclusiones y estrategias
- 2.4 Literatura citada

RUBY VIVIANA ORTIZ MARTÍNEZ¹

¹ Administradora de Tecnologías de la Información. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (Dimar-CCCP). San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.

www.cccp.org.co / rortiz@dimar.mil.co / rubyvi@hotmail.com

Citar este capítulo como:

Ortiz-Martínez, R. (2008). Introducción a la gestión de datos oceanográficos. En: Dimar (Eds.). Gestión datos e información oceanográfica colombiana. (pp. XX-XX). Bogotá: Editorial Dimar.

Introducción

Dimar fue reconocida por el programa para el IODE de la COI como NODC desde 1969, como tal ha asumido la responsabilidad de generar, distribuir y conservar los datos oceanográficos en Colombia. Cabe anotar que el cuadro de la investigación científica marina ha cambiado drásticamente desde entonces, así por ejemplo, la misión básica de un NODC como fue concebida originalmente era la de reunir los datos que recopilaban los centros para beneficio de sus propios proyectos de investigación (IOC, 1997); la calidad de los datos se basaba en sencillas pruebas y procedimientos, y los proyectos de investigación eran generalmente de alcance local o regional.

Hoy los proyectos de investigación tienen un alcance global y un centro de datos oceanográficos se convierte en un receptor de todo tipo de datos provenientes de diferentes fuentes; con los avances tecnológicos se recopilan datos en tiempo real desde plataformas como satélites, boyas de deriva, etcétera.; esto ha incrementado el volumen de los datos, haciendo que su administración sea mucho más compleja que en el pasado.

Adicionalmente, los datos fluyen cada vez más de acuerdo a calendarios operacionales de recopilación *in situ* y son suministrados a diferentes clases de usuarios, desde científicos, pasando por pronosticadores, modeladores, operadores de buques, fuerza pública y trabajadores de la industria pesquera, entre otros.

Recíproco a estos requerimientos y a las nuevas demandas de la comunidad, hoy existe una amplia gama de actividades dirigidas a la gestión de datos que deben ser realizadas por los países teniendo en cuenta los compromisos con proyectos de impacto global como el cambio climático. En este marco y teniendo en cuenta el impacto de la labor de un administrador de datos oceanográficos en el proceso de investigación científica marina, este capítulo busca orientar a quienes inician

su labor relacionada con dicha gestión, contribuyendo de esta manera con la aplicación de principios, términos, roles, estándares, buenas prácticas y estrategias más comúnmente asumidas en este campo.

2.1 Gestión de datos oceanográficos

El glosario de términos de la librería Mulford de la Universidad de Toledo define la gestión de datos como el conjunto de habilidades y técnicas usadas tanto para identificar brechas en el conocimiento, como para seleccionar y utilizar recursos apropiados para encontrar información de calidad para llenar dichas brechas. Esta gestión de datos e información, también referidos como *information literacy* o *life-long learning*, son definidos técnicamente en la guía de la Base de la Gestión de Datos del Conocimiento Dama-Dmbok (*Data Management Body of Knowledge*) como “...el desarrollo, la ejecución y la supervisión de planes, políticas, programas y prácticas que controlan, protegen, distribuyen y aumentan el valor de los activos de datos e información”.

Puntualmente, en el ámbito de las Ciencias del Mar IODE (2007) señala que la gestión de los datos oceanográficos ayuda a entender y a proteger el ambiente marino; la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, por su sigla en inglés) amplía en su cita del Estamento del Océano de 2005 que “...la comprensión del océano es más que una cuestión de curiosidad, se requiere de la exploración, la investigación y el estudio para entender mejor los sistemas y los procesos del océano”.

Con estas contribuciones, desde el punto de vista de las TIC podría deducirse que la gestión de datos e información oceanográfica es un proceso estratégico dentro del dominio de las Ciencias del Mar, que determina el futuro aprovisionamiento de información para los investigadores de dicha área. En general, es un proceso que implica planeación, desarrollo, puesta en marcha y administración de

los sistemas para la adquisición, control de calidad, almacenamiento, publicación, conservación y recuperación de datos históricos oceanográficos.

Así, partiendo de la premisa de que la gestión de datos tiene potencial económico y del conocimiento, con la ventaja agregada de una contribución a la gestión de los océanos (IOC, 2007), en Colombia la gestión de datos e información oceanográfica reviste gran importancia por diversas razones, porque apoya, entre otras, la exploración del comportamiento de los espacios marítimos, costeros, oceánicos e insulares del país, así como la interacción océano-atmósfera; la explotación adecuada de recursos hídricos, pesqueros, mineros y energéticos, la producción de oxígeno, etcétera; los estudios sobre el impacto de fenómenos naturales como eventos de tsunami y El Niño, los cuales afectan principalmente las costas del Pacífico, y anomalías meteorológicas, como son los huracanes en el Caribe.

Por todas estas razones, en el último decenio en el país se ha incorporando masivamente el uso de las TIC a la cadena de suministro de datos e información oceanográfica, acompañado de la formación de talento humano especializado y del desarrollo de capacidades en instrumentación y plataformas, con el fin de producir información oportuna y confiable para la comunidad y para enfrentar los retos que plantean los programas globales y los experimentos internacionales de ciencia.

A continuación se presentan una serie de principios y responsabilidades propios de la gestión de datos e información oceanográfica, tanto particulares, como para el país.

2.1.1 Principios

Existen varios decálogos de principios que rigen la gestión de datos e información en general, sin embargo, podrían definirse cinco principios rectores de la gestión de datos e

información oceanográfica para Colombia:

Disponibilidad. Los datos e información oceanográfica son imprescindibles para entender el océano, para la explotación y la adecuada gestión de sus recursos, por ello deben estar disponibles para todos, siempre, dondequiera y de manera apropiada.

Acceso. La accesibilidad implica la facilidad con la cual los usuarios obtienen la información, y siendo los datos oceanográficos recursos valiosos para la comunidad, se requiere que, al igual que su fuente, estos puedan encontrarse y accederse fácilmente.

Eficacia. Los datos y la información oceanográfica deben publicarse oportunamente para maximizar su utilidad en la toma de decisiones. Este principio consiste en remover barreras y evitar procedimientos administrativos que dificulten el acceso oportuno a estos. Para permitir la distribución eficaz de este activo es indispensable establecer políticas, procedimientos y estándares nacionales que rijan la gestión y el acceso a los datos e información oceanográfica, tanto en el corto como en el largo plazo.

Calidad. La calidad de los datos e información oceanográfica debe ser la mejor, por cuanto debe cubrir las necesidades por las cuales fueron recolectados, y representar claramente y con suficiente detalle los datos. Para ello se deben definir procedimientos y adoptar estándares que necesitarán ser supervisados por los productores, de modo que se asegure la exactitud y la integridad de los datos que se publican.

Transferencia. Los requerimientos de acceso a datos e información oceanográfica deben suplirse con la implementación de servicios y sistemas que hagan uso de las TIC; así mismo, el desarrollo de infraestructuras nacionales y regionales contribuye a la transferencia del conocimiento y de la tecnología entre países desarrollados y países en vía de desarrollo.

2.1.2 Responsabilidades

Son múltiples las actividades relacionadas con la gestión de datos oceanográficos que asume Colombia en el marco del compromiso internacional IODE-COI, y éstas pueden resumirse del IOC-IODE (2008), como sigue:

- Recibir datos marinos de los programas nacionales, regionales e internacionales.
- Verificar la calidad de los datos, usando estándares reconocidos internacionalmente.
- Asegurar la preservación a largo plazo de los datos y de la información asociada requerida para la interpretación correcta de los datos.
- Hacer que los datos estén disponibles para todos.

Adicionalmente, y para dar más claridad sobre el alcance de las responsabilidades nacionales e internacionales, pueden especificarse las siguientes actividades que se encuentran a cargo de un Centro Nacional de Datos e Información Oceanográfica:

Como responsabilidades nacionales:

- Recibir datos de la manera tradicional, realizar control de calidad, archivarlos y entregarlos a petición.
- Recibir datos provenientes de boyas, buques y satélites vía redes electrónicas con una periodicidad diaria; procesarlos inmediatamente y proporcionar salidas para variadas investigaciones y dirigidas a usuarios pronosticadores, encargados de experimentos, o para otros centros con los que se participe en la gestión de datos.
- Divulgar los resultados del control de calidad directamente a los receptores de datos como parte de la garantía de calidad del sistema de intercambio.
- Participar en el desarrollo de planes para el manejo de datos y el establecimiento de

sistemas para apoyar experimentos importantes, de monitoreo y para la asesoría de la industria pesquera.

- Procesar y publicar datos en Internet y en discos compactos como CD-ROM.
- Publicar estudios estadísticos y atlas de variables oceanográficas.
- Definir indicadores de gestión para los servicios de intercambio de datos.

Como responsabilidades internacionales:

- Participar en el desarrollo de estándares internacionales y de métodos para la gestión de datos con el programa IODE y la Comisión Técnica Conjunta de Oceanografía y Meteorología Marina (Jcomm³¹).
- Participar en el intercambio internacional de datos e información a través del IODE y Jcomm.
- Asistir con aspectos sobre el manejo de datos de los programas globales y regionales o proyectos pilotos, a través de IODE, Jcomm y de la plataforma del Plan Estratégico para el Manejo de Datos e Información Oceanográfica IOC 2008-2011.
- Operar como un centro de datos y de control de calidad que hace parte de un experimento internacional de ciencia.

2.2 Buenas prácticas y estándares internacionales

Para que una institución se introduzca en la gestión de datos oceanográficos es necesario empezar por aplicar buenas prácticas y estándares internacionales en el proceso de producción de datos e información, de esta manera se aprovecha la experiencia que otros centros de datos y organizaciones de reconocida trayectoria han acumulado a través de los años. ICES, COI y la Organización Meteorológica Mundial (WMO³²), por ejemplo, han evaluado y definido estándares para favorecer y facilitar el intercambio de conocimiento del ambiente marino en todos los niveles (nacional, regional y global).

³¹ Joint WMO-IOC Technical Commission on Oceanography and Marine Meteorology, por su acrónimo en inglés.

³² World Meteorological Organization, por su sigla en inglés.

En este contexto y antes de exponer algunas generalidades acerca de las buenas prácticas y estándares aplicables a todas las disciplinas de los datos oceanográficos, por contribuir a la caracterización básica que requiere todo usuario sobre los conjuntos de datos recolectados, es indispensable la apropiación de términos comúnmente utilizados en el argot del manejo de datos oceanográficos; en tal sentido, la Política de Intercambio de Datos Oceanográficos adoptada en la Resolución XXII-6 IOC-XXII-6 durante la sesión número 22 de la Asamblea de la COI, menciona aquellos términos en los cuales pueden clasificarse los recursos de información oceanográfica, a saber:

Datos. Son “observaciones oceanográficas” (traducido de IOC, 2003), es decir, son observaciones o mediciones de las propiedades físicas, químicas, biológicas, atmosféricas, geológicas, etcétera del océano, costas y áreas insulares. Asimismo, la colección de observaciones sobre una o más características de interés para la investigación marina conforma los denominados *Marine datasets* o conjuntos de datos oceanográficos.

Metadatos. Son “datos acerca de los datos” (traducido de IOC, 2003) que describen el contenido, calidad, condiciones de intercambio, distribución temporal y geográfica, entre otras características de los datos. Los metadatos documentan las propiedades de los conjuntos de datos oceanográficos.

Productos. Hacen referencia al “valor agregado que adquieren los datos al ser aplicados a un propósito particular” (traducido de IOC, 2003), como por ejemplo: los mapas temáticos, la documentación científica (Ej.: tesis de grado, artículos, libros, atlas, etcétera).

Este capítulo enfoca su atención al manejo de conjuntos de datos oceanográficos, de manera que con la aplicación de buenas prácticas

estos se clasifiquen y almacenen adecuadamente, y además se les apliquen normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO³³) para facilitar su intercambio.

2.2.1 Disciplinas

Los estudios en Ciencias del Mar se basan tradicionalmente en datos recopilados *in situ* en el ambiente marino, aunque la aplicación de la tecnología de percepción remota y la modelación numérica representan también una fuente de datos oceanográficos. Estos datos tienen una correspondencia con cada una de las ramas de estudio de la Oceanografía y de las disciplinas relacionadas con ésta, como son la Hidrografía, la Hidrología, la Limnología, la Meteorología y las Ciencias Ambientales, entre otras.

En este orden de ideas y teniendo en cuenta las disciplinas de los datos que presenta COI en la edición de 1991 del ‘Manual sobre el Intercambio de Datos Oceanográficos’ y las disciplinas de los parámetros de la Infraestructura Europea para el Océano y la Gestión de Datos Marinos (SeaDataNet⁴), los datos oceanográficos pueden agruparse en dominios o disciplinas, así:

Oceanografía Biológica. Este dominio incluye los datos recopilados para el estudio del conjunto de especies de plantas y animales presentes en los océanos y su interacción ecológica. Son ejemplos de este dominio los datos sobre plancton, necton, reptiles, aves y mamíferos marinos. Específicamente para pesca pueden mencionarse aquellos relacionados con la morfología y taxonomía de los peces, así como la abundancia de estos por unidad de volumen en la columna de agua, productividad primaria, pigmentos, etcétera.

Oceanografía Química. Los datos pertenecientes a esta disciplina son utilizados para estudios de la química del océano, tales

³³ *International Organization for Standardization*, por su sigla en inglés.

como: ciclos biogeoquímicos, metales traza, nutrientes, gases disueltos, fosfatos, silicatos, alcalinidad, pH, entre otras mediciones.

Medio ambiente. En este dominio se agrupan los recursos de información relacionados con las actividades del hombre que tienen un efecto sobre el medio marino. Algunos ejemplos de este dominio son los parámetros que tienen que ver con la contaminación antropogénica (indicadores de la calidad del agua, contaminación por hidrocarburos, descargas industriales, etcétera.), calidad y caracterización del hábitat, y las actividades humanas (industria, transporte marítimo, etcétera).

Oceanografía Geológica. A esta disciplina pertenecen los datos útiles en los estudios geológicos del suelo marino, ambientes costeros (litoral) y procesos geológicos. Como ejemplos pueden mencionarse los datos obtenidos a partir de muestras de dragado y las mediciones del fondo marino realizadas con ecosonda.

Oceanografía Física. Esta disciplina agrupa el estudio de las propiedades físicas del océano y enmarca parámetros relacionados con acústica, corrientes, propiedades ópticas, nivel del mar, oleaje, temperatura y salinidad del cuerpo de agua, entre otras.

Atmósfera. Los datos provenientes de la interacción océano-atmósfera y que están estrechamente ligados a los estudios relacionados con el calentamiento global y otras temáticas relacionadas con la biosfera, se agrupan en esta disciplina también conocida como Meteorología Marina. Dentro de este dominio se encuentran datos sobre precipitación, radiación solar, evaporación, humedad relativa, etcétera

Suele encontrarse una combinación de dominios, como por ejemplo Oceanografía Geofísica, en el que encajan los datos provenientes de las propiedades geotécnicas de identificación (granulometría) y de estado (humedad

específica, porosidad, densidad seca, grado de saturación y humedad natural).

Bajo intereses más particulares han surgido disciplinas que agrupan los datos oceanográficos de forma más específica; así, por ejemplo, los datos utilizados en estudios relacionados con el comportamiento del sonido en el océano son materia de la Oceanografía Acústica y aquellos relativos a la luz en el océano corresponden a la Oceanografía Óptica.

Para finalizar, muchos centros de datos oceanográficos utilizan el dominio Administración y Dimensiones, el cual vincula parámetros relacionados con los metadatos de los conjuntos de datos tales como: referencia espacial y temporal, información sobre plataformas o instrumentos (Ej.: recorrido, dirección, velocidad), banderas de calidad, entre otros.

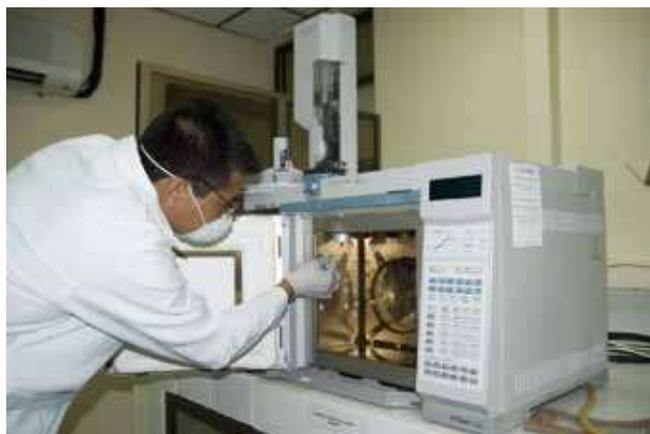
2.2.2 Instrumentación oceanográfica

Para recopilar datos oceanográficos los técnicos y profesionales de las Ciencias del Mar cuentan con numerosas y variadas metodologías, plataformas e instrumentos para todas las disciplinas; algunos muy sencillos, otros muy exactos y confiables, otros absolutamente complejos. Los instrumentos más comúnmente usados para recopilar datos oceanográficos pueden clasificarse básicamente en tres grupos, a saber:

Instrumentos de medición. Dotados de sensores, son utilizados para realizar mediciones de muestras obtenidas en el ambiente marino (agua, atmósfera o suelo), ejemplos de estos instrumentos con sus respectivos parámetros de medición se ilustran en la Tabla 2.1. Adicionalmente, en la Figura 2.1 se aprecia el cromatógrafo de gases acoplado a detector selectivo de masas, instrumento de medición utilizado en laboratorio para el análisis de muestras de aguas marinas y estuarinas, para la separación y cuantificación de sustancias volátiles e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP) en aguas, sedimentos y organismos.

Tabla 2.1. Ejemplos de instrumentos de medición utilizados en Colombia por Dimar-CCCP.

Instrumentos	Parámetros
OBS	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de sedimentos en suspensión, turbidez. • Temperatura superficial del mar (TSM) y salinidad.
Correntómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitud y dirección de la corriente.
Boya de oleaje	<ul style="list-style-type: none"> • Altura, dirección y velocidad de la ola.
Mareógrafo	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel del mar.
Unidad automática de titulación	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis volumétricos/oxígeno disuelto, DBO5, cloruros, calcio, dureza total, materia orgánica total y disuelta, alcalinidad total, pH.
Termohidrógrafo	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del aire y humedad.

**Figura 2.1.** Cromatógrafo de gases acoplado a detector selectivo de masas, instrumento de medición para la adquisición de datos sobre contaminación marina.

Instrumentos de muestreo. Utilizados para recoger muestras de agua, de sedimentos y de organismos del ambiente marino. La botella Niskin es un buen ejemplo de un muestreador de agua y las redes estándar de plancton de muestreadores de organismos. En la Figura 2.2 se observan un arreglo de botellas Niskin, también conocido como roseta muestreadora, disponible en la plataforma oceanográfica ARC “Providencia” de Dimar.

Instrumentos de observación³⁵. Útiles para captar las cualidades o características del océano o de la atmósfera, con el fin de obtener un valor aproximado de estas. En el

campo biológico los instrumentos de observación magnifican los ambientes marinos, ya que son excelentes para ver detalles pequeños que con el ojo humano no sería posible obtener, ejemplos de estos son: cuenta colonias, estereoscopios, microscopios compuestos, microscopios invertidos y binoculares (Figura 2.3), anemómetro manual y disco de Secchi (Figura 2.4), entre otros.

Algunos instrumentos pueden ser clasificados al mismo tiempo de medición y muestreo, el ejemplo más común lo constituye el CTD, ya que puede hacer mediciones continuas de varios parámetros de Oceanografía Física y aprovechar otros aditamentos para recopilar muestras de agua mientras desciende a través de la columna de agua. Ya en el laboratorio, las muestras analizadas arrojan datos de oxígeno, pigmentos, metales, etcétera, según el aditamento utilizado.

2.2.3 Plataformas oceanográficas

ICES define una plataforma como “un vehículo, estructura u organismo capaz de llevar instrumentación científica o herramientas para la recolección de muestras físicas, químicas o biológicas” (traducido de ICES, 2008). Lowry (2008), en el foro sobre Estándares para la Gestión e Intercambio de Datos Marinos IODE/Jcomm (realizado en Oostende,

³⁴ Financiada por la Unión Europea (EU), SeaDataNet fue desarrollada para manejar y normalizar un gran volumen de datos heterogéneos y asegurar el acceso a estos mediante un sistema virtual único de gestión de datos marinos.



Figura 2.2. Maniobra para la recolección de muestras de agua en el océano Pacífico colombiano, por medio de la roseta muestreadora, a bordo del buque oceanográfico ARC “Providencia”.



Figura 2.3. Avistamiento de cetáceos a ojo desnudo y con binoculares, desde una plataforma oceanográfica.

Bélgica, 2008), menciona algunas características de este término señalando que “un ‘tipo de plataforma’ es una manifestación física de una plataforma y una ‘categoría de plataforma’ es un término usado para etiquetar un grupo de tipos de plataformas que posean cualidades en común”.

En general, las plataformas oceanográficas están diseñadas para llevar importante equipamiento como sensores, instrumentos y hasta completos laboratorios, adicionalmente resuelven las necesidades de adentrarse en amplias extensiones oceánicas; por estas razones constituyen una importante base operativa para la adquisición de datos oceanográficos *in situ* y en tiempo real.

A las plataformas oceanográficas se les ha clasificado de diferentes maneras, por ejemplo, en la Tabla 2.II se aprecia un fragmento



Figura 2.4. Observaciones con disco Secchi.

de los tipos de plataformas y sus respectivas definiciones registradas en el vocabulario *platform classes SeaDataNet* del sistema de gestión de datos oceanográficos de la Unión Europea. La Agencia Espacial de los Estados Unidos (Nasa³⁶) cuenta en su Directorio Maestro Global de Intercambio (GCMD³⁷) con una lista categorizada de plataformas, específicamente detalladas para mediciones de oleaje; la OMM, por su parte, ha definido en sus manuales un indicador básico para los tipos de plataforma (*Code table 1747*), así: 0= Estación de mar, 1= Boya, 2= Aeronave y 3= Satélite (WMO, 2005).

De acuerdo con las definiciones de *SeaDataNet*, un buque oceanográfico es un tipo de plataforma reconocida como tal por tres razones: (i) Por ser una embarcación cuya longitud es cercana o mayor a los 50 m. (ii) Por estar equipado con instrumentos para la recopilación de datos *in situ* como ecosonda, winche oceanográfico, estación meteorológica y bote auxiliar para toma de datos en costa, entre otros. (iii) Por ser operado generalmente por oceanógrafos o investigadores. En este sentido, Colombia cuenta en la actualidad con tres buques oceanográficos: ARC



Figura 2.5. Buque oceanográfico ARC “Providencia”, administrativamente a cargo del CIOH.

“Gorgona”, ARC “Malpelo” y ARC “Providencia” (Figura 2.5), tripulados por personal de la Armada Nacional, capacitado en diferentes disciplinas de las Ciencias del Mar.

Una plataforma de menor tamaño, catalogada como “bote autopropulsado” en el vocabulario *platform classes SeaDataNet* y con enfoque en la disciplina de Geología Marina, es la denominada lancha hidrográfica, la cual se encuentra equipada con sonar multihaz que le otorga capacidad para el desarrollo de levantamientos hidrográficos de aguas profun-

Tabla 2.II. Ejemplos de tipos de plataformas. Fuente: Traducido al español del vocabulario de *SeaDataNet*.

Plataforma	Definición
Amarre submarino	Colección de instrumentos oceanográficos atados a alambres, suspendidos entre anclas en el fondo del mar y esferas boyantes en la superficie del agua.
Bote autopropulsado	Pequeña plataforma autopropulsada que opera sobre la superficie del cuerpo de agua en localizaciones imprevisibles; es una plataforma más pequeña que un buque, pero demasiado grande para sacar fácilmente del agua.
Bote pequeño autopropulsado	Pequeña plataforma autopropulsada que opera sobre la superficie del cuerpo de agua y que se puede sacar fácilmente del agua (Ej.: botes de los buques).
Boya superficial de amarre	Plataforma con instrumentación y sin tripulación, que opera sobre la superficie del cuerpo de agua atada libremente al lecho marino para mantener una posición fija (Ej.: boya de oleaje).

³⁵ *Ocean Teacher. International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE) Programme. DM 105 Ocean Data Management for Young Scientists: Oceanographic Instruments.* [Consulta: 14 de julio de 2008]. http://www.OceanTeacher.org/OceanTeacher/index.php?module=resourcekit&action=content&nodeid=gen11Srv32Nme37_1481

³⁶ *National Aeronautics and Space*, por su acrónimo en inglés.

Plataforma	Definición
Buque naval	Plataforma operativa sobre la superficie del cuerpo de agua en localizaciones imprevisibles, equipada sobre todo para propósitos militares. Incluye los buques de guerra de todos los tamaños y los buques de apoyo logístico.
Buque oceanográfico	Plataforma de cualquier tamaño que opera sobre la superficie de la columna de agua en localizaciones imprevisibles, equipada específicamente, servida y operada por personal científico, generalmente oceanógrafos o investigadores.
Buzo	Hombre con equipo autónomo que le permite operar sumergido en el cuerpo de agua.
Estación de río	Estructura con instrumentación, ubicada en un río contracorriente desde su límite de marea.
Estructura costera	Estructura artificial fija permanentemente, con acceso al cuerpo de agua en todos los estados de la marea, a la cual puede atarse instrumentación (Ej.: embarcadero).
Estructura mar adentro	Estructura artificial fija lejos de la costa, a la cual puede atarse instrumentación (Ej.: plataforma petrolera).
Helicóptero	Artefacto volador que obtiene su elevación de la rotación de láminas ubicadas en la parte superior de éste.
Humano	Hombre sin equipamiento especializado, ubicado en tierra o sobre la superficie del cuerpo de agua.
Plataforma de tierra o de lecho marino	Plataforma situada en la superficie sólida de la tierra, sobre o debajo del lecho marino.
Playa/estructura de la zona intermareal	Estructura a la cual puede atarse la instrumentación que está en el aire o debajo de agua, dependiendo del estado de las condiciones atmosféricas y de la marea.
Satélite	Vehículo que opera fuera de la atmósfera terrestre, sin ocupantes humanos, que orbita alrededor de la Tierra.
Submarino	Plataforma que opera dentro de un cuerpo del agua.
Tierra/estructura mar afuera	Estructura artificial fija en tierra a la cual puede atarse instrumentación (Ej.: estación meteorológica).

das. Con el apoyo de este tipo de plataformas se han realizado levantamientos hidrográficos en los principales puertos colombianos desde 2006 (CIOH, 2008).

2.2.4 Diccionario de parámetros

Un diccionario de parámetros describe brevemente las características básicas de las variables que componen el conjunto de datos. En un sistema de información marino éste es útil para establecer jerárquica-

mente las relaciones entre los datos, facilitar la búsqueda parametrizada del recurso y brindar información mínima para el usuario, como por ejemplo: con qué instrumento fue medido y qué metodología de análisis se empleó.

Según el documento de Pautas y Prácticas para la Gestión de Datos Oceanográficos de *Sea-Search*³⁸, el desarrollo de sistemas de codificación de parámetros no es un tema nuevo en la gestión de datos oceanográficos. Por ejemplo, COI publicó una tabla de códigos

³⁷ *Global Change Master Directory*, por su sigla.

Tabla 2.III. Extracto del vocabulario para el descubrimiento de parámetros del BODC. (Fuente: traducido del BODC Parameter Dictionary de 2003).

Código del Vocabulario	Parámetros	Abreviatura	Definición
ALKY	Alcalinidad, acidez y pH de la columna de agua.	WC_Alk+Ac+pH	Parámetros que cuantifican la concentración de iones de hidrógeno en cuerpos del agua.
CAPH	Presión del aire.	Air_Press	Medida de la presión de aire como variable dependiente, incluyendo parámetros derivados tales como tendencia (índice de cambio) y parámetros relacionados tales como densidad del aire.
CBCC	Morfología y fisiología de las bacterias.	Bacteria_morph+physio	Parámetros que describen el tamaño, la forma o la actividad fisiológica de bacterias, definidas como reino Monera (incluye cyanobacteria).
MBAN	Batimetría y elevación.	Bath_Elev	Profundidad de la columna de agua o de la elevación de la superficie en relación con la superficie del mar, de la Tierra, del geode o de otro datum.
BRDA	Taxonomía de las aves, relacionada con conteo.	Bird_taxa_count	Parámetros relativos al conteo de aves relacionado con las identificaciones taxonómicas que se pueden trazar en el ITIS. Estos pueden estar en cualquier nivel taxonómico, desde la subespecie hacia arriba. El conteo incluye indicadores de presencia/ausencia.
PCHW	Concentración de (HAP) en la columna de agua.	WC_PAH	Concentraciones de HAP en todas las fases en la columna de agua. Este grupo incluye concentraciones por unidad de volumen, pero no por unidad de peso de SPM.
D000	Taxonomía de las diatomeas relacionadas con abundancia por unidad de masa en sedimentos.	Sed_TaxaDiatomAbund	Determinación de la abundancia de diatomeas en sedimentos, relacionado con las identificaciones taxonómicas que se pueden trazar en el ITIS. Estos pueden estar en cualquier nivel taxonómico, desde la subespecie hacia arriba.
HBCH	Caracterización del hábitat.	Hab_CHar	Parámetros que especifican el ambiente físico o químico del lugar en el que se encuentra un organismo.
APDA	Movimiento horizontal de plataforma.	Horiz_Plat_Vel	Todos los parámetros referentes al movimiento horizontal de la plataforma en el que se toman los datos.
CLAY	Parámetros relacionados con mineralogía del sedimento.	Sed_mineral	Incluye cualquier parámetro que describe la composición mineralógica del sedimento.

para parámetros como parte de la documentación del formato GF3³⁹ y el Centro Nacional de Datos Oceanográficos de los Estados Unidos (US-NODC) desarrolló un sistema de codificación taxonómico para fitoplancton que hace parte de uno de los sistemas de información taxonómico más populares, el ITIS⁴⁰.

Sin embargo, los requerimientos del BODC⁴¹ en cuanto a codificación de parámetros atmosféricos, del cuerpo de agua y de datos biogeoquímicos, eran bastante amplios y ningún sistema de codificación existente satisfizo completamente las especificaciones requeridas; por tal motivo, a finales de 2003, el BODC desarrolló un diccionario de parámetros propio a partir de una base de datos normalizada multidisciplinaria.

El Diccionario BODC fue implementado en una jerarquía de tres capas de palabras clave para facilitar la búsqueda, así: (i) El nivel superior corresponde a las disciplinas o dominio al cual pertenece el parámetro, (ii) Grupos de parámetros convenidos con SeaDataNet y (iii) Vocabulario para el descubrimiento de parámetros del BODC. Este último permite seguir sistemáticamente un modelo semántico para la definición de los parámetros y grupos de parámetros en el diccionario (BODC, 2003) tal como se aprecia en la Tabla 2.III.

2.2.5 Estándar para la representación de parámetros de fecha y hora

La Comisión Técnica Conjunta OMM/COI para la Oceanografía y la Meteorología Marina (IODE/Jcomm, 2008) recomienda la utilización del estándar ISO 8601 para almacenar e intercambiar datos de fecha y hora, por dos razones: (i) Es un estándar ampliamente utilizado en el ámbito geográfico y oceanográfico, (ii) Es un estándar bien documentado con

resonancia gubernamental. Así se reducen tanto el alcance de los errores de formato como la complejidad de las salidas de datos de los sistemas.

El estándar ISO 8601 define seis niveles de precisión en parámetros de fecha y hora. Para el caso particular de los sistemas de información oceanográficos se recomienda llegar a dicho nivel de precisión e implementar herramientas para la conversión de formatos para conjuntos de datos y metadatos históricos.

En la normalización de los conjuntos de datos oceanográficos y de Meteorología Marina se recomienda utilizar el formato extendido para fecha (AAAA-MM-DD Ej.: 2011-01-16) y para hora (hh:mm:ss Ej.: 12:00:00), registrados en campos separados o el formato combinado extendido AAAA-MM-DDThh:mm:ss (Ej.: 2011-02-16T07:12:00:00)

Una descripción más detallada del formato extendido para hora expresado como hh:mm:ss, es:

hh = dos dígitos para hora (entre 00 y 23)

(No es permitido utilizar am/pm).

mm = dos dígitos para minutos (entre 00 y 59).

ss = dos dígitos para segundos (entre 00 y 59).

2.2.6 Estándar para la representación de coordenadas geográficas

La recomendación de la comunidad internacional para la representación única y óptima de los parámetros de latitud y longitud hace referencia a la adopción del estándar ISO 6709. Éste sugiere que los datos de latitud y longitud se expresen como en fracciones decimales de grados, representados por un número real con signo y que las fracciones decimales sean expresadas hasta la precisión deseada, por ejemplo cinco decimales para precisión centimétrica ($\pm dd.ddddd$).

³⁸ *Sea-Search* es una herramienta de búsqueda en línea que proporciona datos y fuentes de información oceanográfica para la Comunidad Europea.

³⁹ GF3 es un formato desarrollado para el intercambio de datos georreferenciados, sobre todo datos oceanográficos. Actualmente pueden encontrarse en este tipo de formato datos de CTD y de correntómetro, entre otros.

⁴⁰ *Interagency Taxonomic Information System*, por su sigla en inglés.

⁴¹ *British Oceanographic Data Centre*, por su sigla en inglés.

Las medidas de latitud varían desde 0 a 90. Mientras que las medidas de longitud varían entre 0 y 180. Adicionalmente debe tenerse en cuenta que:

- Las latitudes al norte de la Línea Ecuatorial pueden estar antecedidas del signo más (+).
- Las latitudes al sur de la Línea Ecuatorial deben estar antecedidas del signo menos (-).

2.2.7 Estándar para nombres de países

En las últimas décadas, la comunidad marina ha venido utilizado los siguientes estándares y listas para la identificación del origen

Tabla 2.IV. Lista de códigos ISO 3166-1 para los países que conforman la Red de Datos e Información Oceanográfica para el Caribe y Suramérica (Odincarsa).

País	A 2	A 3	Número
Argentina	AR	ARG	032
Bahamas	BS	BHS	044
Barbados	BB	BRB	052
Belize	BZ	BLZ	084
Benín	BJ	BEN	204
Brazil	BR	BRA	076
Colombia	CO	COL	170
Chile	CL	CHL	152
Cuba	CU	CUB	192
Dominica	DM	DMA	212
Ecuador	EC	ECU	218
Haití	HT	HTI	332
Jamaica	JM	JAM	388
México	MX	MEX	484
Nicaragua	NI	NIC	558
Panamá	PA	PAN	591
Perú	PE	PER	604
Saint Lucia	LC	LCA	662
Trinidad and Tobago	TT	TTO	780
Venezuela	VE	VEN	862

o país generador de los conjuntos de datos oceanográficos:

- ISO 3166.
- IOC *Country Codes*.
- Gcmd *Location Keywords*.

La recomendación dada por IODE/Jcomm (2008) respecto a la codificación de los países y áreas dependientes es la utilización del estándar ISO 3166 (3166-1 y 3166-3), norma que según Maestre (2000) fue creada con el objeto de tipificar de forma universal los orígenes y destinos de los medios de transporte internacionales.

La parte 1 de la norma ISO 3166 otorga tres (03) códigos por territorio: uno de dos (02) letras (utilizado para los dominios territoriales); otro de tres (03) letras, y un tercer código numérico de tres (03) cifras (Tabla 2.IV). Por su parte, la norma ISO 3166-3 relaciona los territorios que han sido excluidos de la norma ISO 3166-1, desde su creación en 1974. Una de las causas de exclusión puede ser la división de un país en dos.

2.2.8 Pruebas de calidad

Es importante que los datos cumplan con los niveles de calidad exigidos por la comunidad para ser utilizados en sus investigaciones técnicas y científicas, por esta razón es responsabilidad del proveedor de datos aplicar pruebas de calidad rigurosas, tanto a las variables temporales y espaciales del conjunto de datos, como a los datos oceanográficos y de Meteorología Marina, siendo ello un compromiso importante para el intercambio.

Las pruebas de calidad varían dependiendo del parámetro, el instrumento de medición utilizado, la climatología local, etcétera; y tiene en cuenta variables que afectan la calidad del dato tales como la calibración de los sensores, el sistema de transmisión y los inconvenientes en campo, entre otros. La Tabla 2.V reúne algunas metodologías imple-

Tabla 2.V. Metodologías para el control de calidad de datos oceanográficos.

Parámetro	Metodología	Autor
Salinidad y temperatura de la columna de agua	<i>GTSPP realtime QC manual.</i>	IOC
Salinidad y temperatura superficial	<i>Steps to Quality Control TSG data. Data Centre in-situ Data Quality Control (2005). Real-time QC (version 1.0).</i>	AOML CORIOLIS GOSUD
Nivel del mar	<i>Manuals and Guides No. 14 and No. 26. Technical Workshop Reports. QC document. Training web-pages.</i>	IOC GLOSS ESEAS PSMSL/GLOSS
Corrientes	<i>Data Quality Control Procedures. Manuals and Guides 26. Current Meter Data Quality, 1989. WGMDM Guidelines for Moored Current Meter Data. WGMDM Guidelines for Moored ADCP Data. Reports and PowerPoints. National Data Buoy Center Tech Doc 03-02. Data Quality Control Page. Current Meter DAC QC procedures.</i>	SOMORC IOC ICES ICES ICES QARTOD NDBC TAO WOCE
Oleaje	<i>CERC-90-1, 1990. Manuals and Guides, No. 26, 1993. Technical Document 03-02, 2003. SIMORC (2006).</i>	USACE IODE NDBC SIMORC
Plancton	<i>WGMDM Guidelines for Net Tow(Plankton).</i>	ICES
Muestras de agua	<i>WGMDM Guidelines for discrete water sample.</i>	ICES

mentadas para el control de calidad de datos oceanográficos que fueron socializadas en el foro IODE/Jcomm de 2008 sobre estándares para el manejo e intercambio de datos oceanográficos, adicionalmente se incluyen procedimientos para datos de muestras de agua y plancton (Ortiz-Martínez, 2008).

Dentro de las pruebas generales de calidad que se pueden rescatar en casi todas las metodologías de la Tabla 2.V se encuentran:

- Prueba de datos completos.
- Prueba de ubicación geográfica.
- Prueba de rango, en la cual se compara la medición con límites inferiores y superiores preestablecidos que pueden ser de la misma variable o de variables relacionadas.

- Prueba de continuidad en el cual se rastrea el comportamiento de una variable en el tiempo.
- Prueba de consistencia interna que se basa en la comparación de los valores de la variable en un mismo perfil o en una misma área.

2.3 Conclusiones y estrategias

Para dirigir el país hacia el desarrollo de la gestión de datos oceanográficos integrada, la interacción entre bases de datos multidisciplinarias y para proporcionar un acoplamiento entre las iniciativas adelantadas por diferentes instituciones en Colombia, incluyendo los grupos de investigación del Programa de Ciencia y Tecnología del Mar, se requie-

re implementar mecanismos que permitan la interoperabilidad de las actividades sobre la gestión de datos oceanográficos, con el fin de evitar la interferencia destructiva entre los programas y/o proyectos y la duplicidad de esfuerzos alrededor de este tema.

En este sentido, tanto COI como OMM han realizado recomendaciones a sus países miembros para la formulación de estrategias que demandan el reconocimiento de un amplio sistema de requisitos y una dirección minuciosa, en términos de gerencia, dirección técnica y científica.

Para concluir, cabe rescatar del Plan Estratégico para la Gestión de Datos e Información Oceanográfica 2008-2011 de COI (Resolución XXIV-9 de 2008) y de la cuarta sesión sobre el Programa de Operaciones y Desarrollo de Estándares para el Manejo de Datos Oceanográficos del equipo de observaciones de buques perteneciente a la Comisión Técnica Conjunta OMM/COI (Jcomm, 2007), unas recomendaciones para la formulación de la estrategia para la gestión de datos e información oceanográfica en Colombia, a saber:

- Aceptar y poner en práctica convenios de interoperabilidad, incluyendo estándares técnicos y especificaciones para el procesamiento, el control de calidad, el almacenamiento y la publicación de datos e información oceanográfica.
- Reconocer oficialmente las normas para el manejo de datos oceanográficos a lo largo de todas las actividades. Estas actividades involucran por ejemplo: la transmisión, la compilación y la distribución de datos en tiempo real, el almacenamiento de climatologías marinas y el descubrimiento de metadatos.

Considerar las necesidades de interoperabilidad con los proveedores de datos, obtenidos a partir de satélites, para brindar facilidades en la comparación de estos datos con aquellos recopilados *in situ*.

- Desarrollar un nivel de interoperabilidad en gestión de datos oceanográficos con otros

programas nacionales, regionales y globales.

- Desarrollar planes para la coordinación del proceso de acreditación y de evaluación, relacionados con la gestión de la seguridad de los datos e información oceanográfica.
- En un nivel operativo de la estrategia, se recomienda conformar un grupo consultivo para la gestión de datos e información oceanográfica en el ámbito nacional que oriente a las organizaciones miembros en la implementación de la estrategia.

Adicionalmente, es importante:

- Animar el intercambio de datos e información oceanográfica y, en general, de conocimiento entre instituciones educativas y de investigación que estén implicadas en recursos del océano, su exploración y su uso sostenible.

- Ampliar el intercambio técnico y científico nacional con objeto de tratar experiencias sobre la toma de datos en campo, normalización de los conjuntos de datos, documentación de metadatos, asignación de banderas de calidad, uso de software oceanográfico e implementación de geoservicios.

- Establecer una política nacional para estandarizar y socializar los procedimientos de normalización de datos oceanográficos y de Meteorología Marina, política que debe abarcar aquellos conjuntos de datos que se generen a partir de los proyectos financiados con recursos del Estado, específicamente destinados para el Programa de Ciencia y Tecnología del Mar, como es el caso de los recursos entregados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias).

2.4 Literatura citada

BODC. NERC *DataGrid vocabulary Server*. [En línea]. [Consulta: 18 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.bodc.ac.uk/products/web_services/vocab/

- BODC. (2003). *The Updated BODC Parameter Dictionary [en línea]. BODC parameter codes. British Oceanographic Data Centre.* [En línea]. [Consulta: 08 de junio de 2008]. Disponible en: http://www.bodc.ac.uk/data/codes_and_formats/parameter_codes/documents/new_dictionary_structure.pdf
- CCO. (2007). Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros. Litoflash, Santa Marta. 56 p. Serie de Documentos Generales INVEMAR No. 19. [En línea]. [Consulta: 10 de junio de 2008]. Disponible en: <http://www.cco.gov.co/anterior/politicooficial.pdf>
- CIOH. (2008). Uso de tecnología Multihaz en los canales de acceso de los puertos colombianos. Área de Hidrografía. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. [En línea]. [Consulta: 20 de junio de 2008]. Disponible en: http://www.cioh.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=371:uso-de-tecnologmultihaz-en-los-canales-de-acceso-de-los-puertos-colombianos&catid=28:hidrograf&Itemid=677
- ICES. (2008). *Platform Codes. ICES Data Centre. International Conference On Marine Data and Information Systems - IMDIS2.* Atenas, Grecia. [En línea]. [Consulta: 10 de junio de 2008]. Disponible en: http://hnodc.hcmr.gr/imdis2008/IMDIS_Presentations/Session_2/Platforms_IMDIS_SDN_Meeting_2008.ppt
- IOC. 1991. Manual sobre el Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos [en línea]. Edición revisada. Comisión Oceanográfica intergubernamental y Panel sobre Centros Mundiales de Datos (CIUC). [En línea]. [Consulta: 12 de agosto de 2008]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000895/089591so.pdf>.
- IOC. 1997. *Guide for establishing a National Oceanographic Data Centre [en línea]. IOC Manuals and Guides No. 5 - 1st revision. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.* 40 pp. [Consulta: 12 de julio de 2007]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=2005
- IOC. (2003). *Resolution IOC-XXII-6 IOC Oceanographic Data Exchange Policy. Intergovernmental Oceanographic Commission.* [En línea]. [Consulta: 23 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.iode.org/iodeold/contents.php?id=200>
- IOC. (2007). *IOC Strategic Plan for Oceanographic Data and Information Management (2008-2011) Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. IOC Manuals and Guides No. 49, 42 pp.* [En línea]. [Consulta: 3 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/components/com_oe/oe.php?task=download&id=1210&version=1.0&lang=1&format=1
- IOC-UNESCO. (2007). *National Ocean Policy. The Basic Texts from: Australia, Brazil, Canada, China, Colombia, Japan, Norway, Portugal, Russian Federation, United States of America. Paris, UNESCO, 2007. 280 pp. IOC Technical Series, 75. Law of the Sea Dossier 1.* [En línea]. [Consulta: 21 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.cco.gov.co/anterior/National%20Ocean%20Policy.pdf>
- IOC. (2008). *Resolution XXIV-9 IOC Strategic Plan for Oceanographic Data and Information Management. Intergovernmental Oceanographic Commission.* [En línea]. [Consulta: 21 de agosto de 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_content&task=view&id=112&Itemid=130
- IOC-IODE. (2008). *Guide for establishing a National Oceanographic Data Centre IOC Manuals and Guides No. 5 - 2nd revision.*

- Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*. París, 30 pp. [En línea]. [Consulta: 25 de junio de 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=886
- IODE. 2007. *About Information Management. Intergovernmental Oceanographic Commission*. [En línea]. [Consulta: 16 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=35
- IODE/Jcomm. (2008). *Forum on Oceanographic Data Management and Exchange Standards. IOC Project Office for IODE, Oostende, Belgium, 21-25 January 2008 IOC Workshop Report No. 206, UNESCO 2008*, 45 pp. [En línea]. [Consulta: 21 de agosto de 2008]. Disponible en: http://www.iode.org/components/com_oe/oe.php?task=download&id=3032&version=1.0&lang=1&format=1
- ISO - *International Standards for Business, Government and Society*. [En línea]. [Consulta: 19 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.iso.org>
- Jcomm. (2007). *Ship Observations Team Fourth Session. Programme Operations and Development Data Standards. Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology*. [En línea]. [Consulta: 16 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.wmo.ch/pages/prog/amp/mmop/documents/Jcomm-MR/JCOMM-MR-52-SOT-IV/Documents/SOT-IV-Doc-I-6.1-Data_Standards.doc
- Ocean Teacher. International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE) Programme. DM 105 Ocean Data Management for Young Scientists: Oceanographic Instruments*. [En línea]. [Consulta: 14 de julio de 2008]. Disponible en: http://www.OceanTeacher.org/OceanTeacher/index.php?module=resourcekit&action=content&nodeid=gen11Srv32Nme37_1481
- Olsen, L.M., G. Major, K. Shein, J. Scialdone, R. Vogel, S. Leicester, H. Weir, S. Ritz, T. Stevens, M. Meaux, C. Solomon, R. Bilo-deau, M. Holland, T. Northcutt, R. A. Restrepo. (2007). *NASA/Global Change Master Directory (GCMD) Earth Science Keywords*. [En línea]. Version 6.0.0.0.0. [Consulta: 15 de julio de 2008]. Disponible en: http://gcmd.nasa.gov/Resources/valids/archives/keyword_list.html
- Ortiz-Martínez, R. (2008). Validación de la Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información -MAGERIT- en centros oceanográficos colombianos de administración pública. Caso: Centro Colombiano de Datos Oceanográficos. Trabajo de tesis para optar al Grado de Máster en Dirección Estratégica en Tecnologías de la Información. Fundación Universitaria Iberoamericana -Universidad de León y Dirección General Marítima- Centro Control Contaminación del Pacífico. Tuma-co, Colombia. 78 pp.
- Lowry, R. (2008). *Platform Categories. En: IODE/JCOMM Forum on Oceanographic Data Management and Exchange Standards. British Oceanographic Data Centre*. [En línea]. [Consulta: 16 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://iodeweb2.vliz.be/omap/Standards/MEETING/Platform%20Categories.ppt>
- Maestre, J. (2000). La norma ISO 3166 y los dominios. Boletín del Portal Jurídico de los Nombres de Dominio en Internet. [En línea]. [Consulta: 03 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.dominiuris.com/boletines/doctrinal/ISO3166.htm>
- Mulford Library, University of Toledo. *Glossary of Information Management Terminology*.

- [En línea]. [Consulta: 13 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://hsc.utoledo.edu/lib/education/Glossary2.html>
- Sea-Search. Guidelines and Practices for data Management - Marine Science & Technology (MAST) programme of the European Commission.* [En línea]. [Consulta: 19 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.Sea-Search.net/guidelines-practices/welcome.html>
- Sevilla de Lerma, M., Iguácel Abeigón, C. y Power A. (2008). *Sistemas de Referencia e Identificadores Geográficos (ISO 19111, ISO 19112, ISO 6709)*. Universidad Complutense de Madrid, Instituto Geográfico Nacional Paloma e Instituto Geográfico Nacional. [En línea]. [Consulta: 18 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla_ante.asp?id_articulo=1454
- WMO. (1995). Resolution 40 (Cg-XII, 1995). *World Meteorological Organization. Twelfth WMO Congress, Geneva, May/June 1995.* [En línea]. [Consulta: 02 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://grdc.bafg.de/servlet/is/2047/>
- WMO. (2005). *Meeting of Expert Team on Data Representation and Codes. World Meteorological Organization - Commission For Basic Systems. Muscat, 5-8 December 2005.* [En línea]. [Consulta: 16 de septiembre de 2008]. <http://www.wmo.ch/pages/prog/www/ISS/Reports/CodesMatters/REPORTCodesMontreal.doc>
- Wolf, M. y Wicksteed, Ch. (1997). *Date and Time Formats. W3 Consortium.* [En línea] [Consulta: 16 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/NOTE-datetime>

Capítulo III

Reconstrucción histórica de los Cruceros oceanográficos colombianos



Puente de gobierno del buque oceanográfico ARC "Providencia".
Foto: Diego Garcés

Capítulo III**Reconstrucción histórica de los cruceros oceanográficos colombianos**

Introducción

- 3.1 Cruceros oceanográficos realizados en el Caribe colombiano por Dimar (1969-2006)
 - 3.1.1 El programa Cicar y los cruceros ‘Océano’ (1969-1984)
 - 3.1.2 Los cruceros ‘Caribe’ (1992-2006)
 - 3.1.3 Instituciones, empresas y personas involucradas en los cruceros del Caribe (1969-2006)
- 3.2 Cruceros oceanográficos realizados en el Pacífico colombiano por Dimar (1970-2004)
 - 3.2.1 Investigación conjunta en el ámbito regional (1975-1979)
 - 3.2.2 Nuevo apoyo para la investigación científica marina (1980-1989)
 - 3.2.3 Una investigación planificada (1990-1994)
 - 3.2.3 El Niño y su importancia dentro de las expediciones investigativas (1995-1999)
 - 3.2.3 Continuidad investigativa (2000-2004)
 - 3.2.5 Instituciones, empresas y personas involucradas en los cruceros del Pacífico (1970-2004)
- 3.3 Conclusiones
- 3.4 Literatura citada

*ROBERTO CARLOS OCHOA TORRES¹
JORGE ARMANDO LANDÍNEZ MAYORGA²
RUBY VIVIANA ORTIZ- MARTÍNEZ³*

¹ Historiador, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
www.uis.edu.co / saramago1985@hotmail.com

² Historiador. Oficial Fuerza Aérea de Colombia. Bogotá.
jorgearmandolandinez@yahoo.com.ar

³ Administradora de Tecnologías de la Información. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (Dimar-CCCP). San Andrés de Tumaco, Nariño.
www.cccp.org.co / rortiz@dimar.mil.co / rubyvi@hotmail.com

Citar este capítulo como:

Ochoa Torres, R., Landínez Mayorga, J. y Ortiz-Martínez, R. (2008). Reconstrucción histórica de los cruceros oceanográficos colombianos. En: Dimar (Ed.), Gestión de datos e información oceanográfica colombiana. (pp. XX-XX). Bogotá: Editorial Dimar.

Introducción

La aventura científica que comprendió la incursión de Colombia en la exploración oceanográfica de sus mares ha sido un proceso que no sólo permitió diversificar las competencias científicas del país, ahora por primera ocasión en su historia extendidas al conocimiento de sus espacios marinos; además, ha contribuido a superar la arraigada “mentalidad mediterránea” nacional, que había condenado al pueblo colombiano a vivir por décadas con una permanente indiferencia sobre su desarrollo marítimo⁴². Es por ello que al historiar la incursión del país en la Oceanografía se debe apreciar, sumado a su valor científico, sin duda inmenso, la tarea soberana que asumió -de manera más decidida a través de la Armada Nacional y la Dirección General Marítima- con la cual fue posible construir un territorio marítimo nacional sobre la base de una actividad científica continuada hasta la actualidad.

La incursión del país en la Oceanografía se llevó a cabo a finales de los años 60, en un contexto político favorable, suscitado por la puesta en marcha del Programa de Transformación Nacional, como política de gobierno de la administración del presidente Carlos Lleras Restrepo (1966-1970). En síntesis, el objetivo del programa fue la búsqueda de la modernización del país, lo que condujo a fomentar a la actividad científica nacional (Silva, 1989, p. 238). Fue en el marco de este fomento a las ciencias en donde acontecieron iniciativas que concluyeron con la organización del campo de las Ciencias Marinas en el país; comenzando en 1968, año en que el gobierno colombiano aceptó contribuir en la realización del Programa de Investigaciones Cooperativas del Caribe y Regiones Adyacentes (Cicar), como parte de un compromiso adquirido con la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco-COI). Con esta decisión Colombia, tal y como expresaba en su momento el informe del primer trabajo de recolección de datos oceanográficos en el país, puso finalmente sus ojos en el mar, “reconociendo la importancia del potencial económico que encierra sus aguas, su suelo y subsuelo, y lo que la explotación racional de estos recursos puede significar para el desarrollo económico del país y para el mejoramiento de la dieta alimenticia de su creciente población” (ARC, 1969).

Sin embargo, dar comienzo a la planeación y ejecución periódica de investigaciones oceanográficas fue una difícil tarea, pues la disciplina no contaba con recursos ni con profesionales capacitados. Por esta razón se debía disponer de plataformas e instrumentos adecuados para la recolección y procesamiento de datos y además implementar una carrera que permitiera la formación sistemática de oceanógrafos. Estos requisitos fueron posibles mediante la intervención de dos entidades comprometidas a través del Ministerio Nacional: la Dirección General Marítima y Portuaria (Dimar) y la Armada Nacional de Colombia (ARC).

El esfuerzo y el trabajo conjunto de ambas entidades permitieron que la decisión de ofrecer un apoyo nacional a la Oceanografía no fracasara por limitaciones de recursos económicos y de talento humano calificado. Entonces, fue la Armada Nacional la que estableció un convenio en 1968 con la UJTL para crear la carrera de Oceanografía Física en las instalaciones de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”⁴³, y envió a los primeros colombianos a realizar estudios de maestría en Oceanografía al exterior. Con ello, la ARC suministró el personal capacitado para comandar los primeros cruceros por el Caribe y el Pacífico colombianos.

Por su parte Dimar, contando desde 1975 por el Centro de Investigaciones Oceanográficas

⁴² Para una revisión detallada de la historia del desarrollo marítimo colombiano consultar: Román Bazurto, E. (2005). Análisis histórico del desarrollo marítimo colombiano, Bogotá, Armada Nacional.

⁴³ Armada Nacional, Escuela Naval “Almirante Padilla”. Programa Académico de la Facultad de Oceanografía. Cartagena, 1974- 976: El autor, 1974, Pág. 2



Figura 3.1. Registro de maniobras de uno de los primeros cruceros oceanográficos en Colombia.

e Hidrográficas del Caribe (CIOH) y apoyado posteriormente, desde 1984, por el Centro de Control de Contaminación del Pacífico (CCCP) —hoy Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico—, administró la planeación y ejecución de cruceros por los litorales, mares y océanos del país (Figura 3.1). Adicionalmente, estableció convenios nacionales e internacionales con entidades como Unesco, el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (Colciencias), la COI, la Universidad de Harvard, la Universidad de Miami y la Organización de los Estados Americanos (OEA), entre otros⁴⁴. Asimismo, se hizo cargo de las entonces nuevas y únicas plataformas diseñadas para investigación científica marina en Colombia, adquiridas desde 1981: el ARC “Providencia” (155) y el ARC “Malpelo” (156).

La historia de estos esfuerzos y de esta cooperación conjunta ha dejado como resultado una gran cantidad de datos, información y producción técnico-científica, muchos de estos olvidados en el tiempo, silenciados en las estanterías de los archivos. El ejercicio

de recuperarlos a través de su reseña obedece a la necesidad de rescatar y reconocer la memoria histórica de estas entidades, a las diferentes generaciones de marinos, científicos y profesionales de las Ciencias del Mar, quienes desde 1968 se comprometieron con la gestión de la información marina en Colombia.

3.1 Cruceros oceanográficos realizados en el Caribe colombiano por Dimar (1969- 2006)

El caso de los cruceros oceanográficos en el Caribe es un caso representativo de la actividad científica marina en el país y del compromiso que ha asumido Dimar, en su tarea soberana y científica de conocer los mares colombianos. Los cruceros son trabajos de campo, un conjunto de operaciones a realizadas en el mar dentro de la ejecución de un proyecto de investigación, lo cual ha requerido siempre la utilización de un buque durante un lapso de tiempo continuo y definido⁴⁵. Uno de los objetivos principales de estas operaciones, independiente de los proyectos que los motiven y las zonas recorridas, ha sido obtener un conocimiento integral de las áreas marinas, de los recursos que ellas tienen y que propendan por la conservación y protección del medio marino (CIOH, 1984).

En la búsqueda por establecer las principales características del comportamiento de los mares territoriales de Colombia se han realizado hasta el 2006 aproximadamente 29 cruceros, los cuales han atravesado las inmediaciones del litoral Caribe, las islas de San Andrés y Providencia, y sitios específicos como los golfos de Urabá y Morrosquillo, y la península de La Guajira. Estos trabajos de campo han orientado su propósito a la recolección de datos físicos, químicos, biológicos, geológicos y meteo-

⁴⁴ Armada Nacional, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 10 Años Mar Adentro, Cartagena, Cioh, 1985.

⁴⁵ Cioh.(1988). Manual servicio de buques oceanográficos. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, p.7.



Figura 3.2. Buque oceanográfico ARC "Providencia".



Figura 3.3. Buque oceanográfico ARC "Malpelo".

rológicos del medio marino.

Este permanente trabajo científico ha contado con el servicio de las plataformas de investigación por más de cuatro décadas, las cuales permitieron delinear los contornos de la región marítima del norte colombiano. Inicialmente se contó con el buque oceanográfico ARC “San Andrés” (151), antiguo buque de guerra norteamericano, adquirido en 1969 y única unidad utilizada para la ejecución de cruceros durante toda la década de los años 70⁴⁶. Posteriormente, serían adquiridos el ARC “Providencia” (Figura 3.2) junto con el ARC “Malpelo” (Figura 3.3), ambos buques preparados para la investigación oceanográfica en 1981 en los astilleros alemanes de Mar-tín Jansen, en Leer, Alemania⁴⁷.

La planeación de los cruceros en el Caribe ha obedecido a distintos motivos, desde la protección y conservación de los espacios marinos, los proyectos en curso, los convenios con entidades nacionales e internacionales, o por actividades y servicios propios del CIOH. Sumado a ello, lineamientos establecidos en programas y planes de investigación marina nacional han servido de guía en el curso de la historia de estos trabajos de campo. Es así como en 1969 fue publicado por la División de Oceanografía del Departamento de Litorales de la Dirección de Marina Mercante -hoy Dimar- el ‘Plan de Trabajo Oceanográfico 1969-1972’. Éste fue, probablemente, el primer compendio de directrices nacionales que planteó la necesidad de organizar cruceros “en aguas de nuestra plataforma continental”, para alcanzar una comprensión científica de sus aspectos fisicoquímicos. Asignaba esta tarea a la Armada Nacional y como ta-

lento humano disponible a los únicos oceanógrafos capacitados para esta tarea, que se reducían en ese momento a cinco, según el Plan, a bordo del único buque de investigación oceanográfica existente: el ARC “San Andrés”⁴⁸. Vigente este plan se realizaron los cruceros Cicar, dando cumplimiento al compromiso internacional adquirido con COI en 1968.

Posteriormente, en 1973, Dimar con el apoyo de Colciencias y CCO dieron a conocer el ‘Programa de Investigaciones Marinas’, creado con el objetivo de incorporar el mar al desarrollo nacional. El Programa fue inmediato antecedente a la elaboración del primer plan de ciencias y tecnologías marinas del país, consideró varios proyectos de corto plazo, entre los cuales se encontraba la realización de cruceros oceanográficos por el Caribe y el Pacífico colombianos. Los cruceros efectuados en el Caribe, denominados ‘Océano’, según recomendaba el Programa, debían ocuparse de definir los valores de las variables físicas, químicas y biológicas en una franja de aproximadamente 50 millas ancho, a lo largo del litoral y áreas insulares colombianas en el Caribe, en distintas épocas del año, “a fin de establecer valores medios y variabilidad en tiempo y espacio de los parámetros básicos”⁴⁹. En el marco de este programa se realizaron los cruceros ‘Océano’ de los años 70.

Años más tarde, en 1980, y posteriormente en 1990 y 1998, fueron formulados los Pdctm, con el respaldo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), Colciencias y CCO. En ellos, de manera más decidida y con una influencia más reconocida, fueron dispuestos los lineamientos básicos sobre los que debía

⁴⁶ Rairán Hernández, J. P. Buques de la Armada asignados para la investigación, Comandante ARC “San Andrés”. En: Preseminario Nacional de Ciencias y Tecnología Orientado hacia las Ciencias del Mar. Resumen de ponencias. Colciencias, Dimar. Cartagena, 1969, p. 21.

⁴⁷ Barbosa, J. A. Servicio de buques oceanográficos. En: Memorias del IV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Cartagena. CCO, CIOH, Armada Nacional, 1984, p. 119.

⁴⁸ División de Oceanografía del Departamento de Litorales-Dirección de Marina Mercante, Armada Nacional. Plan de Trabajo Oceanográfico 1969-1972. Pp. 13-18.

⁴⁹ Dirección General Marítima, Programa de Investigaciones Marinas. En: Ministerio de Defensa Nacional, ‘Hacia una Conciencia Marítima’, Bogotá: Imprenta y Litografía de las Fuerzas Militares, 1973. P. 194.

ser organizada la investigación científica marina en los años posteriores a cada Plan, de acuerdo con las necesidades que surgían y los avances en el conocimiento del medio marino nacional. En las páginas introductorias del Pdctm publicado en 1980, se manifestaba literalmente el deseo de:

“... romper la inercia para la adquisición de una capacidad marítima nacional. Su implementación implica una decisión gubernamental de acometer, a través de las acciones y programas... propuestos, el desarrollo marítimo y el aprovechamiento racional y económico de los mares colombianos”⁵⁰.

Este Plan, vigente por una década, consideró la realización de cruceros oceanográficos tanto para el Caribe como para el Pacífico, en su programa ‘Condiciones Oceanográficas’. Este último apoyado con la adquisición de nuevos buques oceanográficos, lo cual sucedió un año después de su publicación. Así, el programa se orientó hacia “una exploración general de las aguas jurisdiccionales colombianas, cubriéndolas en forma sistemática y completa, procesando la información en su totalidad hasta el punto en que pueda ser presentada en forma útil al usuario”⁵¹. En 1990, con la publicación del nuevo Pdctm, el programa de “Condiciones Oceanográficas” cambió no sólo de nombre —bautizado ahora como “Programa de Ecosistemas Oceanográficos”— sino de orientación. Ahora el fundamento científico de los cruceros no debía sopesar en la exploración general de las aguas jurisdiccionales del país, sino en el desarrollo de proyectos enfocados a la interrelación entre las condiciones oceanográficas y la dinámica poblacional de las especies pelágicas, con miras a su aprovechamiento”⁵².



Figura 3.4. Recopilación de datos marinos bajo la dirección del CIOH, entidad directamente responsable desde 1975 de la planeación y ejecución de estos trabajos de campo en la región del Caribe.

La publicación del Pdctm ha servido de marco para el acelerado desarrollo que ha mantenido la Oceanografía en Colombia durante las últimas décadas, puesto que con sus recomendaciones se orientaron de forma más racional los proyectos de investigación marina, la formación del talento humano, la ampliación de la infraestructura científica y de servicios marítimos⁵³. Para Dimar, a través del CIOH, entidad responsable de ejecutar los cruceros oceanográficos en el Caribe,

⁵⁰ Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Colciencias, y Comisión Colombiana de Oceanografía. Colciencias. Bogotá, 1980. P. 17.

⁵¹ *Ibíd.*, P. 152.

⁵² *Ibíd.*, P. 85.

desde su creación en 1975, la publicación del Plan de 1980 sirvió de marco para comenzar un proceso de consolidación institucional, que la llevó a posicionarse en esos años como una de las entidades más importantes en materia de investigación marina⁵⁴ (Figura 3.4). La influencia del Pdctm en la actividad de las entidades dedicadas a las Ciencias Marinas es muy apreciable y por ello se considera como factor clave para comprender el desarrollo de los cruceros oceanográficos realizados en el Caribe, desde 1980 hasta la actualidad.

3.1.1 El programa Cicar y los cruceros 'Océano' (1969-1984)

Un año después de aceptado el compromiso para la realización del programa Cicar, con apenas algunos meses de inicio de la Facultad de Oceanografía y sin contar con oceanógrafos graduados, pero sí con el deseo de comenzar el proceso de formación de una tripulación capacitada para la actividad científica marina, se desarrolló el primer crucero oceanográfico en el país, que también sería el primero de la región Caribe: el Crucero Océano I.

A bordo del ARC "San Andrés" se realizó una travesía comprendida entre Urabá y Santa Marta. Éste fue un esfuerzo colectivo en donde participaron activamente Dimar, la Armada Nacional, CCO, la Facultad de Ciencias del Mar de la UJTL, el Departamento de Química de la Universidad Nacional (Unal), el Consorcio Pesquero Vikingos, el Instituto de Asuntos Nucleares y el entonces Instituto Colombo-Alemán de Punta de Betín -hoy Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (Invemar) (ARC, 1969).

Pese a los esfuerzos conjuntos, la falta de

preparación obligó a organizar un nuevo cruce-ro que cubriera las áreas que no cubrió el anterior. De dicha necesidad surgió la siguiente travesía comprendida entre octubre y noviembre de 1971, el Crucero Océano II. Esta operación, que recibió el apoyo permanente de CCO y sus organismos miembros, se realizó en tres fases: (i) la primera de ellas cubrió por primera ocasión el área de San Andrés y Providencia; (ii) la segunda el área Cartagena-La Guajira, y (iii) la tercera el área Cartagena-Turbo⁵⁵.

Después de estos dos cruceros que podrían considerarse travesías de capacitación para la primera generación de técnicos, científicos y marinos colombianos, se decidió iniciar con el cumplimiento del programa Cicar, cuyas rutas para todos los países participantes fueron organizadas durante la tercera reunión del Grupo de Coordinadores Internacionales de este programa en México. A Colombia le correspondieron tres secciones estándar localizadas entre Colombia-Haití, Haití-Jamaica, y Jamaica-Banco Rosalinda. Así se llevó a cabo el crucero Cicar I, del 10 al 22 de abril de 1972. En esta operación figuraron como entidades participantes CCO, Colciencias, Inve-mar, la Facultad de Oceanografía de la Enap, UJTL, Unal, Vikingos y el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología (SCMH)⁵⁶.

El Crucero Cicar II tuvo lugar del 14 al 30 de octubre de 1972. En este se reconoció la participación nuevamente de organismos como CCO, Enap, UJTL, Unal y el SCMH; asimismo, de manera especial, se contó con la colaboración de NOAA⁵⁷. Completó este compromiso internacional el Crucero Cicar III, llevado a cabo entre el 3 y el 14 de marzo de 1973, en donde también figurarían los organismos anteriormente citados, sumando la colaboración de

⁵³ Para evaluar los aportes del Pdctm, al menos del primero, consultar el diagnóstico de los avances del primer Plan incluido en el Pdctm de 1990 y el texto: Colciencias, bases para el inventario del potencial científico-tecnológico marino en Colombia, Colciencias. Bogotá, 1989.

⁵⁴ Entrevista al Capitán de Navío (r) Rafael Steer, realizada el día 25 de febrero de 2008 en las instalaciones del Área de Hidrografía del Cioh, Cartagena de Indias.

⁵⁵ Informe Datos oceanográficos Océano II, República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar, Bogotá, 1973.

⁵⁶ Informe Datos oceanográficos CICAR I, República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar, Bogotá, 1972.

⁵⁷ Informe Datos oceanográficos CICAR II, República de Colombia, Ministerio de Defensa ARC, Dimar, Bogotá, 1973.

la Organización de Estados Americanos (OEA) que aportó la mayor parte de equipos utilizados en la plataforma de investigación durante las actividades de crucero⁵⁸.

Terminado el proyecto, dando cumplimiento al primer compromiso internacional de Colombia en materia Oceanográfica y contando con un incipiente pero ya organizado soporte de medios, herramientas y personal científico marino competente para la realización de cruceros, continuó la inquietud por mantener el desarrollo de este tipo de investigaciones. Esto se evidenció en un documento que expresaba las necesidades de investigaciones oceanográficas en el Caribe publicado por Dimar en ese período:

“[...] creemos que la organización que se ha dado a la infraestructura en Ciencias del Mar de que Colombia dispone, ya está dando pruebas de su eficacia y flexibilidad, por tanto valdría la pena ampliarla a nivel regional en el área del Caribe como un mecanismo funcional para proseguir la investigación oceanográfica al finalizar el Cicar” (Dimar, 1972a: 2)

Dos años después, entre abril y mayo de 1974, se llevaría a cabo la siguiente travesía por los mares colombianos: el Crucero Océano III, operación que dio comienzo al estudio específico del fenómeno de surgencia, detectado durante los cruceros Océano I y II, presente en el área del litoral Caribe colombiano, entre Santa Marta y el Cabo de la Vela. Fue una operación que recibió la cooperación permanente de los miembros de CCO, pero se vio limitada por el mal tiempo, contratiempo que obligó a restringir el área cubierta (CIOH, 1978).

Por tal razón, un año después se organiza un crucero en la misma región del Caribe colombiano: el Crucero Océano IV áreas 1, 2, 3 y 4. Además de la ya permanente colaboración de las entidades nacionales miembros de CCO, volvería a figurar la contribución de la OEA, que

a través de su Programa Multinacional de Ciencias del Mar contribuiría al desarrollo científico del CIOH, con la donación de equipos oceanográficos y la organización de algunos cursos de capacitación en el Centro (CIOH, 1979).

En 1981 se organizó la siguiente expedición sobre el área del Atlántico Noroeste colombiano, incluyendo el Archipiélago de San Andrés y Providencia: El Crucero Océano V. Entre agosto 14 y el 5 de septiembre comprendió su primera fase, y entre el 23 de septiembre y el 23 de octubre la segunda y tercera fase. Con esta travesía se esperaba continuar el proceso de obtención de datos físicos, químicos, biológicos y meteorológicos que aportaban información básica del área estudiada (CIOH, 1981). Fue esta además la última travesía guiada por el ‘Programa Colombiano para el Decenio Internacional de Exploración Oceánica’. A partir de ese momento el país contó con las pautas y recomendaciones del Pdctm, programa base sobre el que se desarrollaron los siguientes trabajos de campo en el Mar Caribe colombiano.

El siguiente crucero, el Océano VI, se desarrolló entre el 9 de junio y el 29 de julio de 1983, cuyo objetivo nuevamente fue la recolección de información en el área de San Andrés y Providencia (CIOH, 1992). Unos meses más tarde, del 3 al 27 de octubre, se realizaría el Crucero Océano VII, travesía cooperativa entre la Armada Nacional y la Universidad de Harvard ejecutada en la región insular Caribe. Esta vez participaron además Dimar, CIOH, UJTL y Unal (CIOH, 1983).

Los cruceros Océano VIII y Océano IX fueron las últimas expediciones conocidas por ese nombre. Con ellos además se dio por terminado este tipo de trabajos periódicos de recolección de datos en los años 80. El primero de ellos -Crucero Océano VIII-, tuvo lugar entre el 7 y el 29 de febrero de 1984 en la región del Atlántico Noroeste, y consistió en un crucero cooperativo de entrenamiento entre la Armada Nacional y la OEA, que permitió la

⁵⁸ Informe Datos oceanográficos CICAR III, República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar, Bogotá, 1973.

visita y participación en la operación de científicos representantes de República Dominicana, Costa Rica y Panamá, con la finalidad de intercambiar y actualizar conocimiento en materia de Oceanografía con científicos colombianos. Finalmente, el Crucero Océano IX, realizado ese mismo año, del 2 al 9 de julio, recorrió el área del Archipiélago de San Andrés y Providencia (CIOH, 1984).

Si bien sólo hasta 1992 volverían a efectuarse trabajos de campo periódicos de esta índole, una vez terminados e incluso durante la realización de los cruceros Océano, se registraron algunas expediciones motivadas por convenios y proyectos nacionales e internacionales. Tal fue el caso de los cruceros geológicos Caracolante I y II realizados en noviembre de 1981 y septiembre de 1985, respectivamente, a bordo de los buques oceanográficos L’Nuroit y L’Suroit, en el marco del convenio entre CIOH y el Centro de investigaciones Igba de la Universidad de Bordeaux de Francia, conocido también como ‘Misión Técnica Francesa’. En ambas expediciones se contó además con la cooperación del Instituto Colombiano de Minería y Geología (Ingeominas) y Unal. Estos cruceros tuvieron como objetivo principal el aprovechamiento de las plataformas de investigación francesas para adelantar proyectos conjuntos, así como la realización de programas de entrenamiento y de transferencia tecnológica (CIOH, 1985).

3.1.2 Los cruceros ‘Caribe’ (1992-2006)

Pasaron los años y superada la etapa de inicio y consolidación del CIOH en el ámbito nacional, incursionando en nuevas tecnologías de recolección y procesamiento de datos marinos, contando con una mayor cantidad de personal científico calificado y beneficiado por su ya considerable tradición en el desarrollo de investigaciones científicas marinas en el país, se dio poso a la ejecución

de cruceros en los años 90. De esta manera y con la intención de obtener un modelo numérico cuantitativo del comportamiento del Caribe colombiano en las regiones previamente señaladas en el Pdctm de 1990, con base en la información histórica existente y las observaciones realizadas en cruceros previos, se llevó a cabo el Crucero Caribe I, entre el 20 de abril y el 30 de mayo, a cargo del entonces Capitán de Corbeta Edgard Cabrera Luna, donde participaron doce oficiales del curso de complementación universitaria de Oceanografía de Enap y cuatro suboficiales del curso Clase “B” en Ciencias del Mar⁵⁹.

A lo largo de la década se organizaron nueve cruceros más, bajo la misma denominación. Fueron estos esfuerzos intelectuales los que contribuyeron con la dilucidación sistemática del comportamiento del Caribe colombiano; aspectos como los rangos de mareas, el comportamiento del oleaje, la distribución de las masas de agua y la permanente atención a la zona de surgencia en la Península de La Guajira, fueron los derroteros trazados por los intereses del personal y directivas del CIOH en esos años (CIOH, 1997). Aunque la falta de información detallada impida una merecida mención de estas operaciones, es indiscutible su valor en el fortalecimiento del CIOH, en la formación de conocimientos cada vez más sólidos sobre las aguas del Caribe colombiano y su contribución al perfeccionamiento paulatino en las técnicas y métodos de ejecución de estos trabajos de campo.

Rastreando este largo camino científico, que comprendió la realización de los cruceros oceanográficos en el país, se llegó al nuevo milenio, cuyos primeros años fueron testigos de la culminación de estos cruceros. Es así como en el 2002 se llevó a cabo el “Crucero Caribe 2002”, una travesía dedicada a la calibración de las imágenes de satélite provenientes de la NOAA (AVHRR) con

⁵⁹ Informe ejecutivo Crucero Oceanográfico “Caribe I”, CIOH. Cartagena, 1992.

base en comparaciones con las mediciones *in situ*. Dichas imágenes correspondían a un modelo numérico desarrollado para apoyar operaciones navales de búsqueda y rescate, y guerra antisubmarina. Sin embargo, debido a problemas de nubosidad no fue posible caracterizar estadísticamente los resultados.

Fue por ello que se debió organizar un nuevo crucero entre el 22 de marzo y el 10 de abril del 2003: el ‘Crucero Caribe 2003’. La expedición se realizó en el marco del proyecto “Validación y operacionalización del modelo numérico de búsqueda y rescate Codigo y Propas en las Unidades de la Armada Nacional”, con el fin de aplicar y validar el modelo numérico de NOAA (AVHRR) adaptado el año anterior. En este trabajo de campo participó fundamentalmente personal del

CIOH, así como personal de ingeniería y de apoyo de la unidad de navegación utilizada (CIOH, 2003).

Un año después, del 25 de mayo al 17 de junio de 2004, en las inmediaciones del Archipiélago de San Andrés y Providencia se llevó a cabo el Crucero Oceanográfico Caribe 2003. Trabajo de recolección de información que sirvió de aporte al proyecto “Investigación de las aguas profundas de la Depresión Providencia”, razón por la cual por primera vez se tomaron en una plataforma de investigación del CIOH perfiles verticales de salinidad y temperatura con dos núcleos a más de 2400 m de profundidad. Para su realización se contó con personal del CIOH y dos biólogos marinos del Invemar (CIOH, 2004).

Tabla 3.I. Listado de cruceros realizado por Dimar en el Caribe colombiano (1969-2006).

Año	Crucero	Cobertura	Participantes
1969	Océano I	Atlántico Noroeste	Dimar ARC CCO UJTL Universidad Nacional Consorcio Pesquero Vikingos Instituto de Asuntos Nucleares Invemar
1972	Océano II	Atlántico Noroeste	Dimar ARC CCO
1972	Cicar I	Atlántico Noroeste	Dimar ARC CCO Colciencias Invemar Enap UJTL Unal Empresa pesquera Vikingos SCMH

Año	Crucero	Cobertura	Participantes
1972	Cicar II	Atlántico Noroeste	Dimar ARC CCO Enap UJTL Unal SCMH NOAA
1973	Cicar III	Atlántico Noroeste	Dimar ARC Miembros de la CCO OEA
1974	Océano III	Litoral Caribe	Dimar ARC Miembros de la CCO
1975	Océano IV	Atlántico Noroeste	Dimar ARC Miembros de la CCO OEA
1981	Océano V	Atlántico Noroeste	Sin registros.
1983	Océano VI	Atlántico Noroeste	Sin registros.
1983	Océano VII	Atlántico Noroeste	Dimar CIOH ARC Universidad de Harvard Unal
1984	Océano VIII	Atlántico Noroeste	Dimar CIOH ARC OEA
1984	Océano IX	Atlántico Noroeste	Sin registros.
1992	Caribe	Atlántico Noroeste	Dimar CIOH Enap
1993	Caribe	Caribe Colombiano	Sin registros.
1994	Caribe	Alta Guajira	Sin registros.
1996	Caribe	Atlántico Caribe colombiano	Sin registros.
1996	Caribe	Atlántico Caribe colombiano	Sin registros.
1997	Caribe	Atlántico Caribe colombiano	Sin registros.
1997	Caribe	Atlántico Caribe colombiano	Sin registros.
1998	Caribe	Atlántico Noroeste	Sin registros.
1999	Caribe	Alta Guajira	Sin registros.
2000	Caribe	Cartagena-Golfo de Morrosquillo	Sin registros.
2002	Caribe	Golfo de Urabá- La Guajira	Dimar CIOH

Año	Crucero	Cobertura	Participantes
2004	Caribe	Isla de Providencia	Dimar CIOH Invemar
2006	Caribe	Pluma del Magdalena	Dimar CIOH
2006	Caribe	Caribe colombiano	Dimar CIOH Enap
2006	Caribe	Caribe colombiano	Dimar CIOH Enap

En el 2006 se realizaron tres cruceros: el primero de ellos, el ‘Crucero Caribe, Mayo 2006’, ejecutado entre el 8 y 12 de mayo en el área de la desembocadura del río Magdalena. Dos fueron sus objetivos: (i) Servir de capacitación a personal de oficiales del curso de Oceanografía de la Enap y (ii) Contribuir al proyecto de la Agenda Científica de Dimar ‘Influencia de la Pluma de Río Magdalena en el Caribe Colombiano’, mediante una comparación con datos obtenidos por satélite. El grupo de investigación responsable de la operación se integró por miembros del CIOH y oficiales de Enap.

Un mes más tarde, entre el 25 y el 6 de junio, sería culminado otro trabajo de campo sobre el Mar Caribe: el ‘Crucero Caribe, Junio 2006’, dedicado a la búsqueda de mediciones de parámetros físicos, químicos y biológicos para ser incluidos en la base de datos nacional de cruceros oceanográficos. Para ello, se navegaron zonas cercanas de la costa Caribe colombiana y se continuó con el proceso de observación del efecto de las aguas del río Magdalena en la hidrodinámica del área. Cabe anotar, que fue esta una investigación adelantada exclusivamente por personal científico del CIOH.

Finalmente, el ‘Crucero Caribe, Noviembre 2006’ se desarrolló del 21 al 30 de noviembre, recolectando datos físicos, químicos, biológicos y meteorológicos, nuevamente con el fin de actualizar y completar

la información del NODC. Asimismo, se contó con alumnos de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” (ENSB) de Ciencias del Mar con énfasis en Oceanografía para realizar la materia Cruceros Oceanográficos. Es por ello, que además de contarse dentro del grupo de investigación con personal del CIOH también hizo parte de la tripulación científica miembros de la Escuela (CIOH, 2006).

3.1.3 Instituciones, empresas y talento humano involucrados en los cruceros del Caribe (1969-2006)

Con el ‘Crucero Caribe, Noviembre 2006’ si bien finaliza la reseña de expediciones de recolección de datos e información marina sobre el Caribe colombiano, ello no significa que la actividad científica sobre dicha región por parte de la Autoridad Marítima Nacional y su centro de investigaciones en el Caribe - CIOH- haya terminado. El trabajo mancomunado desarrollado entre 1969 y 2006 con un total de 28 cruceros en el Caribe colombiano (Tabla 3.1), proyecta al país a la permanente actualización e incremento de datos de interés sobre el comportamiento marino nacional, intercambiando conocimiento con otras instituciones y contribuyendo al desdramatamiento de los interrogantes que encierra el espacio científico del Mar Caribe colombiano.

3.2 Cruceros oceanográficos realizados en el Pacífico colombiano por Dimar (1970-2004)

Dados los constantes cambios atmosféricos que el océano Pacífico ha experimentado con el paso del tiempo a causa de los fenómenos naturales, el Gobierno Nacional designó a Dimar como el ente encargado de realizar investigación oceanográfica e hidrográfica en la Cuenca Pacífica Colombiana (CPC). Por tal razón, desde 1970 se empezaron a desarrollar cruceros oceanográficos en el Pacífico colombiano como una prueba latente del interés del Estado por conocer, estudiar e interpretar las variaciones que sufren sus zonas marítimas y la influencia de éstas en el ambiente.

El primer crucero oceanográfico fue denominado Pacífico I y tuvo la característica de haber sido financiado por una empresa pesquera interesada en determinar los efectos de las pesquerías en los bancos de túnidos y en los peces carnada en el Pacífico Tropical. Motivo por el cual fue necesario desarrollar estudios oceanográficos que permitieran obtener datos sobre las condiciones físicas, químicas y en particular biológicas del área de estudio. Desde un comienzo Ciat develó a la Autoridad Marítima Nacional su intención por estudiar y explorar el Pacífico Tropical, por considerarse esta zona como un lugar clave para la explotación de atunes, ya que gran parte de la riqueza íctica del mundo se encuentra ubicada en este sector oceánico (ARC, 1970).

Durante el segundo semestre de 1972 se realizó el crucero oceanográfico Pacífico III a bordo del buque ARC "San Andrés", plataforma investigativa que se utilizó para ejecutar las primeras investigaciones oceanográficas en la CPC. Con la ayuda de esta embarcación se logró obtener datos *in situ* sobre las condiciones océano-atmosféricas del océano Pacífico, (Dimar, 1972). Cabe resaltar que en este crucero no se tomaron muestras biológicas,

ya que los estudios planteados estaban dirigidos hacia el establecimiento de parámetros físicos, químicos y meteorológicos, los cuales aportaron un conocimiento más preciso sobre las condiciones atmosféricas del mar y el estado del océano.

Para 1973, el Gobierno Nacional consciente de las falencias políticas, económicas y científicas del país, diseñó un programa nacional de investigaciones marinas, mediante el cual se planeó y visualizó la importancia que representó para la Nación realizar expediciones oceanográficas sobre ambos litorales, los cuales aún no habían sido estudiados ni explorados. Por tal razón, a principios de la década de los 70, Dimar se encargó de ejecutar dicho plan que abarcó estudios hidrográficos y oceanográficos en ambas cuencas (Dimar, 1973: Pp. 12-21). Fue así como los programas de investigación oceanográfica en Colombia experimentaron un progresivo avance, especialmente aquellos relacionados con la COI, como por ejemplo el programa lode, que con su puesta en marcha pretendió mejorar la producción, intercambio y conservación de datos provenientes de los cruceros oceanográficos.

En 1975 se crea CIOH -dependencia de Dimar- como un centro de investigación marina orientado al desarrollo de estudios hidrográficos y oceanográficos, a partir de los cuales se explorarían y explotarían los recursos naturales del océano. Así, el CIOH se perfiló como el pilar de la investigación oceanográfica del país, pues bajo su batuta estuvo el avance de la Oceanografía en ambos litorales durante gran parte de las décadas de los 70 y 80.

3.2.1 Investigación conjunta en el ámbito regional (1975-1979)

En 1975 se llevó a cabo el crucero oceanográfico Pacífico IV-ERFEN I, expedición que representó el desarrollo de un estudio conjunto con la Comisión Permanente del Pacífi-

co Sur (CPPS) con el programa ERFEN (Dimar, 1975). A partir de este crucero se da inicio en Colombia al desarrollo de la investigación conjunta en el ámbito regional, dado que ERFEN suscitó el interés de los países andinos por explorar e investigar el Pacífico Sudeste. Este hecho ratificó el cumplimiento de las actividades científicas del país como miembro de CPPS e impulsó la producción de datos oceanográficos con altos niveles de calidad (Arriaga, 1982: P. 42).

Con la adhesión de Colombia a CPPS el país logró reconocimiento científico regional e internacionalmente, pues inició el intercambio de datos e información océano-atmosférica del Pacífico colombiano con organizaciones como ONU, que por medio de sus organismos de investigación marina se encarga de difundir el conocimiento oceánico producido por las diferentes instituciones del mundo.

En 1976 se llevó a cabo el crucero oceanográfico Pacífico V-ERFEN II, enfocado en la recopilación de parámetros físico-químicos de la CPC, importantes para proseguir con el desarrollo de las investigaciones marinas en el ámbito nacional y los estudios regionales sobre el Fenómeno de El Niño (Dimar, 1976). Durante el segundo semestre de ese mismo año se realizó el crucero Pacífico VI-ERFEN III, que le permitió al país mostrar las primeras representaciones de El Niño Oscilación Sur (ENOS) obteniendo buenos resultados en su ejecución, razón que animó a los demás países miembros de CPPS a programar el desarrollo de cruceros oceanográficos para esta misma época del año.

Para 1977 se realizó el crucero Pacífico VII, en el cual se tomaron muestras de temperatura, salinidad y nutrientes a una profundidad máxima de 100 m, situación que obedeció a la fatiga de los instrumentos oceanográficos que no resistieron mayores profundidades. Este hecho limitó la realización de algunos muestreos y los resultados del estudio oceanográfico de ese año. Lo anterior puso en evidencia la necesidad de verificar

los instrumentos de medición antes de iniciar la expedición (Dimar, 1977).

A través de estos años CIOH experimentó un mejoramiento sustancial en el área de Oceanografía Operacional, ya que por la exigente labor en ambas costas tuvo que recurrir a una mayor preparación del personal y a la obtención de nuevos instrumentos oceanográficos, que contribuyeran a la recopilación de información oceánica más precisa sobre las condiciones océano-atmosféricas de la CPC. Dicha información fue utilizada en informes internacionales sobre los estudios del fenómeno El Niño, la variación atmosférica del océano Pacífico y para estudios de las condiciones climáticas del globo liderados por OMM (Dimar, 1977).

En 1978 se ejecutó el crucero ERFEN IV, en el cual se adelantaron estudios físicos, químicos y meteorológicos de la CPC presentando como novedad un problema mecánico. El daño que sufrió el winche oceanográfico impidió la toma de muestras a grandes profundidades, y en consecuencia no fue posible realizar estudios comparativos de temperatura y salinidad a profundidades estándar de 0 a 2000 m. Esta situación afectó el desarrollo de la labor investigativa mantenida desde los primeros cruceros para correlacionar las dinámicas océano-atmosféricas que presentaba el océano Pacífico. Este hecho condujo a que Dimar y la CCO unieran esfuerzos para proseguir con las investigaciones oceanográficas patrocinadas por la OEA, a través del Programa Multinacional de Ciencias del Mar (Dimar, 1978).

3.2.2 Nuevo apoyo para la investigación científica marina en el Pacífico (1980-1989)

En 1980 inicia una nueva década de investigación oceanográfica en Colombia, cuyo primer quinquenio estuvo marcado por una disminución en la producción de datos oceanográficos *in situ* de la CPC, ya que sólo se desarrolló un crucero oceanográfico entre 1980 y 1984 por causas aún desconocidas, pues no se encuentran registros documen-

tales que permitan indagar más sobre esta etapa de la historia de este tipo de expediciones en el país. Sin embargo, se dieron significativos avances científicos en el ámbito nacional, ya que las investigaciones adelantadas por Dimar se enmarcaron en el Pdctm de 1980, que contó a partir de 1983 con el proyecto especial para el Fomento y Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar (Fondemar). Este último fue adoptado mediante el Decreto 416 del 12 de febrero de 1983 y dentro de sus objetivos buscaba contribuir a la ejecución de proyectos sectoriales enmarcados dentro del Pdctm en Colombia, mediante aportes financieros que reforzarían los presupuestos de las entidades ejecutoras. Fondemar fue aprovechado precisamente por el crucero oceanográfico Pacífico VII-ERFEN V desarrollado en 1983; en él se recopilaron parámetros físico-químicos y se generó el informe de las condiciones océano-atmosféricas del océano Pacífico como un aporte al Boletín de Alerta Regional del Fenómeno El Niño (CIOH, 1983).

Asimismo, en este período se destaca la creación del Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), el primero de febrero de 1984, con el objetivo de satisfacer las necesidades que en investigación marina poseía el occidente del país. Con esta nueva dependencia de Dimar se logró consolidar la investigación científica marina en las dos cuencas colombianas; históricamente los dos centros de investigación de Dimar han liderado las actividades de monitoreo de las condiciones océano-atmosféricas en el país (Carreño, 2006: Pp. 22-29).

Durante la segunda mitad de la década de 1980 se desarrolló anualmente una expedición oceanográfica como consecuencia del interés nacional por conocer las condiciones atmosféricas de sus mares y dar cumplimiento a los convenios internacionales. Cabe resaltar que a partir de los datos suministrados por estos cruceros se logró aportar información sobre las condiciones océano-atmosféricas de CPC en fechas del año de las cuales se tenían

pocos registros (CIOH, 1986). En esta misma época surgieron para la Nación y los países andinos necesidades de desarrollar investigaciones oceanográficas orientadas hacia la Biología Marina, por ello la Armada Nacional se encargó de formar personal con competencias en dicho campo, el cual posteriormente fue incorporado al CIOH para apoyar la realización de este tipo de estudios en el ámbito local, los cuales habían estado estancados por años hasta ese momento (Velandia, 1988: Pp. 1-2).

La expedición realizada en el primer semestre de 1986 se denominó crucero Pacífico IX-ERFEN VI, y fue desarrollada a bordo del buque ARC "Providencia". Esta expedición presentó una serie de innovaciones técnicas, entre ellas, la adquisición de un correntómetro y la aplicación de una metodología para determinar la morfología de algunas áreas de CPC. En cuanto a la producción de datos marinos, ésta fue una de las más enriquecedoras entre las realizadas en la década de los 80, por la cantidad de parámetros recopilados (físicos, químicos, biológicos, geológicos y meteorológicos). Con ello se dio continuidad al desarrollo de estudios biológicos y geológicos que en anteriores cruceros no se habían adelantado, como los estudios sobre fitoplancton, zooplancton, ictioplancton y bentos, cuyo avance había estado en manos de compañías extranjeras interesadas en explorar y explotar el recurso pesquero del Pacífico Sudeste (CCCP, 1986).

Para 1987 se llevó a cabo el crucero Pacífico X-ERFEN VII, también a bordo del buque ARC "Providencia". En esta expedición se efectuaron levantamientos hidrográficos en las bahías de Málaga y Buenaventura, que permitieron determinar la profundidad del lugar, la morfología del lecho marino y corregir la entrada del canal de acceso al puerto de Buenaventura. Este tipo de estudios contribuyeron a la producción de cartas náuticas y en consecuencia a la seguridad en la navegación marítima, al auge de la entrada de buques de mayor calado al puerto más

importante sobre el Pacífico colombiano y al incremento de la actividad económica de la región (CIOH-Ingeominas, 1987: P. 24).

Durante el primer semestre del 1988 se cumplió el crucero Pacífico XII-ERFEN IX, en el cual se recopilaban datos sobre parámetros físico-químicos y océano-atmosféricos de la CPC, información que contribuyó al conocimiento de las causas, características y variabilidad del océano antes, durante y después del fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste (CIOH, 1988; pp. 1-2). Sin embargo, no se recopiló información biológica para ampliar el conocimiento sobre la afectación que este fenómeno causa sobre la fauna marina y el ecosistema marino en general.

Cabe mencionar que hasta este decenio las entidades del ámbito nacional no habían ejecutado estudios de Biología Marina para la determinación abundancia y clasificación de peces en las costas colombianas; acción que quedó plasmada en el Pdctm a partir del cual se realizaron estudios marinos para determinar métodos de explotación controlados que permitieran la conservación y la renovación del recurso íctico (Garay, 1988; Pp. 5-11).

La realización del crucero Pacífico XIII, a finales de 1988, obedeció a una estrategia investigativa de Dimar por precisar los cambios oceánico-atmosféricos que ocasionalmente se producen hacia las postrimerías del año, como consecuencia de la posible generación de un fenómeno natural como El Niño. Situación que pese a ser circunstancial despertó el interés de científicos nacionales y extranjeros por conocer más sobre el comportamiento del océano Pacífico durante el desarrollo del evento cálido⁶⁰.

En 1989 se llevaron a cabo dos cruceros: Pacífico XIV-ERFEN XI⁶¹ y Pacífico XV-ERFEN

XII. Los proyectos de investigación como ERFEN, *Tropical Ocean-Global Atmosphere* (TOGA) y Malpelo, marcaron las actividades científicas de la expedición oceanográfica del segundo semestre de este año y proyectaron la importancia de los datos oceanográficos colombianos para analizar las condiciones oceano-atmosféricas del Pacífico⁶². Vale mencionar que el segundo crucero oceanográfico del año fue escogido por CCO para conmemorar sus 20 años de labores, por ello junto al CCCP y CIOH se coordinó la realización conjunta de la expedición sobre las aguas del océano Pacífico⁶³.

En el desarrollo de las expediciones oceanográficas de este período se observó continuidad en la exploración de ciertas áreas de estudio, mientras que en otras es irregular la recopilación de parámetros geológicos y biológicos, los cuales son fundamentales para constituir una Oceanografía integral.

3.2.3 Una investigación planificada (1990-1994)

El desarrollo de la investigación marina en Colombia durante los años 90 se enmarcó en el Pdctm 1990-2000. Proyecto impulsado por Dimar para incentivar los estudios marinos en ambas costas, cuyos resultados sirvieron para establecer los niveles de contaminación de CPC a causa del vertimiento de petróleo y sus derivados, específicamente en las costas de Tumaco y Buenaventura por las actividades marítimas y portuarias que allí se desarrollan; situación que históricamente ha afectado el ecosistema marino, produciendo recubrimiento de las aguas superficiales con películas y conglomeraciones de alquitrán,

⁶⁰ Cioh. 1988b. Crucero Pacífico XIII. Informe Técnico. [s.l.i]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p].

⁶¹ Cioh. 1989a. Crucero Pacífico XIV-Erfen XI. Informe Técnico. Cartagena: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

⁶² Cioh. 1989b. Informe Crucero Oceanográfico Pacífico XV-Erfen XII "20 Años CCO". Informe Técnico. Cartagena: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar [s.p.].

⁶³ Necesidad de Obtener Información más Detallada. The National Academies. 01 octubre de 2006. http://www7.nationalacademies.org/opus/1spanish_elnino_7.html.

ensuciando las playas y generando muerte de aves y peces (Palacio, 1990; Pp. 3-25).

Durante el primer semestre de 1990 se realizó el crucero Pacífico XVI⁶⁴ y durante el segundo el crucero Pacífico XVII. En ellos se dió continuidad al monitoreo de las condiciones físico-químicas del Pacífico colombiano; la medición de parámetros como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes fueron una constante básica para determinar y correlacionar las condiciones oceánicas del Pacífico Sudeste⁶⁵. Las muestras oceanográficas de la expedición del segundo semestre, recopiladas en un área de estudio comprendida en aproximadamente 24 km², con límites naturales en el estero de Purún al sur y El Bajito al norte de la cuenca, permitieron determinar la circulación de masas de agua influenciadas por la Corriente Ecuatorial que sube de sur a norte por todo el litoral Pacífico y la composición bioquímica del agua, logrando precisar la cantidad de nutrientes que se encontraban en la región y los aportes de la desembocadura del río Mira. La ejecución de este trabajo investigativo buscó atender una necesidad pesquera, para establecer el impacto ambiental de la composición química del agua sobre el recurso íctico de la región, la cual se caracteriza por ser una de las más ricas del mundo (Marrugo, 1990; Pp. 3-15).

Durante el primer semestre de 1991 se realizó el crucero Pacífico XVIII-ERFEN XV a bordo del buque ARC “Malpelo”, y en el segundo semestre se llevó a cabo el crucero Pacífico XIX-ERFEN XVI a bordo del mismo buque⁶⁶. La primera expedición tuvo una estrecha relación con las áreas de estudio abarcadas en las expediciones oceanográfi-

cas del 89, relacionadas con los proyectos ERFEN, TOGA y Malpelo, de interés para precisar los factores que influyen en la generación de cambios atmosféricos en el Pacífico Tropical y que afectan distintas regiones del globo. Dicho crucero contó con la participación de NOAA, como invitado internacional, y del CIOH, como colaborador en la ejecución de los muestreos que se realizaron en las áreas oceánicas de estudio, claves para desarrollar los proyectos de investigación internacional.

Sobre los cruceros realizados en 1992 no se encontraron registros. Se presume la realización de dichos cruceros ya que el número consecutivo que registra el crucero de 1993 así lo sugiere. Del crucero ERFEN XX realizado precisamente en 1993 a bordo del buque ARC “Providencia” se destaca el apoyo brindado a las investigaciones desarrolladas por Univalle sobre los arrecifes coralinos, peces e ictioplancton de Isla Malpelo,. En la Figura 3.5 se apreciar la malla de muestreo utilizada en dicha expedición⁶⁷.

Durante el segundo semestre de ese mismo año se llevó a cabo el crucero ERFEN XXI, a bordo del mismo buque, el cual se enfocó en la recopilación de parámetros físicos, químicos y biológicos, que permitieran profundizar en el estudio del comportamiento de las condiciones océano-atmosféricas de CPC, a raíz de El Niño de 1992. Este evento suscitó el interés de la Autoridad Marítima Nacional, el Himat y el Instituto Nacional de Pesca y Agricultura (INPA), por conocer la influencia de El Niño sobre el ciclo vital de los peces y su reflejo en la economía de las zonas costeras y el país⁶⁸.

⁶⁴ Cioh. 1990a. Crucero Pacífico XVI. Informe Técnico. [s.l.e.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

⁶⁵ Cioh. 1990b. Crucero Pacífico XVII. Informe Técnico. [s.l.e.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

⁶⁶ Cioh. 1991a. Informe Científico Crucero Pacífico XVIII-Erfen XV Toga-Colombia (Marzo-Abril 1991). Informe Técnico. [s.l.e.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

⁶⁷ Cioh. 1993a. Informe Técnico Crucero Oceanográfico Erfen XX. Informe Técnico. Cartagena de Indias: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

⁶⁸ Cioh. 1993b. Informe Técnico Crucero Oceanográfico Erfen XXI. Informe Técnico. Cartagena de Indias: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

A finales de 1994 Dimar proyectó y realizó por medio del CCCP el crucero Pacífico XXIV-ERFEN XXII, caracterizado por desarrollar investigación marina orientada a monitorear las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico colombiano, a través de estudios físicos, químicos y biológicos en CPC, los cuales aportaron información valiosa sobre el estado del océano, que permitió determinar cambios y variaciones en el comportamiento del mar, indispensables para identificar la gestación y desarrollo de un evento cálido (CCCP, 1994).

Los estudios físicos, químicos y biológicos en CPC, los cuales aportaron información valiosa sobre el estado del océano, que permitió determinar cambios y variaciones en el comportamiento del mar, indispensables para identificar la gestación y desarrollo de un evento cálido (CCCP, 1994).

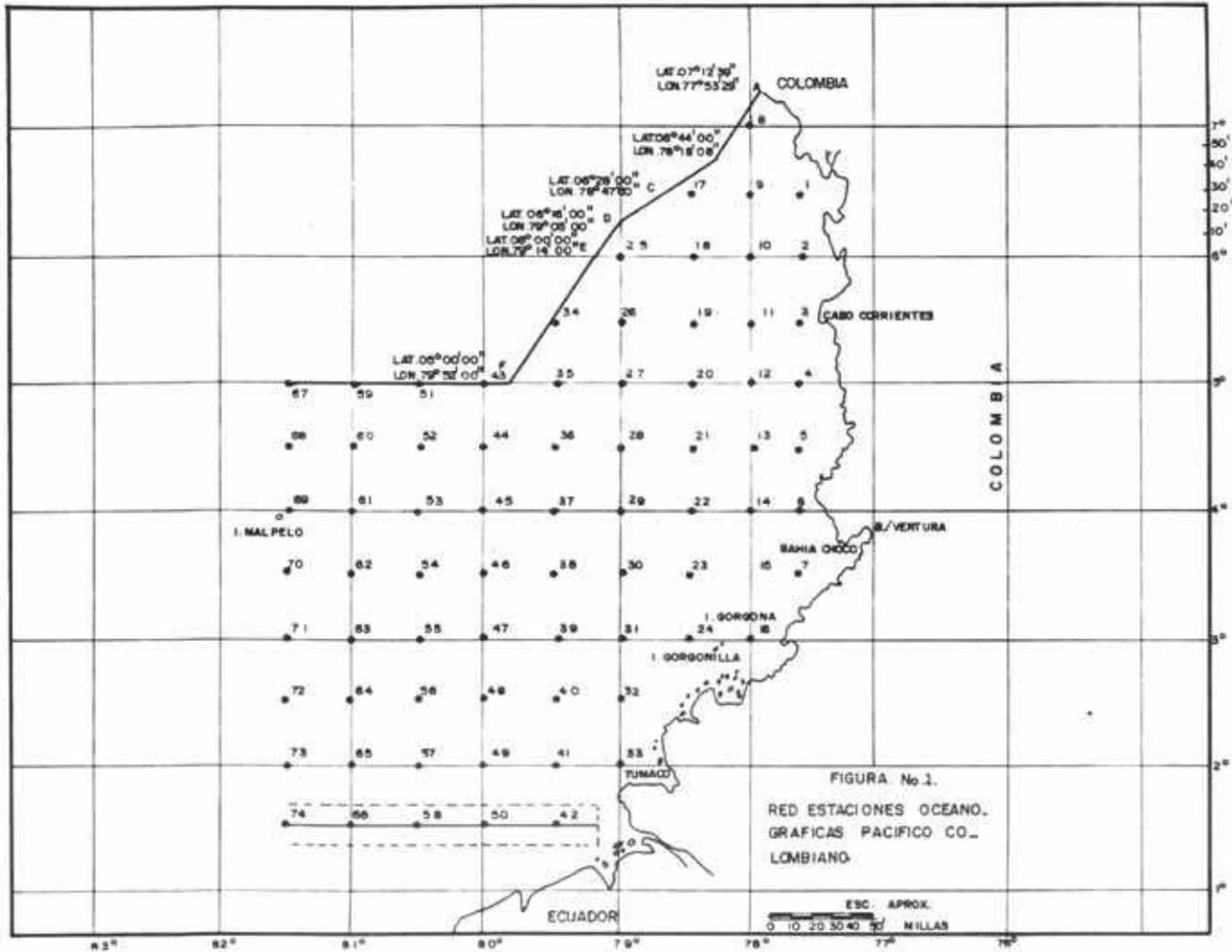


Figura 3.5. Malla de muestreo utilizada en el crucero ERFEN XX, en 1993.

3.2.4 El Niño y su importancia dentro de las expediciones investigativas (1995-1999)

En 1996 se desarrolló el crucero Pacífico XXV-ERFEN XXIII, que dio continuidad al moni-

torio de las condiciones océano-atmosféricas en el Pacífico colombiano. En esta oportunidad se adelantaron muestreos más rigurosos y permanentes sobre el área de estudio para monitorear las condiciones meteorológicas⁶⁹.

⁶⁹ Cccp. 1996a. Informe del Crucero Oceanográfico Pacífico XXV-Erfen XXIII, Cccp-Tumaco (Junio 1996). [s.l.i.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

Para el segundo semestre de 1996 se realizó el crucero Pacífico XXVI-ERFEN XXIV, expedición que estuvo enfocada en contribuir con la determinación de parámetros oceanográficos que permitieran establecer el inicio y evolución de cualquier fenómeno natural sobre el Pacífico Sudeste⁷⁰.

3.2.4 El Niño y su importancia dentro de las expediciones investigativas (1995-1999)

En 1996 se desarrolló el crucero Pacífico XXV-ERFEN XXIII, que dio continuidad al monitoreo de las condiciones océano-atmosféricas en el Pacífico colombiano. En esta oportunidad se adelantaron muestreos más rigurosos y permanentes sobre el área de estudio para monitorear las condiciones meteorológicas⁶⁹. Para el segundo semestre de 1996 se realizó el crucero Pacífico XXVI-ERFEN XXIV, expedición que estuvo enfocada en contribuir con la determinación de parámetros oceanográficos que permitieran establecer el inicio y evolución de cualquier fenómeno natural sobre el Pacífico Sudeste⁷⁰.

Es importante señalar que durante este año Dimar promovió la generación de lineamientos para crear un frente de resistencia frente a la sobrepoblación, contaminación y deterioro de los litorales colombianos, los cuales durante las últimas décadas habían estado al arbitrio de particulares que se apropiaban de las zonas costeras pertenecientes a la Nación. Por esta razón, para 1997 se dictaron en el país las primeras políticas nacionales sobre manejo integrado de zonas costeras (MIZC), con el propósito de crear conciencia sobre la importancia de mantener un orden constante en la franja que separa el mar de la tierra⁷¹.

En 1997 se realizó en CPC el crucero Pacífico XXVII-ERFEN XXV y para el segundo semestre de 1997 el crucero Pacífico XXVIII-ER-

FEN XXVI a bordo del buque ARC “Malpelo”. Con los registros obtenidos hasta la fecha y los cambios océano-atmosféricos observados al comienzo y al final de cada año se acumuló información sobre las etapas de desarrollo de El Niño, en cuanto a su extensión e intensidad (CCCP, 1997).

Cabe mencionar, que durante 1997 se promulga la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (Pnaoci), que partió de los estudios relacionados con MIZC, estudios que llamaron la atención de las instituciones nacionales con especial interés por la problemática socio-económica y ambiental. Así, Colombia se unió a las naciones que buscaban pensar, planificar y proyectar sus costas y litorales en busca de un mejor aprovechamiento del espacio y de los recursos sostenibles que brinda la naturaleza⁷².

La agresividad que mostró El Niño ese mismo año se evidenció en las poblaciones costeras del Pacífico colombiano, las cuales soportaron anomalías extremas que pusieron en riesgo la vida de muchas familias. Algunos sectores residenciales de San Andrés de Tumaco se inundaron, causando deterioro y destrucción en viviendas aledañas a la costa donde el nivel medio del mar subió en 20cm, provocando considerables pérdidas materiales. Este hecho de inmediato llamó la atención de instituciones y autoridades locales encargadas de la atención y prevención de desastres, las cuales cubrieron la emergencia y resaltaron los graves problemas de riesgo en que se encontraban sus habitantes por la ubicación de sus casas, las cuales, ante un próximo evento, podrían verse afectadas gravemente por su cercanía al mar y la composición sedimentológica de sus territorios, los cuales ante un fenómeno natural pueden

⁷⁰ Cccp. 1996b. Informe del Crucero Oceanográfico Pacífico XXVI-Erfen XXIV, Cccp-Tumaco (Octubre de 1996). Informe Técnico: [s.l.e.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.]

⁷¹ MIZC. Comisión Colombiana del Océano. 30 de Octubre de 2006. <http://www.cco.gov.co/mizc1.htm#dos>

⁷² *Ibíd.*, [s.p.].



Figura 3.6. Recibimiento en el puerto de Tumaco de la tripulación del crucero oceanográfico de 1999 a bordo del buque ARC “Malpelo”.

generar procesos de licuación que hacen frágil cualquier tipo de estructura (Montagut, 1997).

Para 1998 se realizó el crucero Pacífico XXIX-ERFEN XXVII. En esta expedición se recolectaron y determinaron muestras oceanográficas en 61 estaciones en las que primaron los parámetros físicos, químicos y meteorológicos, mientras que en 22 estaciones se toma-

ron muestras de plancton. Esta información fue recurso esencial para los estudios biológicos y químicos que se adelantaron sobre contaminación por hidrocarburos de algunas zonas de CPC, las cuales habían sido afectadas durante los últimos años a causa del vertimiento de compuestos de hidrocarburos⁷³. Por su parte, el crucero Pacífico XXX-ERFEN XXVIII, efectuado en el segundo semestre del mismo año siguió el objetivo de registrar el comportamiento térmico, halino e isopícnico del océano Pacífico durante las etapas de desarrollo de un evento cálido⁷⁴.

En 1999 tuvo lugar el crucero Pacífico XXXI-ERFEN XXIX (Figura 3.6), el cual monitoreo las condiciones océano-atmosféricas con el propósito de determinar el comportamiento del mar de CPC, la cual para esta fecha experimentaba cambios como consecuencia del desarrollo de un evento frío que se encontraba en su etapa de madurez. Durante esta expedición se ejecutaron estudios físicos, químicos, biológicos y meteorológicos en el Pacífico colombiano, los cuales fueron realizados en 88 estaciones oceanográficas. Los parámetros físicos y meteorológicos se determinaron en todas las estaciones, mientras que sólo en 23 se recolectaron muestras para efectuar análisis químicos y biológicos de CPC (CCCP, 1999)

3.2.5 Continuidad investigativa (2000-2004)

Para este período se definió un objetivo general común para todas las expediciones oceanográficas que consistió en determinar la influencia de los fenómenos naturales en las condiciones océano-atmosféricas de CPC, zona en la cual durante 25 años se habían

⁷³ Cccp. 1998a. Características del Comportamiento Hidrológico y Biológico del Pacífico Colombiano Durante mayo de 1998. Crucero Pacífico XXIX-Erfen XXVII. Informe Técnico. Tumaco. República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. p 1.

⁷⁴ Cccp. 1998b. Datos Oceanográficos del Crucero Pacífico XXX-Erfen XXVIII, octubre de 1998 a bordo del ARC “Malpelo”. Informe Técnico: [s.l.e]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dimar. [s.p.].



Figura 3.7. Buque ARC “Gorgona”, plataforma utilizada en el 2000 para el crucero Pacífico XXXII-ERFEN XXX.

efectuado cruceros destinados a producir datos oceanográficos que aportaban al conocimiento sobre las diferentes etapas de evolución de El Niño, su periodicidad, duración, intensidad, anomalías y sectores de mayor influencia.

En el 2000 se llevó a cabo el crucero Pacífico XXXII-ERFEN XXX, por primera y única vez en el registro histórico a bordo del buque balizador ARC “Gorgona”⁷⁵, en una época de alteración atmosférica de las zonas continentales donde predominaron el cielo cubierto y las fuertes precipitaciones. La utilización de esta plataforma se produjo por la entrada a astilleros del ARC “Providencia” para reparaciones mayores; mientras que el ARC “Malpelo” se encontraba realizando actividades de

competencia de la Armada Nacional⁷⁶. Este hecho significó la adecuación de espacios para la ubicación de laboratorios científicos y la instalación de equipos oceanográficos que facilitarían el desarrollo de las labores científicas a bordo del ARC “Gorgona”.

Pese a los esfuerzos realizados, durante esta expedición se presentaron problemas en las maniobras de recolección de muestras a causa de un daño que sufrió el winche oceanográfico, impidiendo fondear los instrumentos a ciertas profundidades. Adicionalmente, la menor capacidad de velocidad del buque, prolongó la expedición a 24 días.

Este evento, sumado a las necesidades de la investigación marina del momento en el Pacífico colombiano, llevó a Dimar a efec-

⁷⁵ El buque ARC “Gorgona” fue construido en 1953 en Suecia e incorporado a la Armada Nacional el 27 de febrero de 1955. Fuente: Cccp. Hasta entonces era utilizado como buque balizador o plataforma para realizar actividades relacionadas con la señalización marítima.

⁷⁶ Cccp. 2000a. Informe Crucero Oceanográfico Pacífico XXXII-Erfen XXX, mayo de 2000. Informe Técnico: [s.l.e]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

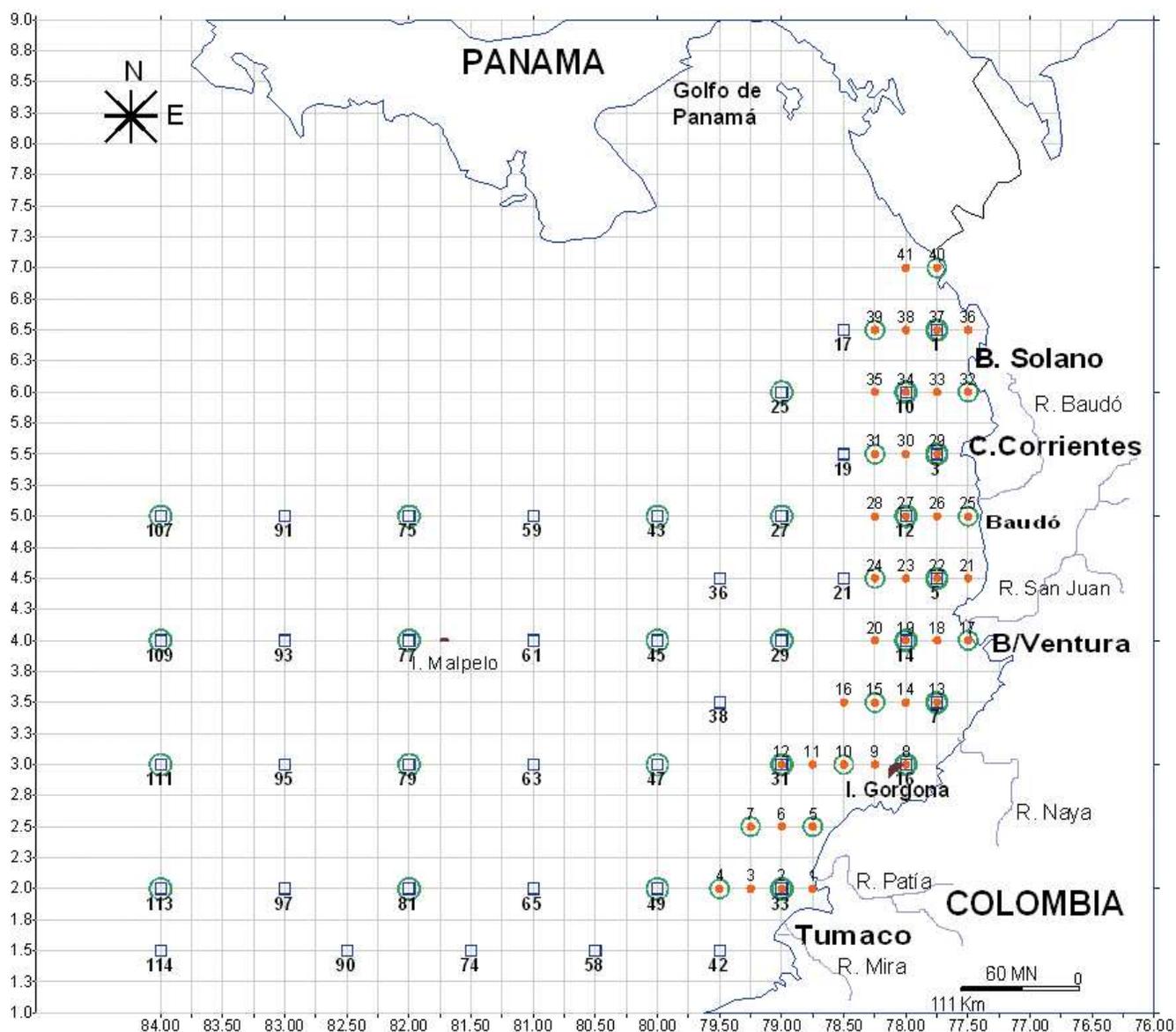


Figura 3.8. Estaciones oceanográficas en la CPC.

tuar laboriosas tareas de mantenimiento y repotenciación del buque ARC “Gorgona”, no sólo en los sistemas básicos de operación, sino en los equipos auxiliares de navegación y aquellos necesarios para la investigación científica. Los trabajos de actualización tuvieron una duración de tres años y fueron realizados por la Corporación de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (Cotecmar) de la Armada Nacional⁷⁷.

Las nuevas capacidades instaladas en el buque ARC “Gorgona”, como la ecosonda monohaz de aguas profundas hasta 6000 m, la estación meteorológica y un winche oceanográfico (Figura 3.7) ayudaron con el refinamiento en el posicionamiento y fondeo de ayudas a la navegación en los canales de acceso de los puertos de Buenaventura y Tumaco, pero principalmente, prepararon a esta plataforma para apoyar nuevos proyectos de investigación científica.

⁷⁷ Ampliación de las capacidades científicas nacionales y de seguridad marítima en el Pacífico colombiano: Zarpe del buque ARC “Gorgona”. Cccp. 24 de junio de 2008. <http://www.cccp.org.co/modules.php?name=News&file=article&sid=430>

ca en el océano Pacífico, hecho que se hizo una realidad a partir de 2008⁷⁸.

Durante noviembre de 2000 se realizó el crucero Pacífico XXXIII-ERFEN XXXI a bordo del buque ARC “Providencia”, tras concluir reparaciones mayores y pese a estar bajo la responsabilidad de la Armada Nacional, comparte la realización de actividades de carácter científico con Dimar⁷⁹.

En el primero y segundo semestre de 2001 se llevaron a cabo los cruceros Pacífico XXXIV-ERFEN XXXII⁸⁰ y Pacífico XXXV-ERFEN XXXIII, respectivamente, en un período en el cual se presentaron algunas secuelas oceánicas como consecuencia del evento frío que se produjo a finales del 2000⁸¹. En este año se estableció la malla de monitoreo oceánico y costero que se aprecia en la Figura 3.8, compuesta por 41 estaciones destinadas a la recolección de parámetros físicos, químicos y meteorológicos, y 31 estaciones para la recolección de muestras biológicas.

Los datos e información recopilados durante este período fueron utilizados en la determinación de la presencia de la corriente Humboldt hacia la parte sur de CPC, la cual transporta aguas frías y salinas que son protagonistas durante la generación de un evento frío. De esta manera se apreció cómo después de ocurrido un fenómeno natural quedaban restos de los cambios océano-atmosféricos que se producían, los cuales demoraron meses en desaparecer del océano⁸².

En el 2002 se realizó el crucero Pacífico XXXVI-ERFEN XXXIV a bordo del buque ARC

“Malpelo”; durante esta expedición se trabajaron 79 estaciones oceanográficas en CPC, de las cuales en 45 se recopilaron parámetros físicos, químicos y meteorológicos; y en 25 se tomaron muestras de fitoplancton, zooplancton y clorofilas. Nuevamente, a partir de esta labor se establecieron las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico colombiano que, como era de esperarse, evidenció ciertas modificaciones que apuntaron hacia la generación de un evento frío⁸³.

Para el segundo semestre de 2002 se desarrolló el crucero Pacífico XXXVII-ERFEN XXXV con el apoyo del buque ARC “Malpelo”. Los equipos utilizados fueron los mismos que en anteriores expediciones las cuales presentaron como común denominador la ausencia de recopilación de datos geológicos. Con los datos oceanográficos del crucero se desarrollaron perfiles de temperatura y salinidad con el fin de correlacionar los cambios encontrados en cada una de las variables con respecto al desplazamiento de las corrientes del Pacífico colombiano⁸⁴.

Para el 2003 se ejecutó el crucero Pacífico XXXVIII-ERFEN XXXVI. En éste se recopilaron datos y muestras oceanográficas en 69 estaciones: 44 físicas y meteorológicas y 25 físico-químicas. Los resultados desmintieron el posible desarrollo de un evento cálido, pese a los leves cambios atmosféricos que se presentaron al comienzo del año, ya que durante la expedición se evidenció normalidad en los parámetros analizados (CCCP, 2003: P. 2).

⁷⁹ Cccp. 2000b. Informe Crucero Oceanográfico Pacífico XXXIII-Erfen XXXI, noviembre-diciembre de 2000. Informe Técnico: [s.l.e.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. P. 1

⁸⁰ CCCP. 2001a. Informe Preliminar Crucero Oceanográfico Pacífico XXXIV-ERFEN XXXII, Junio de 2001. Informe Técnico: [s.l.e.]: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.]

⁸¹ CCCP. 2001. Condiciones Oceanográficas Durante agosto-septiembre de 2001 en la Cuenca del Pacífico Colombiano. En: Estudio de las Condiciones Oceanográficas, Meteorológicas y Biológicas en las Cuenca del Pacífico Colombiano. Cccp. San Andrés de Tumaco. Pp. 16.

⁸² *Ibíd.* Pp. 1.

⁸³ Cccp. 2002a. Crucero Oceanográfico Pacífico XXXVI-Erfen XXXIV, (febrero-marzo de 2002). Informe Técnico. San Andrés de Tumaco: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. [s.p.].

⁸⁴ Cccp. 2002b. Crucero Oceanográfico Pacífico XXXVII-Erfen XXXV, septiembre de 2002. Informe Técnico. Tuma-co: República de Colombia, Ministerio de Defensa, ARC, Dimar. P 3.

En 2004 tuvo lugar el crucero Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII, a bordo del buque ARC “Providencia”, cuyo monitoreo de las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico colombiano mostró pequeñas anomalías propias de las secuelas dejadas por la etapa final de un evento frío que se produjo durante la segunda mitad de 2003, además de cielo semi-cubierto y lluvias moderadas. Estas condiciones aparentemente persistieron en algunas zonas de CPC, donde la temperatura del mar y la salinidad presentaron leves disminuciones que alertaban sobre cambios más severos a futuro (CCCP, 2004).

A partir del 2005, se incluiría permanentemente en el itinerario de muestreo una malla de estaciones oceanográficas en el Santuario de Fauna y Flora Isla Malpelo⁸⁵, con el objetivo de efectuar una primera aproximación del comportamiento dinámico (corrientes, temperatura en la columna de agua, salinidad y parámetros químicos) de las zonas insulares de CPC con datos *in situ*, para la determinación de zonas de surgencia. La malla de estaciones para zonas insulares hoy día incluye las islas Malpelo y Gorgona, con 12 y 19 estaciones, respectivamente. Así, en adelante los cruceros se caracterizarían por su alto nivel de tomas del componente biológico como: el monitoreo de mamíferos marinos, el registro de actividades predominantes de los grupos de cetáceos, la evaluación de la riqueza de comunidades ícticas, la abundancia de peces importantes y el monitoreo de comunidades planctónicas.

3.2.6 Instituciones, empresas y personas involucradas en el desarrollo de los cruceros del Pacífico (1970-2004)

Desde 1970, fecha en la cual se realizó el primer crucero oceanográfico en el Pacífico colombiano por parte de Dimar y hasta el año 2004, se observó cómo un conjunto de instituciones a lo largo de 37 expediciones, de las cuales se tiene evidencia documental, han participado activamente en el desarrollo de las labores científicas en el mar. Tal como se aprecia en la Tabla 3.II, la Armada Nacional ha estado presente en todas estas expediciones, principalmente como parte de la tripulación de los buques utilizados durante las travesías; el CIOH, como dependencia de Dimar, participó en siete cruceros entre 1988-1994 y a partir de este último año el CCCP asumió la responsabilidad para el Pacífico colombiano, la cual se mantiene en la actualidad.

En cuanto a las instituciones invitadas, se destaca la participación en un 30 % por parte del Himat, actual Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Entre las entidades educativas sobresalen la Unal, la UJTL y Univalle, con siete participaciones en total.

Sobre la participación de instituciones extranjeras, se registra la vinculación del *Smithsonian Tropical Institute* de Panamá y de la NOAA de los Estados Unidos en los cruceros del 1991. Sin embargo, a partir de 1999 el embarque un representante de instituciones extranjeras, fundamentalmente de países miembros de CPPS, se convirtió en una constante debido al compromiso del país con el Programa Regional ERFEN.

⁸⁵ Ubicada sobre los 3°51'N y 81°35'W, de origen volcánico, se distancia del litoral Pacífico colombiano a unas 270 millas náuticas al oeste de Buenaventura. Es la única prolongación emergida del relieve oceánico submarino (la dorsal de Malpelo), que se eleva bruscamente desde fondos abisales. Tomado de: <http://www.cccp.org.co/modules.php?name=News&file=article&sid=39>. 08 de mayo de 2005.

Tabla 3.II. Listado de cruceros realizados en el Pacífico colombiano, plataforma utilizada y entidades participantes.

Año	Período	Crucero	Buque	Participantes
1970	Mar	Pacífico I	ARC "San Andrés"	ARC ARC Inderena ⁸⁶ Univalle Universidad de Nariño Unal UJTL
1972	Feb 13-Mar 11	Pacífico II	ARC "San Andrés"	ARC
1972	Jun 10-Jun 28	Pacífico III	ARC "San Andrés"	ARC
1975	Ene 31-Feb 17	Pacífico IV-ERFEN I	ARC "San Andrés"	ARC U de A ⁸⁷ Universidad de Cartagena UJTL Univalle
1976	Abr 14-May 17	Pacífico V-ERFEN II	ARC "San Andrés"	ARC
1976	Sep 23-Oct 29	Pacífico VI-ERFEN III	ARC "San Andrés"	ARC UJTL
1977	Oct 22-Nov 2	Pacífico VII	ARC "San Andrés"	ARC Universidad del Magdalena
1978	Oct 29-Dic 12	ERFEN IV	ARC "San Andrés"	ARC Inderena CCO
1982	Nov-Dic	Pacífico VIII-ERFEN V	ARC "Malpelo"	No se encontró registro.
1986	May-Jun	Pacífico IX-ERFEN VI	ARC "Providencia"	ARC
1987	May	Pacífico X-ERFEN VII	ARC "Providencia"	ARC Unal Himat Ingeominas
--	--	Pacífico XI-ERFEN VIII	--	No se encontró registro.
1988	Mar-Abr	Pacífico XII-ERFEN IX	ARC "Providencia"	UJTL CIOH
1988	Nov	Pacífico XIII-ERFEN X	--	No se encontró registro.
1989	Mar	Pacífico XIV-ERFEN XI	--	No se encontró registro.
1989	Ago	Pacífico XV-ERFEN XII	ARC "Malpelo"	CIOH Himat UJTL Univalle Unal Diario El Espectador

⁸⁶ Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente.⁸⁷ Universidad de Antioquia.

Año	Período	Crucero	Buque	Participantes
1990	Sep	Pacífico XVII-ERFEN XIV	--	No se encontró registro.
1991	Mar-Abr	Pacífico XVIII-ERFEN XV	ARC "Malpelo"	CIOH Himat Unal <i>Smithsonian Tropical Institute</i> Univalle UJTL
1991	Sep-Oct	Pacífico XIX-ERFEN XVI	ARC "Malpelo"	CIOH Himat NOAA UIS Univalle
1993	Abr-May	ERFEN XX	ARC "Providencia"	CIOH ARC Himat CCCP Univalle INPA Sena-Centro Náutico y Pesquero
1993	Sep-Oct	ERFEN XXI	ARC "Providencia"	CIOH ARC CCCP Armada Nacional de Venezuela INPA Himat Unal UIS
1994	Nov	Pacífico XXIV-ERFEN XXII	ARC "Providencia"	ARC CCCP CIOH UJTL
1996	Oct	Pacífico XXVI-ERFEN XXIV	No hay registro.	CCCP
1997	May	Pacífico XXVII-ERFEN XXV	No hay registro.	ARC CCCP Universidad de Nariño
1997	Nov	Pacífico XXVIII-ERFEN XXVI	ARC "Malpelo"	CCCP ARC Universidad Javeriana
1998	May	Pacífico XXIX-ERFEN XXVII	ARC "Malpelo"	ARC CCCP
1998	Nov	Pacífico XXX-ERFEN XXVIII	ARC "Malpelo"	CCCP CIOH ARC Unal Ideam Universidad de Nariño

Año	Período	Crucero	Buque	Participantes
2000	May	Pacífico XXXII-ERFEN XXX	ARC “Gorgona”	CCCP Imarpe ⁸⁸ FUP UJTL ARC
2000	Nov	Pacífico XXXIII-ERFEN XXXI	ARC “Providencia”	CCCP FUP ⁸⁹
2001	Jun-Jul	Pacífico XXXIV-ERFEN XXXII	No hay registro.	CCCP UJTL
2001	Ago-Sep	Pacífico XXXV-ERFEN XXXIII	ARC “Providencia”	CCCP
2002	Feb-Mar	Pacífico XXXVI-ERFEN XXXIV	ARC “Malpelo”	CCCP
2002	Sep	Pacífico XXXVII-ERFEN XXXV	ARC “Malpelo”	CCCP Ideam Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú Instituto de Fomento Pes- quero de Chile ARC
2003	Sep	Pacífico XXXVIII-ERFEN XXXVI	ARC “Malpelo”	CCCP ARC Ideam Invemar Universidad Militar Nueva Granada Univalle Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador
2004	Sep-Oct	Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII	ARC “Providencia”	ARC Invemar Universidad Militar Nueva Granada UAESPNN ⁹⁰ Ideam Universidad Eafit Fundación Yubarta Fundación Malpelo CCCP

⁸⁸ Instituto del Mar del Perú.

⁸⁹ Fundación Universitaria de Popayán.

⁹⁰ Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.

3.3 Conclusiones

- La incorporación de los buques oceanográficos al proceso de investigación científica marina, como plataformas de apoyo para la recopilación de datos *in situ*, significó un gran paso para la investigación marina en el país, pues mejoró sustancialmente el desarrollo de las actividades oceanográficas y permitió aumentar la producción científica en este ámbito.
- Las expediciones oceanográficas en Colombia han estado bajo la administración de Dimar por casi cuatro décadas, período en el cual sus centros de investigaciones se han encargado del monitoreo y análisis de las variables océano-atmosféricas observadas en las costas y océanos en el país. En este sentido, la repotenciación de plataformas, la capacitación del talento humano y la vinculación a nuevos programas de investigación le han permitido a la Autoridad Marítima Nacional adaptarse a nuevos requerimientos y tendencias regionales y globales.
- Con la vinculación de universidades e instituciones a los cruceros oceanográficos colombianos, Dimar incrementó los niveles de calidad de la investigación, amplió el campo de la producción científica y abrió nuevos espacios para la interpretación de los parámetros oceanográficos y meteorológicos que se recopilan en el Pacífico y el Caribe.
- El constante monitoreo de las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico y Caribe colombianos le han permitido a Dimar contar con una base de datos nacional relacionada con los cruceros oceanográficos, datos que han sido compartidos con diferentes instituciones dedicadas a la investigación científica en el país, en pro de la generación de conocimiento sobre las costas y océanos de Colombia.

3.4 Literatura citada

- ARC. (1969). Resultados preliminares cruce-ro oceanográfico en el Caribe Colombiano, Océano I-1969. Ministerio de Defensa Nacional, Armada Nacional.
- ARC. (1970). Crucero Oceanográfico en el Pacífico Colombiano, Pacífico I-1970, Resultados Preliminares. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- Arriaga, L. (1982). La Comisión Permanente del Pacífico Sur como Organismo Regional Marítimo y sus Perspectivas. Pacífico Sur. Quito, Ecuador. No. 12. p. 42.
- Carreño, C. (2006). Nuevo Orden Espacial y Científico en el Pacífico Colombiano. En: Compilación Histórica de la Dirección General Marítima-Dimar Ubicadas en el Área Naval de El Morro, San Andrés de Tumaco. CCCP. San Andrés de Tumaco. Pp. 22-29.
- CCCP. (1994). Informe Técnico Crucero Oceanográfico ERFEN XXII. Informe Técnico. Cartagena de Indias: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CCCP. (1997). Datos Hidrográficos del Crucero Pacífico XXVIII-ERFEN XXVI, CCCP-Tumaco. Informe Técnico. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CCCP. (1999). Informe del Crucero Oceanográfico Pacífico XXXI-ERFEN XXIX (Mayo de 1999). Informe Técnico. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CCCP. (2003). Informe Final del Crucero Oceanográfico Pacífico XXXVIII-ERFEN XXXVI y VI Crucero Regional Conjunto de Investiga-

- ción Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, realizado en septiembre de 2003. Informe Técnico. San Andrés de Tumaco: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CCCP. (2004). Informe Final Crucero Oceanográfico Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII y VII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudoeste, realizado en septiembre-octubre de 2004. Informe Técnico. San Andrés de Tumaco: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima. P. 2.
- CIOH. (1978). Informe datos oceanográficos: Crucero Océano III. Ministerio de Defensa. Armada Nacional, Bogotá.
- CIOH. (1979). Informes Oceanográficos: Crucero Océano IV, Subárea 2.1. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, Bogotá.
- CIOH. (1981). Crucero Océano V. Centro de Documentación Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas.
- CIOH. (1982). Crucero Pacifico VII - ERFEN IV: Formato de Datos Físicos y Químicos para Estaciones Oceanográficas. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- CIOH. (1983). Informe Crucero Cooperativo Armada Nacional-Universidad de Harvard Océano VII. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe.
- CIOH. (1984). Actividades previas al Crucero Cooperativo Armada Nacional-OEA Océano VIII. Centro de Documentación Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe.
- CIOH. (1985). Resultados obtenidos durante la cooperación francesa entre el CIOH y el IGBA de Francia en los últimos nueve años”. Archivo Histórico. Centro de Documentación, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe.
- CIOH. (1986). Crucero Pacífico IX-ERFEN VI. Informe Técnico. Cartagena: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima. Centro Control Contaminación del Pacífico.
- CIOH. (1988). Las Condiciones Oceanográficas del Pacífico Colombiano Durante Marzo-Abril/88-Crucero. Informe Técnico. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CIOH. (1992). Informes Oceanográficos: Crucero Océano VI. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, Bogotá.
- CIOH. (1997). Información del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe para el concurso del Premio Nacional al Mérito Científico 1997 de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, Categoría a la Divulgación. Fuerzas Militares de Colombia. Armada Nacional.
- CIOH. (2003). Reporte de Crucero Caribe 2003. Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Cartagena.
- CIOH. (2004). Reporte de Crucero Caribe 2004. Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Cartagena.
- CIOH. (2006). Cruceros oceanográficos Caribe Colombiano Mayo-Junio y Noviembre de 2006. Ministerio de Defensa Nacional. Dirección General Marítima Centro de Inves-

- tigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe.
- CIOH-Ingeominas. (1987). Informe de Actividades Realizadas en el Crucero "Pacífico X, ERFEN VII". Informe Técnico: Cartagena. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima. Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras.
- Dimar. (1972). Informe Datos Oceanográficos Pacífico III-1972. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- Dimar. (1973). Programa Colombiano para el Decenio Internacional de Exploración Oceánica, República de Colombia. Ministerio de Defensa Nacional. Dirección General Marítima y Portuaria, Bogotá.
- Dimar. (1975). Informe Datos Oceanográficos, Pacífico IV-ERFEN I. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- Dimar. (1976). Crucero Pacífico V-ERFEN II. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- Dimar. (1977). Crucero Pacífico VI-ERFEN III. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- Dimar. (1978). Crucero Pacífico VII-ERFEN IV. Informe Técnico. Bogotá: República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria.
- Dimar. (1972). Un Sistema de Investigaciones Oceanográficas para el Caribe. Ministerio de Defensa Nacional. Armada Nacional. Centro de Documentación Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas.
- Dimar. (1973). Informe Datos oceanográficos Océano II. República de Colombia. Ministerio de Defensa. Armada Nacional. DIMAR, Bogotá, 1973.
- Garay, J, [et al]. (1988). Estudios Oceanográfico del Área Insular y Oceánica del Caribe Colombiano- Archipiélago de San Andrés y Providencia y Cayos Vecinos. Boletín Científico CIOH No. 9, Cartagena, Colombia.
- Landínez, J. (2007). Reconstrucción de La Historia de los Cruceros Oceanográficos en el Pacífico colombiano durante el período (1970-2004). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Humanidades, Escuela de Historia. Centro Control Contaminación del Pacífico. 308 pp.
- Marrugo, A. (1990). Estudio de los Parámetros Físico-Químicos en el Sector de Bocagrande. *Boletín Científico CCCP* No. 1. San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia, pp. 3-15.
- Montagut, A. (1997). Situación de Riesgo en la Ensenada de Tumaco. *Boletín Científico CCCP* No. 6. San Andrés de Tumaco, Colombia, pp. 8-16.
- Palacio, M. (1990). Estudios de la Contaminación Marina por Hidrocarburos en el Litoral Pacífico Colombiano: 1989-1990. *Boletín Científico CCCP* No. 2. San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia, pp. 3-25.
- Presidencia de la República de Colombia. Decreto 416 del 12 de febrero de 1983, por el cual se adopta el proyecto especial para el Fomento y Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar Fondemar.

- Román, E. (2005). *Análisis Histórico del Desarrollo Marítimo Colombiano*. Bogotá, Armada Nacional.
- Silva, G., Lleras, C. y Pastrana, M. (1989). *Reforma del Estado y Crisis del Frente Nacional*. En: *Nueva Historia de Colombia, Historia Política 1946-1986*. Bogotá, Planeta, p. 238-239.
- Velandia, S. (1988). *Inauguración del Primer Taller de Oceanografía Biológica. Taller (Seminario de Oceanografía Biológica)*. Cartagena, Colombia, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, 2 al 6 de Mayo de 1988.

Capítulo IV

Evolución de la instrumentación y metodologías de observación oceanográfica en Colombia



Observaciones de meteorología marina a bordo del buque ARC “Providencia”.Foto: Diego Garcés

Capítulo IV

EVOLUCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍAS
DE OBSERVACIÓN OCEANOGRÁFICA EN COLOMBIA

Introducción

- 4.1 Registro histórico de las plataformas de investigación colombianas y su equipamiento
- 4.2 Instrumentos de medición y observación utilizados en los cruceros del Caribe
- 4.3 Reseña de los instrumentos oceanográficos usados para determinar variables físicas, químicas, biológicas y geológicas en el Pacífico colombiano
- 4.4 Percepción remota: tecnología de punta al servicio de la investigación científica marina colombiana
- 4.5 Literatura citada

ROBERTO CARLOS OCHOA TORRES¹
JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ JAIMES²
JORGE ARMANDO LANDÍNEZ MAYORGA³
EFRAÍN RODRÍGUEZ-RUBIO⁴

¹ Historiador, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
www.uis.edu.co / saramago1985@hotmail.com

² Ingeniero de Sistemas e Historiador, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
www.uis.edu.co / joseluiscolombia@gmail.com

³ Historiador. Oficial Fuerza Aérea colombiana. jorgearmandolandinez@yahoo.com.ar

⁴ Director Nacional de Datos Oceanográficos. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (Dimar-CCCP). San Andrés de Tumaco, Nariño. www.cccp.org.co / erodriguezrubio@yahoo.com

Citar este capítulo como:

Ochoa, R., Hernández, J., Landínez, J. y Rodríguez-Rubio, E. (2008). Evolución de la instrumentación y metodologías de observación oceanográfica en Colombia. En: Dimar (Ed.). Gestión de datos e información oceanográfica colombiana. (Pp. XX-XX). Bogotá: Editorial Dimar.

Introducción

Desde el uso de herramientas de madera y máquinas elementales como el cabrestante y el torno, hasta el desarrollo de la tecnología minera, la Metalurgia, la Física y la Química, pasando por la Hidráulica, la Siderurgia, el vapor, la Arquitectura Naval, los motores de combustión interna o la electricidad, el mundo ha sido testigo de un vertiginoso desarrollo técnico y tecnológico en los últimos tres siglos. Todo articulado a un avance sin precedentes en el conocimiento científico que estimuló la multiplicación de preguntas e inquietudes por el medio en el cual vive el hombre y los recursos de los cuales dispone para su supervivencia.

Es así como los misterios del océano dejaron de estar confinados en la cabeza de marinos y hombres de mar, y comenzaron a ser descifrados a los ojos del científico capacitado con las he-



rramientas adecuadas para conocer su comportamiento y llegar a codificarlo en números, diagramas, gráficas y tablas. Fue este un ejercicio a partir del cual se reconceptualizó el espacio marítimo, estimulando la aparición de nuevas disciplinas como la Oceanografía, cuyos inicios se remontan a la expedición Challenger (1872 a 1876). En esta expedición fueron usados instrumentos como tornos mecánicos para captar la profundidad del océano; redes de barrenato que se lanzaban para capturar peces y rocas, así como diferentes aparatos con los que se recolectaban rocas y barro del fondo marino. La travesía duró casi cuatro años durante los cuales se hicieron observaciones oceanográficas en 362 estaciones, logrando importantes hallazgos que despertaron la curiosidad del mundo⁹¹.

En Colombia esta curiosidad comenzó a resolverse un siglo después de dicha expedición. Así, desde 1968 se realizaron de manera periódica una serie de cruceros oceanográficos por en las dos cuencas marinas nacionales bajo la responsabilidad directa de la Armada Nacional, junto a la Autoridad Marítima Nacional, a través de sus centros de investigaciones científicas marinas: CIOH y CCCP. Estas expediciones requerían del uso de instrumentos de medición y observación como botellas Nansen (Figura 4.1), termómetros de inversión, salinómetros de inducción, discos Secchi, entre otros. Aprender a manipular y mantener en óptimas condiciones el conjunto de equipamientos y herramientas necesarias para el trabajo de campo oceanográfico necesitó un proceso de adaptación que comprendió la capacitación de marinos en la disciplina. Por ello fue fundamental la cooperación de entidades internacionales como OEA, otorgada en 1975 con dotación inicial de instrumentos y el sostenimiento de un servicio de calibración, reparación y mantenimiento de equipos oceanográficos con un personal de técnicos entrenados.

El proceso de formación de oceanógrafos comenzó de manera temprana con la capacitación de algunos oficiales de la Armada Nacional en el exterior. Tal fue el caso del capitán Jaime Sánchez Cortés, enviado en 1969 a la Universidad de Monterrey, California, para adelantar

⁹¹ Thalassa-online. La Expedición Challenger [en línea]. [Consulta: 22 de agosto de 2008]. <http://www.thalassa-online.com/revista/article.phtml?id=194>.

Figura 4.1. Alistamiento de una botella Nansen para muestreo de agua.



Figura 4.2. Técnicos de Secal en trabajos de reparación y calibración de instrumentos oceanográficos (1986).

estudios de maestría en Oceanografía. Caso similar sucedió con el capitán Rafael Steer y el capitán Gustavo Fajardo, quienes unos años después también harían su especialización científica marina en el exterior. Fueron ellos, en su momento, los únicos profesionales colombianos realmente conocedores de la disciplina, convirtiéndose luego en los docentes y decanos idóneos para capacitar a generaciones de oceanógrafos colombianos en la primera Facultad de Oceanografía Física del país, fundada en la Enap.

Una vez el personal estuvo capacitado para manejar de forma adecuada los instrumentos de medición y observación oceanográfica, faltaba la provisión permanente de estas herramientas y de los equipos adecuados para el procesamiento de los datos que se recolectaban en los cruceros. Esta necesidad fue cubierta inicialmente con la cooperación de entidades como OEA, con Proyecto Multinacional en Ciencias del Mar que proveyó al CIOH de equipos y sistemas de calibración (CIOH, 1987), dando inicio al servicio de apoyo

denominado Servicio de calibración, reparación y mantenimiento de equipos oceanográficos (Secal) el en centro de investigaciones (CIOH, 1986: p.3). Bajo ese servicio se dispuso una continua capacitación del personal en lugares como Panamá y Estados Unidos, siendo posible constituir un equipo técnico actualizado con los nuevos avances tecnológicos y con conocimientos idóneos para la reparación de instrumentos y equipos de medición y procesamiento de datos (Figura 4.2).

4.1 Registro histórico de las plataformas de investigación colombianas y su equipamiento

Los buques oceanográficos de Dimar iniciaron su recorrido histórico desde la llegada y puesta en funcionamiento del ARC “San Andrés”, con el número de identificación 151, el cual ejecutó maniobras oceanográficas, tanto en el Caribe como en el Pacífico colombianos, desde 1969, y culminó su labor a finales de la década de 1970. En la década de los 80 la investigación mari-

na en Colombia recibió un gran impulso por parte del Gobierno Nacional que, en vista de los buenos resultados que arrojaron los estudios hidrográficos y oceanográficos a la fecha, decidió financiar la compra de nuevas plataformas de investigación y capacitar al personal técnico de Dimar, para que su labor científica se realizara bajo óptimas condiciones y rigurosidad. Así, la adquisición de las plataformas de investigación estuvo enmarcada bajo la necesidad de ampliar los estudios oceanográficos e hidrográficos, cuya importancia creció con la firma de convenios internacionales y el desarrollo del Plan Cartográfico Nacional⁹².

En 1981, en acuerdo con el gobierno de Alemania, el Estado colombiano negoció la adquisición de los buques oceanográficos Malpelo y Providencia³, los cuales llegaron al país equipados con las herramientas convencionales para la realización de investigaciones oceanográficas, hidrográficas e incluso de señalización marítima. Estas dos plataformas constituyeron la base operativa para trabajos de investigación marina en el país.

Los buques están dotados con laboratorios funcionales e instrumental que permite adelantar investigaciones en Oceanografía Física, Química, Biológica y Geológica; así como también establecer las condiciones meteorológicas y realizar levantamientos hidrográficos esenciales para determinar la morfología del lecho marino, rutas de navegación, canales de acceso a puertos, zonas de fondeo, estaciones de muestreo oceanográfico, explotación de pesca y el conocimiento de la flora y fauna marina (CIOH, 1986: p. 25).

Dada las labores investigativas que se realizan a bordo de los buques oceanográficos, estos poseen una infraestructura adecuada para la vida de mar, donde se

distribuyen espacios para la ubicación de laboratorios científicos, instrumentos técnicos, herramientas mecánicas, almacenamiento de equipos oceanográficos y hospedaje de personal (Figura 4.3). Colombia logra de esta manera un orden espacial que permite mantener una organización de trabajo entre las áreas de estudio y sus actividades científicas (CCCCP, 2005, p.23). En la Tabla 4.I se aprecia la comparación de las especificaciones técnicas del ‘histórico’ buque ARC “San Andrés” y el entonces recién introducido ARC “Providencia”. La Tabla 4.II hace un simil de su equipamiento.

Es importante destacar que los análisis de muestras de laboratorio pueden ser realizados dentro o fuera del buque dependiendo del tipo de muestra oceanográfica que se obtenga, ya que no todas pueden ser analizadas a bordo del buque. Algunas muestras como las biológicas y químicas se preservan y trasladan a tierra para, posteriormente, ser analizadas en laboratorios, donde las muestras logran el estado de reposo ideal para aplicar métodos para determinar los componentes bioquímicos (ARC, 1970).

Cabe mencionar que con la llegada de los buques ARC “Providencia” y ARC “Malpelo”, las instituciones del orden académico y del sector Gobierno invitadas a algunos cruceros por el Pacífico llevaron a bordo equipos especiales, tal fue el caso de algunos elementos de fotografía submarina con las especificaciones de uso hasta 200 m de profundidad en promedio con *flash* (con objetivo 1: 4f; 24 mm). Igualmente, en las expediciones al Pacífico de 1986 y 1987 del ARC “Providencia” se dispusieron equipos de televisión submarina en blanco y negro, y una cámara sumergible con control remoto con capacidad para grabar video hasta 200m de profundidad. Este equipo se acompaña-

⁹² Historia. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Julio 14 de 2006.

<http://www.cioh.org.co/hidroarea/PagHidro/PagHidro/Historia.htm>.

⁹³ Construidos en el año de 1981 en los astilleros Martín Jansen de la ciudad de Leer, en la República Federal Alemana, e incorporados el 23 de junio de 1981 a la ARC.

Tabla 4.II. Paralelo del equipamiento entre el ARC “San Andrés” y el ARC “Providencia”.

Equipamiento	ARC “San Andrés”	ARC “Providencia”
Laboratorios	Biología, Oceanografía Física y Oceanografía Química.	Biología, Geofísica, Oceanografía, Geología y Química.
Equipos de Biología	<ul style="list-style-type: none"> • Incubadora de luz artificial. • Equipo de filtración milipore. • Artes de pesca planctónicos (fito y zooplancton). • Redes tipo Bongo de 0.30 cm de diámetro. • Red de plancton de 50 cm de diámetro para captura vertical. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dos redes de arrastre de superficie tipo nauston de 0.75 m por 0.40 m en la boca de la red y 240 m de largo. • Dos redes tipo Bongo de 0.30 cm de diámetro en la boca de la red. • Una red de captura con abertura variable tipo Nansen. • Un muestrador de plancton para alta velocidad tipo Gulf-V. • Un aparejo completo para cada red. • Una draga biológica de 0.46 m por 0.26 m en la boca. • Equipo de carbono L4 con cuatro sensores Geiger, un contador Geiger- Para productividad primaria. • Incubadores y autoclaves.
Equipos de Oceanografía Física	<ul style="list-style-type: none"> • Batitermógrafo mecánico y eléctrico 0 a 250 m de profundidad. • Registrador automático para batitermógrafo desechable XBT. • Salinómetro Beckman RS-76. • Correntómetro de profundidad variable hasta 100 m. • Potenciómetro. • Termómetros reversibles protegidos y no protegidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Batitermógrafos mecánicos (MBT) así: De 0 a 6 m de profundidad De 0 a 135 m de profundidad De 0 a 275 m de profundidad • Un registrador automático para batitermógrafo desechable (XBT). • Salinómetro de inducción, marca Beckman RS-76. • Sistemas con sensores de conductividad de temperatura. • Correntómetro de profundidad variable hasta 1000 m de profundidad con sensor digital electromagnético, procesador y grabador de velocidad y dirección. • Sonar de barrido lateral (Side Scan Sonar). • Termómetros reversibles protegidos y no protegidos.
Equipos de Oceanografía Química	<ul style="list-style-type: none"> • 1. Botellas Nansen revestidas de teflón. • Botellas B.O.D. • Botella Van Dorn. • Equipo Winkler para determinación de oxígeno. • Espectrofotómetro Spectronic. • Equipo para determinación de silicatos y fosfatos. • Equipo para determinación de nitratos y nitritos. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1. Equipos para determinación de oxígeno por el método winkler (Titulador de pipeta automática digital). • Termosalinógrafo de registro continuo de salinidad, conductividad y temperatura. • Espectrofotómetro Spectronic 21. • Espectrofluorómetro Jobian Tron 5I3D. • Botellas tipo Niskin de 5 y 12 litros. • Botellas tipo Nansen con portatermómetros triples. • Medidores Ph <i>digital</i> (Scchott).

Equipamiento	ARC “San Andrés”	ARC “Providencia”
Equipos de Meteorología Marina	Estación meteorológica con dirección de velocidad y fuerza del viento, higrómetro, pluviómetro, termómetro de máxima y mínima	Estación Meteorológica Theodor Frieddrichs que consta de consola con indicadores de velocidad y dirección del viento, graficador con cuatro escalas, un pluviómetro, un anemómetro, un higrómetro, una veleta, un termómetro.
Equipos de Geofísica	--	<ul style="list-style-type: none"> • Un equipo mini-streamer de seis secciones activas con dos grupos de 32 hidrófonos cada una. • Una fuente de energía con siete cañones de aire, cuatro compresores, estaciones de relleno y unidad de control. • Un equipo de registro gráfico y una unidad amplificadora de doce canales, oscilógrafo, fuente de poder para transducer de profundidad. • Un magnetómetro con accesorios. • Sonar de barrido lateral (Side Scan Sonar). • Ecosonda de 12 Khz para perfiles batimétricos
Equipos Geológicos	Corer Sample de 2 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Un pistón tipo Kullenberg, corazonador de 6 m y 1500 kg de presión. • Un muestrador de gancho tipo VAN-VEEN de 0.4 m y 225 kg. • Un juego de tamizas para sedimentos. • Un equipo de posicionamiento de sensores Pinger de 12.5 Khz 93 db.
Equipos varios	<ul style="list-style-type: none"> • Incubadora • Bombas de vacío 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfriadores de muestras hasta menos de 40°C. • Una incubadora. • Una cabina de esterilización y secado. • Bombas de vacío. • Graficadores de dos canales.

cas contra-incendios y salvamento, representadas en hidrantes, mangueras, extintores de mano y las convenciones correspondientes de acuerdo con las normas internacionales. Las embarcaciones están dotadas de tres sistemas de salvamento distribuidos en las cubiertas (botes, lanchas y salvavidas) (Ingeominas, 1987).

4.2 Instrumentos de medición y observación utilizados en los cruceros del Caribe

Al intentar realizar una descripción precisa

de la instrumentación utilizada en cada crucero del Caribe colombiano se encuentra con la dificultad de la disparidad de datos sobre la materia en los informes de cada crucero, detallada en unas y muy escasa en otras. Es por ello que siendo fiel al contenido de los documentos encontrados y a la rigurosidad del método de aprehensión histórica se presenta una visión, que aunque pueda parecer dispar, establece indicios certeros sobre la más importante instrumentación utilizada a lo largo de toda esta construcción histórica. Un hecho se hace evidente al momento de revisar los listados, el

lento pero seguro desarrollo de herramientas básicas para la recolección de datos que permitió la permanencia de algunos instrumentos que se han mantenido a pesar de las transformaciones tecnológicas y digitales que se han dado en el campo científico marino nacional e internacional, y la incorporación en los últimos años de instrumentos de mayor especialidad en parámetros oceanográficos específicos.

Esta labor ha requerido, además de la definición de una metodología precisa para su adecuada preparación y ejecución, método que se ha visto sujeto a modificaciones a lo largo del tiempo, siguiendo la necesidad de un continuo perfeccionamiento de los pasos y las técnicas para el correcto desenvolvimiento de los cruceros científicos. Un ejemplo de estos cambios ha sido la realización de los informes oficiales de cada crucero, los cuales en sus inicios carecían de un manual o reglas para la estandarización de los datos compilados en cada travesía. Esto mismo se denunciaba en el marco del proyecto de Recuperación y Control de Calidad de Datos Oceanográficos en el 2005, que planteó la necesidad de definir, luego de más de 30 años de operaciones, un manual de crucero a partir del cual debían presentarse los informes después de cada expedición (CIOH, 2006).

Aun así han existido características metodológicas de los cruceros que han sido relativamente permanentes, como por ejemplo la organización logística, que ha sido dividida en tres fases: (i) Alistamiento de personal, equipos y material; va desde la fecha de confirmación de la realización del crucero hasta el día de zarpe. (ii) Operación, que comprende todo el período de navegación y recolección de datos en el área previamente señalada. (iii) Procesamiento de datos, formalizado desde el término del crucero hasta el procesamiento de muestras y obtención de datos útiles a los proyectos que motivan la travesía (CIOH, 1984).

En 1969 se llevó a cabo el crucero Océa-

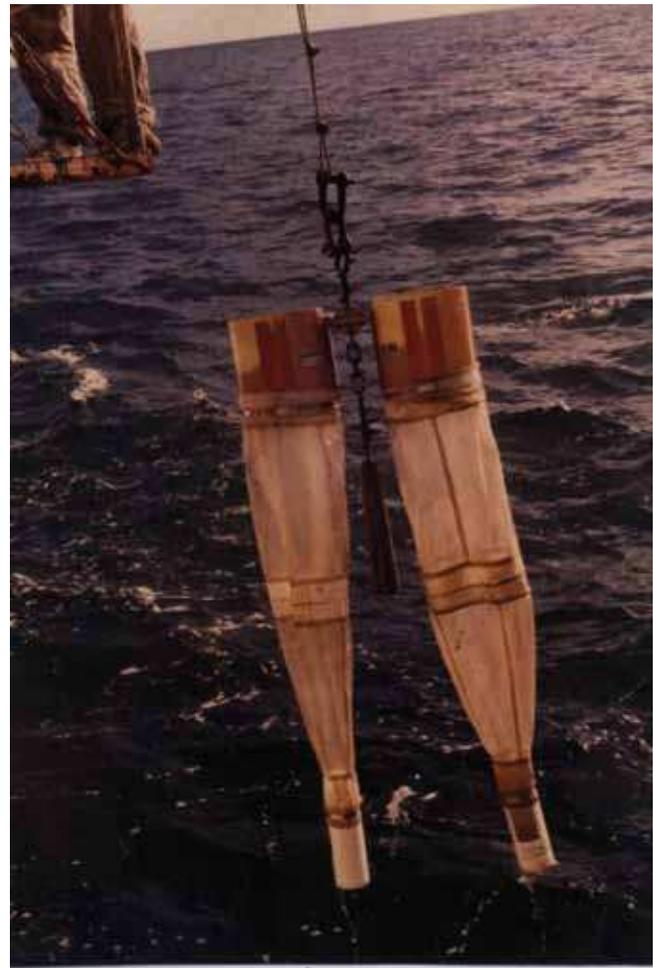


Figura 4.4. Red tipo Bongo utilizada para toma de muestras biológicas en estudios oceanográficos⁹⁴.

no I, primer crucero oceanográfico nacional para el cual se utilizó como plataforma de investigación el buque ARC “San Andrés”, primera plataforma de investigación colombiana adquirida algunos meses atrás. Fue este un trabajo que comprendió 43 estaciones en donde se realizaron lanzamientos de botellas Nansen, equipadas cada una con dos termómetros no protegidos, desde la superficie al fondo para la extracción de muestras de agua. Asimismo, dentro de este ejercicio de recolección, en el que quizás se lanzaron aproximadamente 10 botellas, se hizo uso de un salinómetro. Se realizó también el lanza-

⁹⁴ Fuente: Informe final proyecto del Secal, CIOH, 1986.



Figura 4.5. Antiguo termómetro de cazoleta con el cual se obtenía la temperatura superficial del mar (TSM).

miento de batitermógrafos de 140 y 275 m, cada cuatro horas, desde el período de inicio hasta la finalización de cada estación. Ya en materia de recolección de muestras biológicas se utilizaron redes de nylon para efectuar arrastres verticales y en aguas horizontales (Figura 4.4). Bajo esta serie de actividades se determinaron datos de clorinidad y salinidad, PH, transparencia, observaciones meteorológicas y muestras de plancton (CIOH, 1969).

Entre agosto y septiembre de 1972 se realizó el crucero Océano II. Fue ésta una operación compuesta por 30 estaciones oceanográficas, nuevamente a bordo del ARC “San Andrés”, única unidad de navegación capacitada para este tipo de trabajos de campo durante la década de los 70. En cada estación

de este crucero se recogieron muestras de agua con el lanzamiento de botellas Nansen y un balde plástico. Además, se hicieron mediciones tanto de temperatura, a diferentes niveles de profundidad usando termómetros protegidos (Figura 4.5), como de salinidad, haciendo uso de un salinómetro de inducción, y de oxígeno, colectadas directamente de las botellas Nansen a las botellas BOD. Finalmente, se efectuaron lecturas de la estructura térmica superficial con el empleo de batitermógrafos mecánicos para aguas superficiales, medias y profundas (Dimar, 1973).

En este mismo año (1972) se llevaron a cabo tres expediciones más: los cruceros Cicar. En el Cicar I, la profundidad máxima de observación fue 2854 m y las observaciones oceanográficas se dividieron en 36 estaciones (Dimar, 1972). El Cicar II exploró 32 estaciones hasta los 2954 m de profundidad; y el Cicar III llegó a los 2226 m en 36 estaciones.

En 1974 tuvo lugar el crucero Océano III, cubriendo las inmediaciones de la región Caribe. Esta fue una expedición que recorrió 27 estaciones e hizo uso de baldes plásticos para la recolección de muestras de la superficie del mar, y de botellas Nansen para llegar hasta de 2000 m de profundidad. Se registró la temperatura con termómetros de inversión protegidos y no protegidos, y se hizo una determinación de la salinidad por medio de un salinómetro de inducción (Dimar, 1978).

Al siguiente año se desarrolló el crucero Océano IV, cuyo objetivo fue la descripción de variables físico-químicas de temperatura, salinidad, oxígeno, fosfatos y nitritos. En éste se llegó con botellas Nansen hasta 1500 m de profundidad en la extracción de muestras de aguas profundas (Dimar, 1979).

Le siguió en 1981 el crucero Océano V, en sus fases I, II y III; la primera divida en 63 estaciones y las otras dos en 82. Éste fue además el primer crucero en el Caribe llevado a cabo a bordo de una de las dos nuevas plataformas diseñadas en Alemania, el ARC “Providencia”. Figuraron en su inventario de instrumentos veinte botellas Niskin de 5L (Fi-



Figura 4.6. Botellas de agua de mar de tipo Nansen (amarillas) y Niskin (grises) a bordo del buque ARC “Providencia”, utilizadas para la toma de muestras de agua a diferentes profundidades en los cruceros de investigación marina⁹⁵.

gura 4.6), cincuenta termómetros protegidos y quince termómetros no protegidos; asimismo se utilizaron botellas Nansen para la obtención de mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno y pH (CIOH, 1981).

La siguiente expedición oceanográfica en el Caribe colombiano fue el crucero Océano VI, efectuado dos años después a bordo del ARC “Malpelo”, segunda unidad diseñada en Alemania. Se programaron en este caso observaciones oceanográficas en 76 (Dimar, 1982). Ese mismo año también se llevaría a cabo el crucero cooperativo con la Universidad de Harvard, el Océano VII, a través de 36 estaciones se efectuaron mediciones de temperatura con un batitermógrafo mecánico, y termómetros reversibles protegidos y no protegidos, así como termómetros de cubeta; con el disco Secchi se hicieron mediciones de transparencia; con las botellas Nansen se tomaron muestras de agua para determinar

pH y alcalinidad, y salinómetro de inducción para reconocer su grado de salinidad. Con una red de tipo Kálsico, una red de trapecio y botellas Niskin se recogieron datos biológicos (CIOH, 1983).

En 1984 tuvieron lugar las últimas operaciones Océano, con el crucero Océano VIII, a bordo del buque ARC “Malpelo”, y el Océano IX, a bordo del ARC “Providencia”. En ambos casos se ejecutaron observaciones oceanográficas en 81 y 12 estaciones, respectivamente. El este último crucero se usó por primera vez del instrumento electrónico CTDO MK III, útil para obtener datos de profundidad, temperatura y salinidad (Dimar, 1987).

En 1992 comenzó una nueva serie de cruceros periódicos por el Caribe colombiano: los cruceros Caribe. El primero de ellos, el Caribe I, se ejecutó a bordo del buque ARC “Malpelo” y cubrió 25 estaciones, obteniendo perfiles de temperatura, salinidad y oxígeno

⁹⁵ Fuente: Informe final proyecto del servicio de calibración, reparación y mantenimiento de servicios oceanográficos, Cioh, 1986.

desde la superficie hasta los 1000 m; se recogieron muestras para determinación de nutrientes, oxígeno disuelto y muestreo biológico de fitoplancton. Para estos propósitos se usaron botellas Nansen, disco Secchi y CTDO (CIOH, 1992). Similar fue la instrumentación y técnicas utilizadas en los siguientes crucesos Caribe. En los 90 se avanzó en el proceso de dominio y perfeccionamiento de los métodos del trabajo científico en el mar.

Ya en el nuevo milenio se efectuó el crucero Caribe 2002, a bordo del ARC “Malpelo”, tomando parámetros oceanográficos *in situ* en 79 estaciones. La instrumentación utilizada estuvo compuesta por el CTDO, disco Secchi, termómetro de cazoleta de temperatura húmeda y temperatura seca, así como anemómetro⁹⁶. Para el crucero Caribe 2003 la ruta trazada a bordo del mismo buque fue dividida en dos partes, la primera compuesta de 32 estaciones haciendo uso de un solo CTDO para todo el crucero y la segunda se precisó en un punto fijo donde se lanzó una balsa a la que se le hizo seguimiento por varios días. En ambos casos la profundidad de muestreo máxima registrada fue de 300 m. En cada estación se realizaron además mediciones de temperatura superficial del mar (TSM) con termómetros de cazoleta, transparencia con discos Secchi y de temperatura y humedad relativa de aire empleando un psicrómetro de aspiración (CIOH, 2003).

Para el siguiente año el CIOH organizó el crucero Caribe 2004, a bordo del ARC “Providencia”. En un trabajo de campo dividido en 13 estaciones oceanográficas se observaron variables de temperatura, salinidad, densidad y velocidad del sonido a través de un CTDO; muestras de sedimentos superficiales utilizando una draga Shipeck y de núcleos empleando un pistón corazonador; muestras químicas y biológicas fueron obtenidas con botellas Nansen, Niskin y redes de arrastre; asimismo, se midieron parámetros de corrientes con un correntómetro Aanderaa y de TSM

con termómetros de cazoleta (CIOH, 2004).

El año 2006 marcó el punto final para el período de crucesos Caribe, con tres expediciones. La primera de ellas, el crucero Caribe de mayo de 2006, a bordo del ARC “Malpelo” recorrió 14 estaciones para obtener datos de conductividad, temperatura y oxígeno a una profundidad máxima de 1000 m utilizando CTDO y Oxímetro; se utilizó además un correntómetro Aanderaa para la obtención de datos de dirección y magnitud de la corriente en la columna de agua; Se tomaron además muestras de sedimento marino con un pistón Corer.

Un mes más tarde se realizó el Crucero Caribe de junio de 2006, en la misma plataforma, observando parámetros físicos como transparencia, perfiles de temperatura y salinidad, y parámetros químicos como oxígeno disuelto, pH y turbidez en una malla de 54 estaciones. Particularmente se tomaron muestras biológicas como clorofila, fito y zooplancton a partir de redes especiales dispuestas a cada lado de la popa del buque.

La última expedición científica sobre el Mar Caribe colombiano de ese año se llevó a cabo en noviembre, a bordo del ARC “Malpelo”. Nuevamente se desarrollaron 54 estaciones y como particularidad cabe mencionar la toma de muestras geológicas, para la obtención de datos del fondo marino, con la draga Shipeck (CIOH, 2006).

4.3 Reseña de los instrumentos oceanográficos usados en el Pacífico colombiano para determinar variables físicas, químicas, biológicas y geológicas

Los proyectos y expediciones realizadas en el Pacífico colombiano siguieron las políticas establecidas por el Programa Colombiano de Investigaciones Marinas durante la década de 1970 e igualmente estuvieron orientados por las directrices del Pdctm en sus versio-

⁹⁶ Información proporcionada por el proyecto Retrocean.



Figura 4.7. Laboratorio de Química del CCCP entre el período de 1986-1991.

nes de 1980-1990 y 1990-2000. En los últimos años la investigación científica oceanográfica se ha perfilado dentro de los lineamientos de las agendas científicas de la Autoridad Marítima Nacional.

Los centros de investigación científica de Dimar, CIOH y CCCP, han desarrollado una destacada capacidad y competencia en la recolección y procesamiento de datos oceanográficos suministrados por instrumentos instalados en las plataformas de investigación: los laboratorios de Química (Figura 4.7) y Biología (Figura 4.8), o mediante el sensoramiento remoto aplicada a la Oceanografía (Dimar, 2006).

En los primeros cruceros Pacífico se buscó determinar el valor de las variables físicas, químicas y biológicas en una franja aproximada de cien millas de ancho, a lo largo del litoral y áreas insulares colombianas en el Pacífico en distintas épocas del año. Para esto fue necesario desarrollar y ejecutar una serie de objetivos planteados desde 1973, tales como el desarrollo de tecnologías propias partiendo del conocimiento marino.

La activación del Centro Colombiano de

Calibración de Equipo Oceanográfico tuvo como propósito capacitar personal y obtener equipo para la reparación, mantenimiento y calibración de equipos de investigación oceanográfica y desarrollar la capacidad tecnológica para fabricar algunos instrumentos de investigación. Asimismo, se intentaba desde aquel período el diseño y construcción de un medidor de corriente o correntómetro de presión y un medidor de olas, prototipos que fueron llevados a evaluación y comparación frente a los equipos e instrumentos en uso (Dimar, 1973).

En la década de los 70 se utilizaron entre otros instrumentos botellas Nansen, termómetros de inmersión protegidos y no protegidos, fotocolorímetros, botellas Winkler y redes Pettersson, para la toma de muestras oceanográficas, novedosos e importantes para el desarrollo de los estudios marinos en Colombia. Con estos equipos se determinaron parámetros como temperatura, salinidad, clorinidad, pH y plancton, entre otros, en 62 estaciones a lo largo del Pacífico colombiano.

Durante dicha época, los termómetros de inversión protegidos y no protegidos⁹⁷ sirvie-

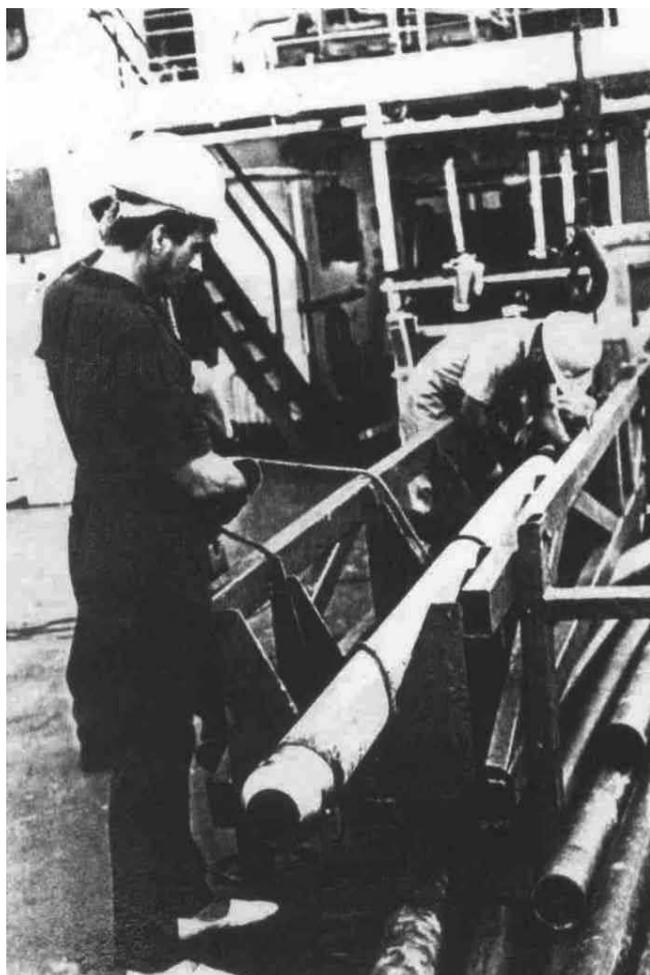


Figura 4.9. Canasta metálica en la cual se ubicaba el corazonador tipo Gravity Core antes de colocarlo fuera de borda, lado estribor, durante el crucero Pacífico X-ERFEN VII, en 1987.

ron para obtener datos de temperatura del agua a distintas profundidades. El salinómetro permitió medir los niveles de salinidad del agua; este instrumento ha mejorado sus formas de uso con el tiempo, implementando nuevas tecnologías, pasando de la etapa de medición primaria con refractómetros a introducir sensores. De igual manera, se resalta el uso del batitermógrafo como un instrumento de medición oceanográfica, utilizado para realizar perfiles de temperatura con respecto

a la profundidad del agua de mar.

Con respecto a los instrumentos que se utilizaron para la determinación de parámetros químicos se identificaron el fotocolorímetro, las buretas y pipetas automáticas Knudsen⁹⁸ y las botellas Winkler, indispensables para establecer las variaciones del océano a partir de los cambios presentados en los compuestos químicos analizados en las muestras de agua.

En cuanto a la toma de parámetros biológicos se utilizaron redes Clark Bumpus, usadas durante la década del 70 por diferentes centros de investigación marina del mundo, y Petterson para tomar muestras de plancton. Estas redes permitieron realizar arrastres horizontales y verticales sobre las aguas del océano. Sin embargo, la aplicación de nuevos métodos de recolección ha contribuido a su desuso en las labores oceanográficas.

Sobre los métodos científicos utilizados para determinar muestras oceanográficas se destaca el uso de las botellas Winkler, con la finalidad de evitar la entrada de luz a la muestra colectada e impedir la alteración de su composición. Para el caso de las muestras biológicas se utilizó un flujómetro en la determinación de resultados de tipo cualitativo y cuantitativo (ARC, 1970).

En el decenio de 1980 Dimar contaba ya con un laboratorio de Biología Marina en el CIOH, destinado a la investigación que se adelantaba sobre el océano Pacífico colombiano. Igualmente, se apoyaba con un Laboratorio de Fotografía al interior del Laboratorio de Geología Marina y un almacén de equipos oceanográficos que junto a la Secal respaldaban la actividad investigativa en el litoral Pacífico colombiano, aunque estaban todos ubicados en el CIOH. Para 1986 ya figuraba dentro del organigrama de este Centro la Sección de Ins-

⁹⁷ Este dispositivo es adaptado en las botellas Nansen, las cuales poseen tres cabinas donde se introducen y ajustan los termómetros, puestos allí quedan fijos y listos para bajar a la profundidad que requiere la muestra.

⁹⁸ Las buretas y pipetas automáticas Knudsen son instrumentos que permiten dosificar los volúmenes de líquido dependiendo del análisis químico que se pretende obtener. A partir de este equipo se miden, regulan y extraen las cantidades de agua de mar a estudiar.

trumentación, la cual desempeñó una actividad funcional determinante en el análisis de las muestras oceanográficas. Adicionalmente, a inicios de los años 80 Dimar se benefició con la adquisición de dos buques oceanográficos: el ARC “Providencia” y el ARC “Malpelo”, los cuales para entonces estaban dotados con eficientes equipos e instrumentos que respondieron a los requerimientos técnicos, científicos y tecnológicos de la investigación oceanográfica del momento (CIOH, 1988).

Se destaca en los cruceros de 1986 y 1987 la utilización de instrumentos tales como la ecosonda, el corazonador (Gravity Core) (Figura 4.9), el cono tipo Bertois y la draga tipo Shipeck para el desarrollo de estudios geológicos en CPC, orientados a determinar la profundidad del área oceánica, la morfología del lecho marino y sus componentes sedimentológicos. Resultado de los estudios de esta época es la carta sedimentológica de la plataforma continental del norte de CPC y la determinación del relieve del fondo oceánico (CCCP, 1987: P.7).

Igualmente, a partir de estos cruceros se introducen el CTDO y el correntómetro. Finalizada la década de los 80 e iniciando los años 90 se destaca la utilización del batitermógrafo expandible (XBT) Hewlett Packard 85B NOAA/ERL Bathy Systems, con el cual se obtuvo un registro continuo de la temperatura del mar por medio de cápsulas desechables hasta una profundidad de 500 m (CCCP, 1989). Tanto el correntómetro (Figura 4.10) como el XBT siguen vigentes en la actualidad.

La recolección de muestras biológicas de fitoplancton se hizo con redes Bongo de 48 micras y 30 cm de boca, mientras que para el zooplancton se implementó el uso de la red Neuston de 60 cm de diámetro y 500 micras, a la cual se le adaptó un flujómetro para calcular la cantidad de agua que pasaba a través de la red (CCCP, 1991). El uso de la red Bongo (Figura 4.11) y del flujómetro se extiende hasta los cruceros actuales.

Entre 1996 y 1997 se introduce el uso del CTD, que a diferencia del CTDO no po-



Figura 4.10. Correntómetro utilizado para determinar la dirección y magnitud de las corrientes en el crucero Oceanográfico Pacífico XL de 2005.

see un sensor de saturación de oxígeno del agua (CCCP, 1997) y es ampliamente usado en las expediciones oceanográficas actuales para determinar las condiciones físicas del mar.

Cabe anotar que durante la etapa de recolección de muestras de todos los cruceros una constante ha sido el servicio del winche oceanográfico y la plataforma de maniobras; estas herramientas permitieron bajar hasta los 1500 m de profundidad, dependiendo del registro que fuera necesario obtener y la capacidad y resistencia de los instrumentos (Figura 4.12).

4.4 Percepción remota: tecnología de punta al servicio de la investigación científica marina colombiana



Figura 4.11. Lanzamiento de redes bongo durante el crucero oceanográfico crucero regional Pacífico XXVI-ERFEN XXIV (Jun. de 1996).

Antes de hablar sobre la utilización de la percepción remota y su aplicación en la Oceanografía hay que definirla. Se trata de una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales o aerotransportadas, donde se asume que entre la Tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, ya por emisión propia. A su vez, es preciso que ese haz energético recibido por el sensor sea almacenado convenientemente, bien a bordo del satélite, bien en las estaciones receptoras (Chuvieco, 1996).



Figura 4.12. Asistente de estación oceanográfica sujetando los equipos oceanográficos a la guaya con el propósito de asegurar su arriada e izada. Crucero oceanográfico Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII (Sep. de 2004).

Desde el advenimiento de la tecnología satelital y el lanzamiento del satélite SEA-SAT por parte de Estados Unidos en 1978, el desarrollo de la Oceanografía Satelital tomó un auge inusitado en el estudio de los procesos de circulación oceánicos de escala global y regional. La nueva tecnología posibilitó la recolección de información de la variación de la altura de la superficie del mar y ondas oceánicas; la toma de datos de grandes áreas en un mismo instante, y la repetición de la medición en la misma área con intervalos de días (Robinson, 1997).

La herramienta solventó el problema del muestreo estacional de algunas variables,

que de otra manera sería imposible realizar. En el caso concreto del estudio de los patrones de circulación superficial, el surgimiento de los altímetros de radar actuales como el TOPEX/POSEIDON y el ERS1/2, permitió resolver el problema de la asignación del nivel de referencia en la ecuación geostrofica, midiendo la pendiente de la superficie del mar relativa al geoide y facilitando el cálculo de la topografía dinámica. Además, se logró resolver el problema de la observación continua de los patrones de circulación para estudios de variabilidad estacional e interanual, de pequeña y gran escala, como por ejemplo los estudios realizados por Yu *et al.*, (1995); Lillibridge *et al.*, (1997), y Lagerloef *et al.*, (1999). Aunque esta herramienta posee una alta tecnología y precisión (~2 cm en la estimación del nivel del mar con Topex/Poseidon), no está exenta de fuentes de error de varios tipos. Entre los más comunes están las correcciones por refracción atmosférica (gases secos, vapor de agua, electrones ionosféricos), los ajustes geofísicos externos (altura del geoide, altura de la marea) y los ajustes instrumentales.

A partir de 1978, cuando sensores como el dispersómetro de viento Scatterometer se instalaron en satélites, el campo de viento global comenzó a ser estudiado con gran intensidad debido a que este tipo de sensores permite la medición de la velocidad y dirección del viento con una precisión, cobertura y periodicidad nunca antes lograda para estudios de dinámica y variabilidad de las corrientes atmosféricas. Gracias a esta nueva tecnología se profundizó en el estudio de la caracterización de los chorros de vientos generados por los gaps en la topografía continental y sus efectos en la circulación costera y oceánica, ya que estudios anteriores sólo contaban con la climatología mensual de vientos (Hellerman & Rosenstein, 1983) o modelos como el *European Center for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF), que al aplicarlos en modelos generales de circulación no podían resolver con claridad y precisión los

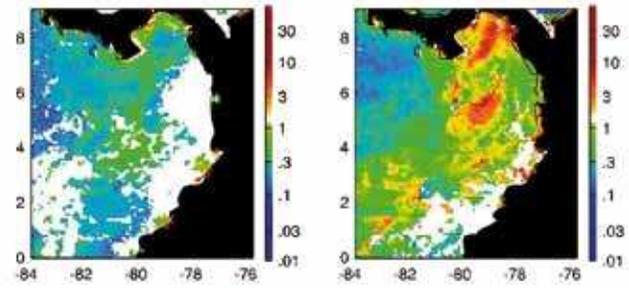


Figura 4.13. Concentración de clorofila_a en el Pacífico colombiano entre febrero (izq) y marzo (der) observadas con el sensor MODIS.

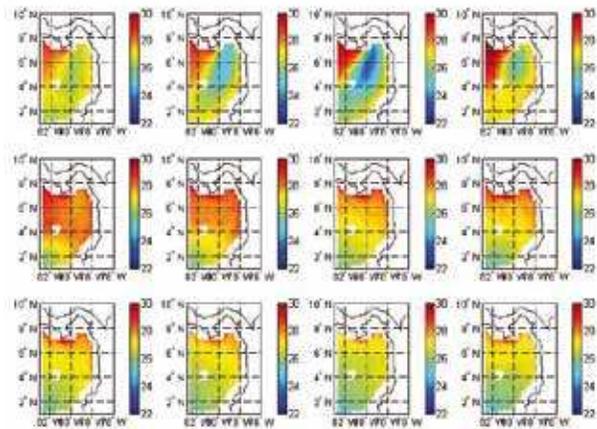


Figura 4.14. Climatología de la TSM para el Pacífico colombiano (1998-2002) calculada a partir del sensor satelital TMI.

patrones de circulación en zonas influenciadas por estos chorros (Umatani & Yamagata, 1991).

Las ventajas en la mejora de la resolución espacial y temporal de los dispersómetros de viento mostradas en estudios recientes sobre el origen e impacto de los chorros de viento de Centroamérica en la circulación del océano Pacífico Tropical y del Panamá Bight (Chelton *et al.*, 2000a; Chelton *et al.*, 2000b; Rodríguez-Rubio & Stuardo, 2000), permiten presentar a los dispersómetros de viento satelitales como alternativa de gran precisión para resolver el campo de viento y su relación con la circulación en CPC.

En Colombia el uso de la percepción remota aplicada a la Oceanografía se incre-

menta cada día más (Figuras 4.13 y 4.14), destacándose el uso de sensores en el espectro visible de gran resolución espacial como SPOT (*Satellite Pour l'Observation de le Terré*, por su sigla en francés) y Landsat, en problemas costeros, y el progresivo incremento de las investigaciones en problemas oceánicos usando satélites como el *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) y su sensor *TRMM Microwave Imager* (TMI) para la medición de la TSM; el satélite QuikBird y el sensor QuikScat para la medición del campo de viento superficial sobre el océano; los sensores *Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor* (SeaWiFS) y *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) para el estudio del color del océano y la producción primaria; el estudio de las variaciones del nivel del mar y corrientes de densidad hoy se hacen con los altímetros de radar TOPEX y JASON (Rodríguez-Rubio & Stuardo, 2000; Rodríguez-Rubio *et al.*, 2003; Bastidas y Rodríguez-Rubio, 2006; Rodríguez-Rubio *et al.*, 2007; Rueda-Bayona *et al.*, 2007)

4.5 Literatura citada

- ARC. (1970). Crucero Oceanográfico en el Pacífico Colombiano, Pacífico I, Resultados Preliminares. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria. Bogotá, Colombia.
- Bastidas, M., y Rodríguez-Rubio E. (2006). Validación de la concentración de clorofila_a generada por el sensor Modis-Aqua con datos *in situ* en el Pacífico colombiano. Rev. Colombiana de Física (Rev. Col. Fís.), Vol. 38. No. (2): 774-777.
- CCCP. (1987). Informe de Actividades Realizadas en el Crucero "Pacífico X, ERFEN VII". República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima. Cartagena, Colombia.
- CCCP. (1989). Informe Crucero Oceanográfico Pacífico XV-ERFEN XII "20 Años CCO". República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima. Cartagena, Colombia.
- CCCP. (1991). Informe Científico Crucero Pacífico XVIII-ERFEN XV TOGA-COLOMBIA (Marzo-Abril 1991). República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CCCP. (1997). Centro Control Contaminación del Pacífico. Datos Hidrográficos del Crucero Pacífico XXVIII-ERFEN XXVI, CCCP-Tumaco (Noviembre 1997). República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima.
- CCCP. (2005). Manual de Crucero Oceanográfico: Área Operacional de Oceanografía. Centro Control Contaminación del Pacífico. San Andrés de Tumaco, Colombia.
- Chelton, D., Freilich, M. & Esbensen S. (2000a). *Satellite observations of the wind jets off the Pacific Coast of Central America. Part II: Relationships and dynamical considerations. Monthly Weather Review.* (128): 2019-2043.
- Chelton, D., Frelich, M. & Esbensen, S. (2000b). *Satellite observations of the wind jets off the Pacific Coast of Central America. Part I: Case studies and statistical characteristics. Monthly Weather Review.* (128): 1993-2007.
- Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid: Rialp.
- CIOH. (1969). Crucero oceanográfico en el Caribe Colombiano, Océano I-1969: Resultados Preliminares. Ministerio de Defensa Nacional, Armada Nacional. Cartagena, Colombia.

- CIOH. (1981). Crucero Océano V. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (1983). Informe Crucero Cooperativo Armada Nacional-Universidad de Harvard Océano VII.
- CIOH. (1984). Manual Servicio Buques Oceanográficos. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (1986). Desarrollo del servicio de calibración, reparación y mantenimiento de equipos oceanográficos: Informe final de proyecto. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (1987). Equipos de sistemas CIOH. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (1988). Crucero Pacífico IX-ERFEN VI. Folleto Informativo e Instrucción de Coordinación. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (1989). Memorias I Taller Seminario de Oceanografía Biológica. Cartagena, Colombia- 2-6 de mayo de 1988. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe-Dirección General Marítima y Portuaria.
- CIOH. (1992). Informe ejecutivo Crucero Oceanográfico Caribe I. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (2003). Reporte de Crucero Caribe 2003. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (2004). Reporte de Crucero Caribe 2004. Centro de Documentación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- CIOH. (2006). Cruceros Oceanográficos Caribe Colombiano Mayo-Junio y Noviembre de 2006. Ministerio de Defensa Nacional, Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Cartagena, Colombia.
- Dimar. (1972). Informe Datos Oceanográficos CICAR I. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria. Bogotá, Colombia.
- Dimar. (1973). Informe Datos Oceanográficos Océano II. República de Colombia, Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima y Portuaria. Bogotá, Colombia.
- Dirección General Marítima y Portuaria. 1973. Programa Colombiano de Investigaciones Marinas. División de Oceanografía.
- Dimar. (1978). Informe Datos Oceanográficos Crucero Océano III. Ministerio de Defensa, Armada Nacional, Dirección General Marítima. Bogotá, Colombia.
- Dimar. (1979). Informes Oceanográficos, Crucero Océano IV, Subárea 2.1. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, Dirección General Marítima. Bogotá, Colombia.
- Dimar. (1982). Informes Oceanográficos, Crucero Océano VI. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, Dirección General Marítima. Bogotá, Colombia.

- Dimar. (1987). Informes oceanográficos Océano IX. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, Dirección General Marítima. Bogotá, Colombia.
- Dimar. (2006). Agenda Científica DIMAR-2006-2010. [En línea]. [Consulta: 10 de septiembre de 2008]. Disponible en: <http://www.dimar.mil.co/VBeContent/verattach.asp?document=DocNewsNo480DokumentNo4879.PDF>
- Hellerman, S., & Rosenstein, M. (1983). *Normal monthly windstress over the world ocean with errors estimates. Journal of Physical Oceanography*. (13): 1093-1104.
- Ingeominas. (1987). Informe de actividades realizadas en el Crucero Pacífico X, ERFEN VII. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras. Oficina Regional Cartagena. Cartagena, Colombia.
- Lagerloef, G., Mitchum, G., Lukas, R. & Niiler, P. (1999). *Tropical Pacific near-surface currents estimated from altimeter, wind, and drifter data. Journal of Geophysical Research* (104): 23313-23326.
- Lillibridge, J., Leben, R. & Vossepoel, F. (1997). *Real-time altimetry from ERS-2*.
- Mindefensa. (1984). Decreto Ley 2324 de 1984 por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima. [En línea]. [Consulta 10 de agosto de 2008]. Disponible en: <http://www.CCCP.org.co/modules.php?name=Downloads&do=getit&lid=907>
- Robinson, I. (1997). *Satellite Oceanography; An introduction for oceanographers and remote-sensing scientists, 455 pp.*, Praxis Publishing Ltd, Chichester.
- Rodríguez-Rubio, E., Orejarena, J., Domínguez, J., Mayo, G., Riacurte, C. y Andrade, C. (2007). Validación de los valores de clorofila_a obtenidos por el satélite MODIS-AQUA en los Bancos de Salmedina-Caribe colombiano. *Boletín Científico CIOH* No. (25):148-157.
- Rodríguez-Rubio, E., Schneider, W & Abarca del Río, R. (2003). *On the seasonal circulation within the Panama Bight derived by satellite observations of wind altimetry and sea surface temperature. Geophys. Res. Lett.*, 30(7), 1410.
- Rodríguez-Rubio, E. & Stuardo, J. (2000). *Variability of photosynthetic pigments in the Colombian Pacific Ocean and its relationship with the wind field using ADEOS-I data. Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet.Sci.)*, 111, No. (3): 227-236.
- Rueda-Bayona J., Rodríguez-Rubio E. y Ortiz-Galvis J. (2007). Caracterización espacio temporal del campo de viento superficial del Pacífico colombiano y el Golfo de Panamá a partir de sensores remotos y datos in situ. *Bol. Científico CCCP*, (14): 49-68.
- Thalassa. La expedición Challenger. [Online]. [Consulta 22 de agosto del 2008]. Disponible en: <http://www.thalassa-online.com/revista/article.phtml?id=194>
- Umatani, S. & Yamagata, T. (1991). *Response of the Eastern Tropical Pacific to meridional migration of the ITCZ: The generation of the Costa Rica Dome. Journal of Physical Oceanography* (21): 346-363.
- Yu, Y., Emery W. & Leben, R. (1995). *Satellite altimeter derived geostrophic currents in the western tropical Pacific during 1992-1993 and their validation with drifting buoy trajectories. Journal of Geophysical Research* (100): 25069-25085.

Capítulo v

Metadatos marinos



Lanzamiento de la boya Trysix, desde el ARC “Gorgona”.
(Foto: Archivo fotográfico Dimar-CCCP)

Capítulo V

Metadatos marinos

- 5.1 Introducción
- 5.1 Análisis de estándares en el ámbito de los metadatos
 - 5.1.2 Familia de estándares ISO 19100
 - 5.1.3 Especificaciones del *Open Geospatial Consortium* (OGC)
- 5.2 Puesta en marcha del Perfil de Metadatos Marino Colombiano (PMMCMC)
 - 5.2.1 Paquetes de metadatos.
 - 5.2.2 Identificación de los elementos que conforman las secciones del PMMC.
 - 5.2.3 Listas de códigos y enumeraciones.
- 5.3 Impulsando la utilización del PMMC
 - 5.3.1 Catálogo de Metadatos Marino Colombiano (CMM).
 - 5.3.2 Creación de metadatos.
- 5.4 Referencias Bibliográficas Literatura citada

ALEXANDER MOGOLLÓN DÍAZ¹
HELBERT DARÍO RICO LUGO²

¹ MSc. Sistemas de Información Geográfica, Ing. Catastral y Geodesta, Ingeniero, Desarrollo y Geoinvestigación LtdaTDA. Cl 18 # 6-31 of 403. Tel 2867694 fax 2867694. Bogotá, Cundinamarca. dyg@dygingeneria.com / , alex.mogollon@dygingeneria.com

² Sun Certified *Programmer* for the Java Platform, Ingeniero de Sistemas, Ingeniero, Desarrollo y Geoinvestigación LtdaTDA. Cl 18 # 6-31 of 403. Tel 2867694 fax 2867694. Bogotá, Cundinamarca. dyg@dygingeneria.com / , helbert.rico@dygingeneria.com

Citar este capítulo como:

Mogollón Díaz, A. y Rico- Lugo, H. (2008). Metadatos marinos. En: DimarIMAR (Ed.). Gestión de datos e información oceanográfica Colombiana. (pp. XX-XX). Bogotá: Editorial Dimar. Ed (DIMAR), Bogotá, pp XX-XX

Introducción

En la comunidad relacionada con las Ciencias del Mar en Colombia existe un marcado reconocimiento a la creación de metadatos. La creación de un metadato se concibe como una oportunidad para ampliar la interoperabilidad de cualquier tipo de dato, entendida como la capacidad para desarrollar convenios que permiten el intercambio de los datos y su integración.

Sin embargo, la creación de metadatos dista de ser una tarea sencilla, pues en el proceso se presentan diversos obstáculos a saber: (i) La diversidad de estándares de extensos y complejos contenidos aplicables al dominio oceanográfico, (ii) El escaso talento humano capacitado para documentar metadatos de calidad, (iii) Las pocas herramientas que permiten unificar la posibilidad de crear, editar y buscar datos a partir de sus metadatos que cumplan con las condiciones de interoperabilidad propuesta por las entidades internacionales ISO y *Open Geospatial Consortium* (OGC).

La adaptación del perfil de metadatos marinos ISO 19115 al caso colombiano es una de las oportunidades que encontró Dimar para mitigar dicha problemática. El perfil en mención se construyó asumiendo que las descripciones de metadatos en diferentes dominios no son semánticamente diferentes, sino que se superponen y se relacionan entre sí, lo que permite adaptar las normas ISO relativas a los metadatos a un dominio particular. La construcción del catálogo de metadatos con base al perfil definido es un componente de software basado en la especificaciones OGC que permite la creación de metadatos conforme al perfil marino y el acceso a datos oceanográficos en el contexto de la información oceanográfica en Colombia, independientemente de la naturaleza de la búsqueda de la aplicación cliente. Estas actividades, descritas en el presente capítulo, se desarrollan para mejorar la gestión de los datos e información oceanográfica colombiana.

5.1 Análisis de estándares en el ámbito de los metadatos

Un estándar se puede entender como una especificación que regula la realización de ciertos procesos y/o la fabricación de componentes para garantizar la interoperabilidad. El uso de estándares marca la diferencia entre la producción artesanal y la producción industrial ya que la aplicación de un estándar permite que un proceso sea reiterativo y de fácil control (Zarazaga *et al.*, 2007).

Hay dos tipos de estándares que pueden ser acogidos en un proceso productivo, los *jure* que hacen referencia a los estándares generados de forma oficial (Fgdc, 2005), es decir, que tienen un reconocimiento formal y son el resultado de un esfuerzo realizado por organizaciones públicas y privadas en todo el

mundo conjuntamente con las organizaciones reconocidas que generan estándares, como la organización ISO; y los *facto* que son aquellos que carecen de formalismo oficial, pero que gozan de un reconocimiento por una comunidad de usuarios que ha probado su aplicabilidad como la forma más adecuada de realizar una actividad, un ejemplo de ello son las especificaciones OGC. En este sentido existen dos grandes contribuyentes para la estandarización de metadatos en el ámbito mundial, el grupo TC⁹⁹ 211 de ISO y OGC.

El Comité Técnico 211 de ISO (ISO/TC 211) tiene la responsabilidad de crear estándares específicos para el área de Geomática y desarrolla un trabajo en conjunto con la OGC (Icontec, 2002). Existe un convenio de colaboración entre ISO y OGC¹⁰⁰ donde se establece que las especificaciones de abstracción de

⁹⁹ Comité Técnico, por su sigla en inglés.

¹⁰⁰ http://www.iso.org/iso/about/organizations_in_liaison/organizations_in_liaison_details.htm?id=9825

OGC se convertirán en el estándar jure ISO/TC 211, y las especificaciones de implementación OGC se convertirán en las especificaciones de ingeniería avaladas por ISO/TC 211. En tal sentido OGC no crea estándares jure, sino que contribuye a su generación.

En síntesis, la familia de estándares jure ISO 19100 relacionada con metadatos se encarga de definir el contenido bien formado de la historia de un dato, teniendo en cuenta que es un documento susceptible de ser compartido en diferentes ambientes computacionales. El estándar facto de OGC por su parte, *Catalog Services Specification*, define los criterios técnicos para desarrollar una interfaz de catálogo de metadatos abierto e interoperable. El trabajo de estas dos entidades normalizadoras es complementario y buscan ofrecer los mecanismos para diligenciar meta-información consistente, sobre la cual se puedan crear catálogos de datos y servicios que permitan a los usuarios consultar datos de su interés a partir de sus metadatos en diferentes protocolos de comunicación (No-gueras-Iso et. al., 2005).

Cabe anotar que los grupos de estándares mencionados fueron utilizados para la adaptación del PMMC y para direccionar la implementación de la herramienta software para la gestión de dichos metadatos, por lo cual se dedicó esta sección a una breve descripción de los mismos.

5.1.1 Familia de estándares ISO 19100

ISO, por medio del TC 211 denominado “Geomática/Información Geográfica”, originó un grupo de normas ISO 19100 que definen, entre otras temáticas, los estándares relacionados con metadatos, ellas son: (i) ISO 19115:2003 *Geographic Information Metadata*, norma que presenta un formato general de descripción de un recurso geográfico; (ii) ISO 19115-2 *Extensions for Imagery and*

Gridded Data, extensión especializada de la norma ISO 19115 para describir un recurso en formato ráster; (iii) ISO 191139 *Metadata XML Schema Implementation*, especificación técnica que desarrolla una implementación en XML¹⁰¹ del formato descrito en ISO 19115.

El estándar internacional ISO 19115, de aproximadamente 412 elementos y 32 listas controladas, proporciona un formato general de gran complejidad para describir las características principales y las limitaciones de un dato (ISO, 2003). Por esta razón ISO 19115 establece un conjunto de definiciones, terminología y procedimientos de aplicación, unos obligatorios y otros opcionales, acerca de la creación de la historia del dato. La norma busca mediante la definición de elementos de metadato describir la identificación, la extensión, la calidad, el modelo espacial, el modelo temporal, la referencia espacial y la distribución de cualquier dato para fomentar la reusabilidad sin tener que recurrir al equipo humano que se encargó de su creación.

ISO 19139 es una especificación técnica que desarrolla una implementación XML del modelo de metadatos propuesto en ISO 19115. En otras palabras, define un conjunto de esquemas en XML que van a describir los metadatos asociados a cada nivel de información, permitiendo así su descripción y asegurando su validación. Estos esquemas XML se generan a partir de los modelos UML¹⁰² definidos en la ISO 19115, aplicando ciertas reglas de codificación.

Por su parte, ISO 19118 *Geographic Information-Encoding* es el estándar que establece un conjunto de normas de codificación para transformar los esquemas conceptuales UML descritos en los perfiles de metadatos en esquemas XML.

Vale la pena mencionar que además de la familia ISO 19100 existe una normativa de metadatos, la ISO 15836:2003 *Information and Documentation-The Dublin Core Metada-*

ta Element Set, que presenta un modelo de metadatos de propósito general para la descripción de recursos electrónicos y que actualmente se usa para describir datos geográficos por instituciones productoras de información geográfica en Colombia y en el mundo

Actualmente en Colombia la estandarización en el área de la Geomática es desarrollada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) y el Comité 28, cuyo secretario técnico es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), y para el año 2009 desarrolló el perfil de la Norma Técnica Colombiana de Metadatos basada en los estándares ISO 19115-39, que conlleva a las instituciones que hacen parte de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales a contar con diferentes opciones para la creación de sus metadatos. A partir de este trabajo las instituciones productoras o custodias de datos geográficos podrán usar para realizar los metadatos tres alternativas: (i) Norma Técnica Colombiana NTC 4611, versión 1, basada en el estándar de la Fgdc; ii) Norma Técnica 4611, versión 2, basada en ISO 19115 -39; (iii) Propiamente el estándar ISO 19115-39. Asimismo, a partir del método de *Harvesting* las instituciones podrán hacer interoperables sus sistemas de información de manera transparente al usuario.

5.1.2 Especificaciones OGC

Las especificaciones CWS¹⁰³ de OGC tienen que ver directamente con el uso de la meta-información, la cual define tres niveles de detalle:

a) Modelo general. Especifica un conjunto de interfaces de servicios que soportan la funcionalidad de descubrimiento, acceso, mantenimiento y organización de catálogos de información y sus recursos relacionados.

b) Protocolo de conexión. Añade guías para el diseño de la implementación del modelo general. Incluye un mapeo entre las interfaces, operaciones, parámetros generales y los constructores disponibles en el protocolo seleccionado.

c) Perfil de aplicación. Extiende un protocolo de conexión documentando las decisiones de implementación y seleccionando una representación concreta para los contenidos de los catálogos.

OGC permite descubrir la información que producen las diferentes instituciones nacionales de forma descentralizada. Esta especificación requiere de un perfil oficial de la ISO 19115-39 para aplicar en las instituciones y así tener la posibilidad de crear la *Clearing House Nacional*, siguiendo ejemplos de países como España, Reino Unido y Canadá.

5.2 Puesta en marcha del Perfil de Metadatos Marino Colombiano (PMMC)

Como ya se mencionó, las descripciones de metadatos en diferentes dominios no son semánticamente diferentes sino que se superponen y se relacionan entre sí, característica que permite adaptar las normas ISO a un dominio particular. La construcción de meta-información en un dominio particular se denomina perfil¹⁰⁴ (Williamson *et al.*, 2003).

Es así que el estándar ISO 19115 explica cómo comunidades individuales pueden desarrollar un 'perfil comunitario' del estándar internacional. Una comunidad, por ejemplo, puede adoptar partes del estándar y extender elementos, definir palabras clave y adaptar códigos de parámetros requeridos para describir la información que maneja la comunidad. De esta forma surge el perfil marino,

¹⁰¹ Extensible Markup Language, por su sigla en inglés.

¹⁰² *Unified Modeling Language*, por su sigla en inglés.

¹⁰³ Catálogo de Servicios Web, por su sigla en inglés.

¹⁰⁴ Componente esencial para la difusión a escala regional, nacional o global de un dato específico.

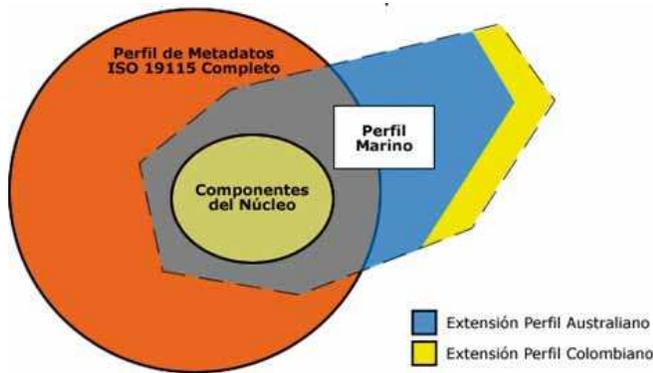


Figura 5.1. Perfil de Metadatos Marino ISO 19115.

originario del Centro de Datos Oceanográfico de Australia (AODC¹⁰⁵) y auspiciado inicialmente por seis agencias gubernamentales australianas de datos marinos (AODC, 2008), que consiste en una definición de un perfil práctico de metadatos basado en el estándar ISO 19115, que soportar la documentación y búsqueda de conjuntos de datos marinos.

El perfil Australiano de Datos Marinos es un subconjunto del estándar e incluye todos los elementos del núcleo y los elementos obligatorios de ISO 19115. Adicionalmente, define elementos suplementarios, listas de códigos y listas de parámetros para asistir la descripción de metadatos marinos. El diagrama de la Figura 5.1 ilustra la relación entre los componentes del núcleo de metadatos, el perfil de metadatos ISO 19115 completo, el Perfil Marino Australiano y el Perfil Marino Colombiano (AODC, 2008).

Dentro de los cambios que se establecieron para definir el Perfil de Metadatos Marino Australiano se destacan la creación de cuatro nuevos elementos: fecha de revisión, frecuencia de muestreo, circulación y agregación de los datos; además de dos nuevas tablas de códigos: Tipo de Códigos de Circulación y Códigos de Unidades de Agregación Temporal.

El PMMC es una recomendación de metadatos que extiende las capacidades del perfil marino australiano y las adapta a las necesidades de Colombia en el año 2007 por la

Dirección Nacional de Datos Oceanográficos en cabeza de Dimar (Ortiz-Martínez *et al.*, 2008). Se definió con el objetivo de unificar criterios para la documentación de metadatos oceanográficos generados por personas e instituciones relacionadas con las Ciencias del Mar en Colombia, encauzando la interoperabilidad de metadatos en el país y se definiendo las herramientas necesarias para afianzar la Política de Intercambio Internacional de Información Oceanográfica concebida por el programa IODE de COI.

Específicamente las adaptaciones realizadas al perfil marino australiano responden a la definición de nuevas listas de parámetros y a la inclusión de nuevos campos en los bloques de información; al tiempo que se redefinió la obligatoriedad, condicionalidad y dependencia de algunos de los campos, con el fin de vincular a cada conjunto de datos únicamente la información que se precisa para su distribución nacional, regional e internacional y facilitar la búsqueda por parte de las instituciones del gremio.

5.2.1 Paquetes de metadatos

Los metadatos generalmente se presentan mediante paquetes UML y el PMMC no es la excepción, cada paquete está conformado por una o más entidades que a su vez contienen atributos que describen los elementos del metadato. La Figura 2 permite identificar la totalidad de los paquetes que representan las once (11) secciones que hacen parte del estándar ISO 19115; el subconjunto de secciones señalado en color naranja contiene los elementos del perfil de metadatos marino. En este sentido el perfil marino consta de cinco (05) secciones a saber: (i) Información de la calidad de los datos, (ii) Información de distribución, (iii) Información del sistema de referencia, (iv) Información de la extensión de los metadatos, (v) Información de identificación del metadato.

¹⁰⁵ Australian Ocean Data Centre, por su sigla en inglés.

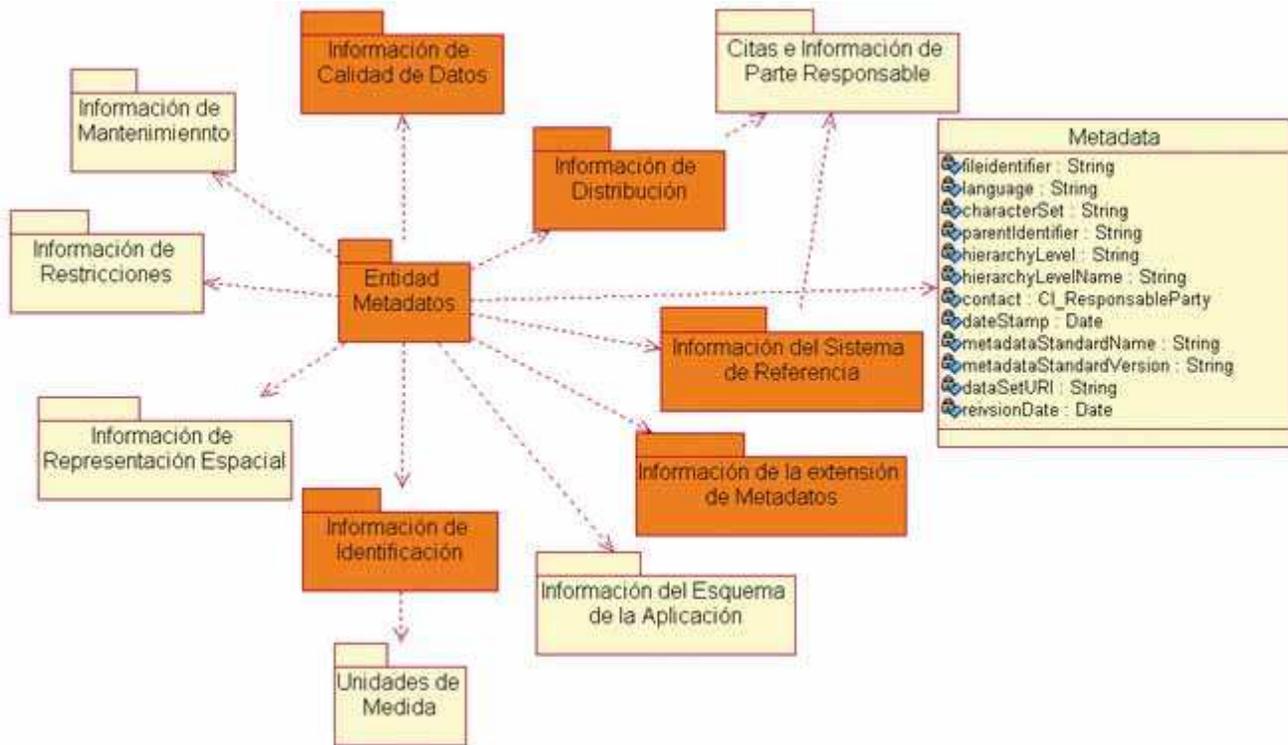


Figura 5.2. Paquetes que conforman el estándar ISO 19115; en naranja las secciones que se involucraron en la definición del PMMC.

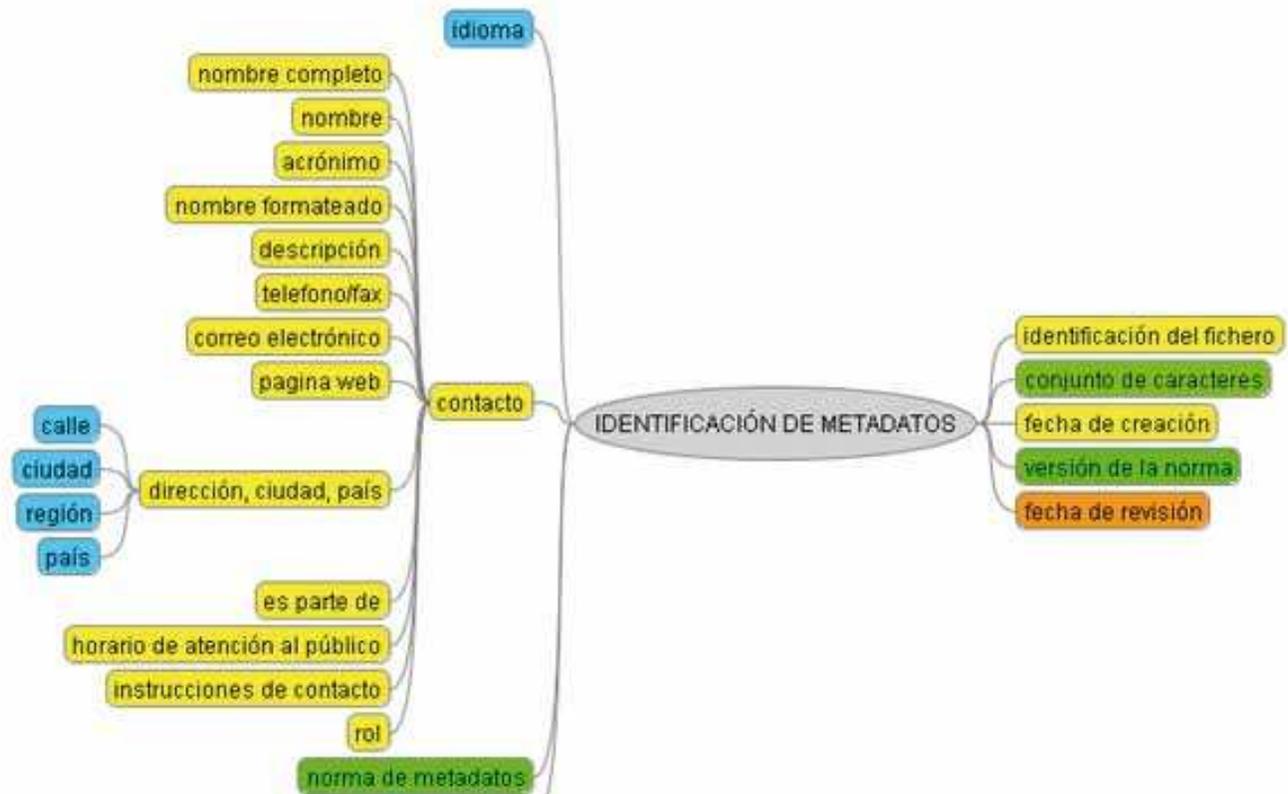


Figura 5.3. Sección 1 del PMMC: Identificación de Metadatos.

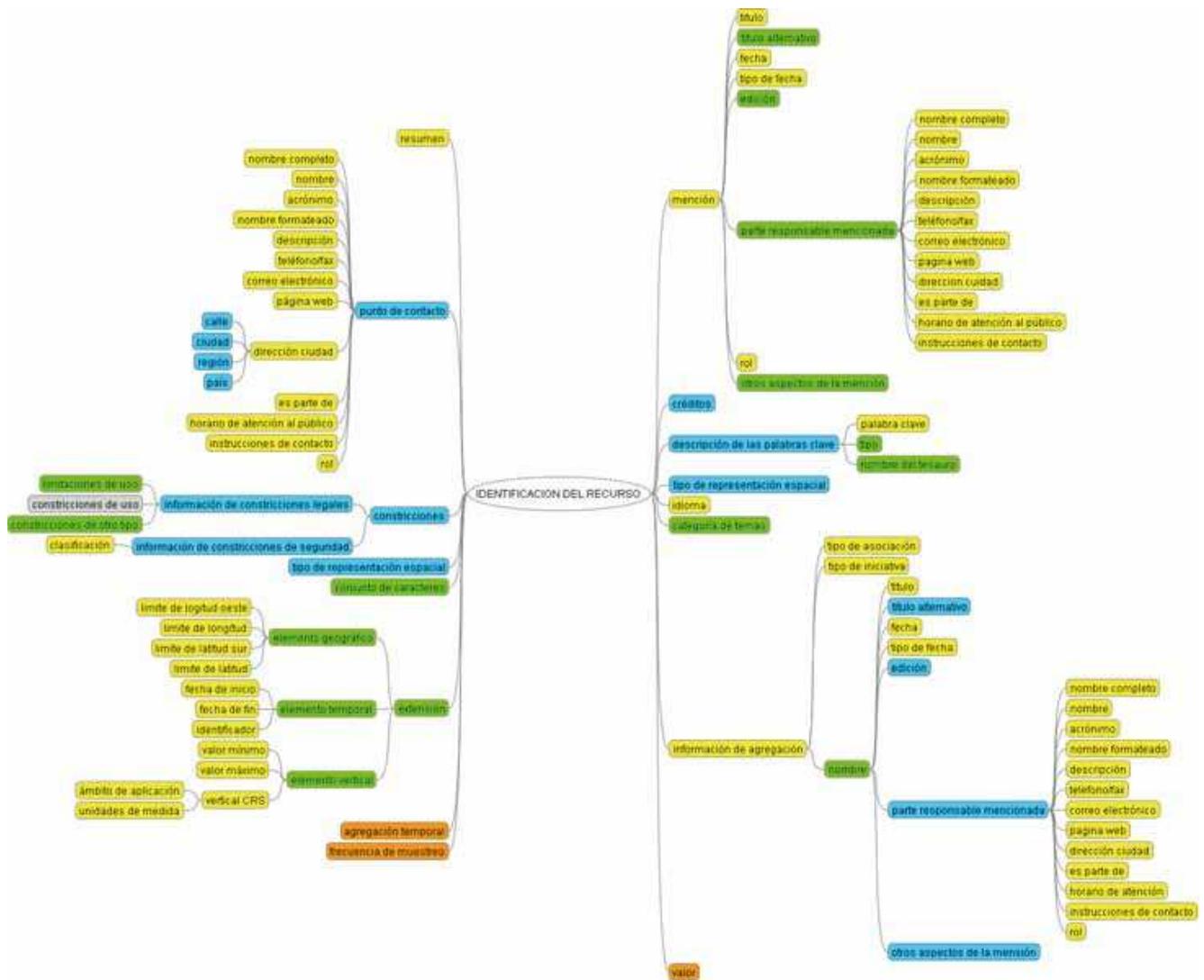


Figura 5.4. Sección 2 del PMMC: Identificación del Recurso.

5.2.2 Identificación de los elementos que conforman las secciones del PMMC

A continuación se presentan diagramas que describen los elementos de las secciones del PMMC, cada una de las gráficas permite identificar su naturaleza dentro del perfil, obligatoriedad, condicionalidad y dependencia, mediante una convención de colores:

- Campo Obligatorio.
- Campo Condicional, al llenarse este campo deben completarse los campos dependientes.
- Campo Opcional.
- Campo Nuevo para el PMMC.

a) **Sección 1:** Identificación de Metadatos. Resume los elementos requeridos por el PMMC para identificar un conjunto de datos oceanográficos (Figura 5.3).

b) **Sección 2:** Identificación del Recurso. Define los elementos del metadato que identifican el conjunto de datos, como la citación del recurso, sus límites espaciales y temporales, las restricciones de acceso y uso, las referencias cruzadas, entre otros (Figura 5.4).

c) **Sección 3:** Control de Calidad. Contiene los elementos para consignar información cuantitativa y cualitativa sobre la calidad del conjunto de datos, así como el proceso de creación y la fuente del recurso de autoridad

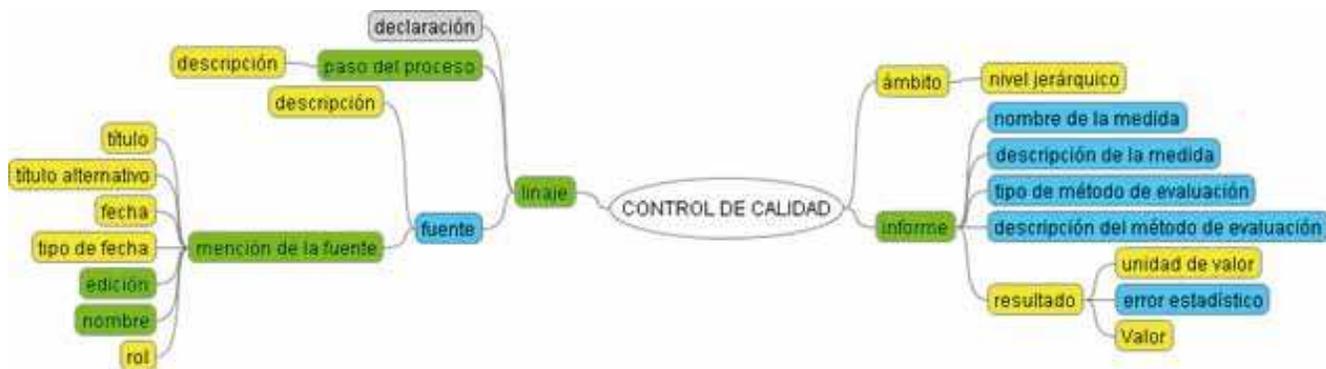


Figura 5.5. Sección 3 del PMMC: Control de Calidad.



Figura 5.6. Sección 4 del PMMC: Sistema de Referencia.

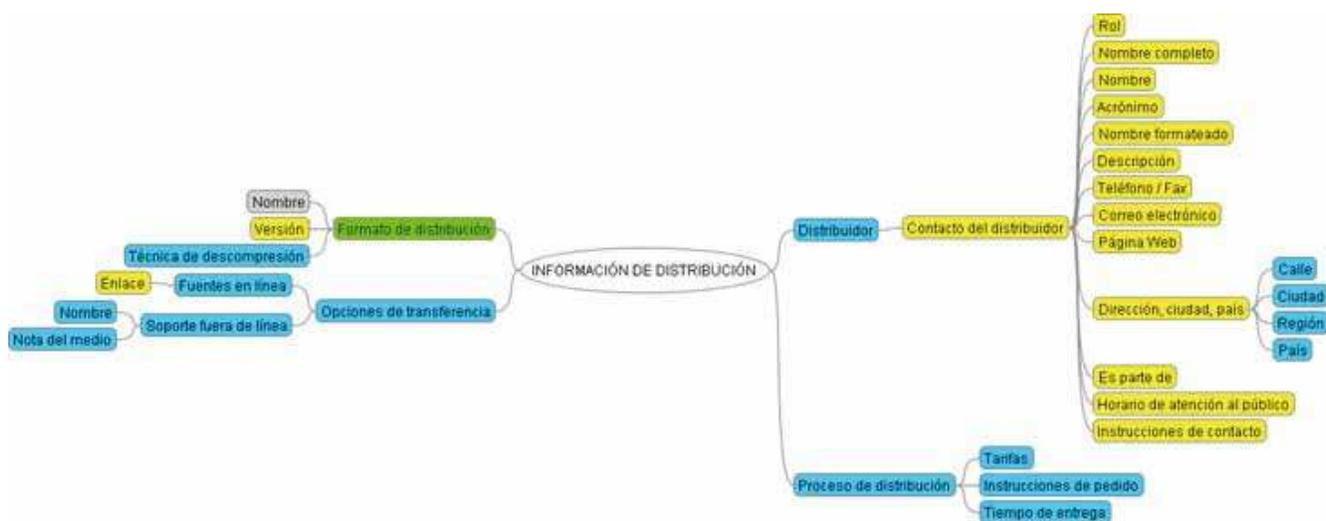


Figura 5.7. Sección 5 del PMMC: Información de Distribución.

seguido para la clasificación de los datos (Figura 5.5).

d) Sección 4: Identificación del Sistema de Referencia. Incluye el sistema de referencia espacial utilizado en la descripción del recurso (Figura 5.6).

Sección 5: Identificación de Distribución. Define los elementos requeridos por el PMMC para acceder al recurso (Figura 5.7).

5.2.3 Listas de códigos y enumeraciones

Además de las modificaciones realizadas en los paquetes de información, el PMMC determina códigos de parámetros para algunos campos. Las tablas I a la XVI detallan cada uno de los conjuntos de parámetros incluidos en el PMMC, con su respectivo nombre de dominio y código.

Tabla 5.1. MD_Código del Conjunto de Caracteres.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	MD_Character-SetCode	MD_Código del Conjunto de Caracteres	Char-SetCd	Nombre del estándar de codificación de caracteres usado para el recurso
2	ucs2	ucs2	001	<i>16-bit fixed size Universal Character Set, basado en ISO/IEC 10646.</i>
3	ucs4	ucs4	002	<i>32-bit fixed size Universal Character Set, basado en ISO/IEC 10646.</i>
4	utf7	utf7	003	<i>7-bit variable size UCS Transfer Format, basado en ISO/IEC 10646.</i>
5	utf8	utf8	004	<i>8-bit variable size UCS Transfer Format, basado en ISO/IEC 10646.</i>
6	utf16	utf16	005	<i>16-bit variable size UCS Transfer Format, basado en ISO/IEC 10646.</i>
7	8859part1	8859part1	006	<i>ISO/IEC 8859-1, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 1: Latin alphabet No. 1.</i>
8	8859part2	8859part2	007	<i>ISO/IEC 8859-2, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 2: Latin alphabet No. 2.</i>
9	8859part3	8859part3	008	<i>ISO/IEC 8859-3, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 3: Latin alphabet No. 3.</i>
10	8859part4	8859part4	009	<i>ISO/IEC 8859-4, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 4: Latin alphabet No. 4.</i>
11	8859part5	8859part5	010	<i>ISO/IEC 8859-5, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 5: Latin/Cyrillic alphabet.</i>
12	8859part6	8859part6	011	<i>ISO/IEC 8859-6, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 6: Latin/Arabic alphabet.</i>
13	8859part7	8859part7	012	<i>ISO/IEC 8859-7, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 7: Latin/Greek alphabet.</i>
14	8859part8	8859part8	013	<i>ISO/IEC 8859-8, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 8: Latin/Hebrew alphabet.</i>
15	8859part9	8859part9	014	<i>ISO/IEC 8859-9, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 9: Latin alphabet No. 5.</i>
16	8859part10	8859part10	015	<i>ISO/IEC 8859-10, Information technology-8-bit single-byte coded character sets-Part 10: Latin alphabet No. 6.</i>

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
17	8859part11	8859part11	016	<i>ISO/IEC 8859-11, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 11: Latin/Thai alphabet.</i>
18	8859part13	8859part13	018	<i>ISO/IEC 8859-13, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 13: Latin alphabet No. 7.</i>
19	8859part14	8859part14	019	<i>ISO/IEC 8859-14, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 14: Latin alphabet No. 8 (Celtic).</i>
20	8859part15	8859part15	020	<i>ISO/IEC 8859-15, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 15: Latin alphabet No. 9.</i>
21	8859part16	8859part16	021	<i>ISO/IEC 8859-16, Information technology-8-bit single-byte coded graphic character sets-Part 16: Latin alphabet No. 10.</i>
22	jis	jis	022	Conjunto de caracteres japoneses usado para transmisiones electrónicas.
23	shiftJIS	shiftJIS	023	Conjunto de caracteres japoneses usado en máquinas basadas en MS-DOS.
24	eucJP	eucJP	024	Conjunto de caracteres japoneses usado en máquinas basadas en UNIX.
25	usAscii	usAscii	025	Conjunto de caracteres ASCII US (ISO 646 US).
26	ebcdic	ebcdic	026	Conjunto de caracteres IBM <i>mainframe</i> .
27	eucKR	eucKR	027	Conjunto de caracteres coreanos.
28	big5	big5	028	Conjunto de caracteres tradicionales usados en Taiwan, Hong Kong de China y otras áreas.
29	GB2312	GB2312	029	Conjunto de caracteres simplificado chinos.

Tabla 5.II. CI_Código de Rol.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>CI_RoleCode</i>	CI_Código de Rol	RoleCd	Función desempeñada por una parte responsable
2	<i>ResourceProvider</i>	Proveedor del recurso	001	Suministra el recurso.
3	<i>Custodian</i>	Custodio/ Conservador	002	Acepta la responsabilidad de los datos y asegura un cuidado apropiado y el mantenimiento del recurso.
4	<i>Owner</i>	Propietario	003	Dueño del recurso.
5	<i>User</i>	Usuario	004	Usa el recurso.
6	<i>Distributor</i>	Distribuidor	005	Distribuye el recurso.
7	<i>Originator</i>	Creador	006	Crea el recurso.
8	<i>Point of Contact</i>	Punto de contacto	007	Contacto para informarse sobre o adquirir el recurso.
9	<i>Principal Investigator</i>	Investigador principal	008	Responsable de recopilar información y conducir la búsqueda.
10	<i>Processor</i>	Procesador	009	Procesador de los datos, de tal modo que ha modificado el recurso.
11	<i>Publisher</i>	Editor	010	Edita el recurso.
12	<i>Autor</i>	Autor	011	Autor del recurso.

Tabla 5.III. MD_Código de Frecuencia de Mantenimiento.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_Maintenance-Frequency Code</i>	MD_Código de Frecuencia de Mantenimiento	<i>Maint Freqcod</i>	Frecuencia con que se realizan modificaciones y/o eliminaciones en el recurso después de que se producen por primera vez
2	<i>Continual</i>	Continuamente	001	Repetida y frecuente
3	<i>Daily</i>	Diariamente	002	Diaria
4	<i>Weekly</i>	Semanalmente	003	Semanal
5	<i>Fortnightly</i>	Quincenalmente	004	Cada dos (02) semanas
6	<i>Monthly</i>	Mensualmente	005	Mensual
7	<i>Quarterly</i>	Trimestralmente	006	Trimestral
8	<i>Biannually</i>	Bianualmente	007	Semestral
9	<i>Annually</i>	Anualmente	008	Anual
10	<i>Ascended</i>	Según necesidad	009	Según demanda
11	<i>Irregular</i>	Irregular	010	En intervalos desiguales de duración
12	<i>Notplanned</i>	No programado	011	No planeada
13	<i>Unknown</i>	Desconocida	012	Desconocida

Tabla 5.IV. CI_Código de Tipo de Fecha.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>CI_Date TypeCode</i>	CI_Código de Tipo de Fecha	Date TypCd	Identificación de cuándo ocurrió un evento dado
2	<i>Creation</i>	Creación	001	Fecha en la que el recurso fue creado.
3	<i>Publication</i>	Publicación	002	Fecha en la que el recurso fue editado.
4	<i>Revision</i>	Revisión	003	Identificador de la fecha en la que el recurso fue examinado o re-examinado y mejorado o corregido.

Tabla 5.V. MD_Código de Restricción.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_Restriction Code</i>	MD_Código de Restricción	RestrictCd	Limitaciones para el acceso o uso de los datos
2	<i>Copyright</i>	Copyright	001	Derecho exclusivo de publicación, producción o venta de los derechos del recurso, garantizado por ley a un autor.
3	<i>Patent</i>	Patente	002	El gobierno ha otorgado derecho exclusivo para vender, usar o dar licencias del recurso.
4	<i>PatentPending</i>	Pendiente de patentar	003	Información producida o vendida esperando una patente.
5	<i>Trademark</i>	Marca registrada	004	Nombre, símbolo u otro dispositivo de identificación del producto, registrado oficialmente y restringido legalmente para el uso exclusivo del propietario o fabricante.
6	<i>License</i>	Licencia	005	Permiso formal para hacer algo.
7	<i>Intellectual</i>	Derechos de Propiedad Intelectual	006	Derecho de beneficio financiero y de control de la distribución del recurso, que es resultado de la creatividad.
8	<i>Restricted</i>	Restringido	007	Circulación o acceso general limitado.
9	<i>OtherRestrictions</i>	Otras Restricciones	008	Otras limitaciones no listadas.

Tabla 5.VI. MD_Código de Clasificación.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_Classification-Code</i>	MD_Código de Clasificación	Classca-tionCd	Restricciones en el manejo del recurso
2	<i>Unclassified</i>	Desclasificado	001	Disponibilidad de acceso general.
3	<i>Restricted</i>	Restringido	002	No disponible para acceso general.
4	<i>Confidencial</i>	Confidencial	003	Disponible para alguien a quién la información puede ser confiada.
5	<i>Secret</i>	Secreto	004	Guardado como privado, desconocido, u oculto para todos excepto para un grupo selecto de personas.
6	<i>Topsecret</i>	Alto secreto	005	Del más alto secreto.

Tabla 5.VII. DS_Código del Tipo de Asociación.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>DS_Association TypeCode</i>	DS_Código del Tipo de Asociación	ASCTy-peCd	Justificación de la relación del recurso agregado con el recurso que se documenta
2	<i>CrossReference</i>	Referencia Cruzada	001	Referencia de un recurso a otro.
3	<i>LargerWorkCitation</i>	Mención del trabajo principal	002	Referencia a un recurso maestro del cuál ese es una parte.
4	<i>PartofSeamless Database</i>	Parte de una Base de Datos Continua	003	Parte de un mismo conjunto estructurado de datos mantenido en un computador.
5	<i>Source</i>	Fuente	004	Fuente a partir del cual se ha originado el recurso que se documenta.
6	<i>StereoMate</i>	StereoMate	005	Parte de un conjunto de imágenes que si se utilizan conjuntamente proporcionan imágenes tridimensionales.

Tabla 5.VIII. DS_Código de Tipo de Iniciativa.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>DS_Initiative Type-Code</i>	DS_Código de Tipo de Iniciativa	InitTyp-Cd	Tipo de actividad de agregación en la que está implicado el recurso
2	<i>Campaign</i>	Campaña	001	Serie de acciones planeadas y organizadas.
3	<i>Collection</i>	Colección	002	Acumulación de conjuntos de datos reunidos para un propósito específico.
4	<i>Exercise</i>	Ejercicio	003	Ejecución específica de una función o grupo de funciones.
5	<i>Experiment</i>	Experimento	004	Proceso diseñado para determinar si algo es efectivo o válido.
6	<i>Investigation</i>	Investigación	005	Búsqueda o pregunta sistemática.
7	<i>Mission</i>	Misión	006	Objetivo específico de una colección de datos como sistema.
8	<i>Sensor</i>	Sensor	007	Dispositivo o pieza de equipamiento que detecta o registra.
9	<i>Operation</i>	Operación	008	Acción parte de una serie de acciones.
10	<i>Platform</i>	Vehículo	009	Vehículo u otra base de apoyo que soporta un sensor.
11	<i>Process</i>	Proceso	010	Método de hacer algo mediante un número de pasos.
12	<i>Program</i>	Programa	011	Actividad planeada específica.
13	<i>Project</i>	Proyecto	012	Tarea organizada, investigación, o desarrollo.
14	<i>Study</i>	Estudio	013	Examen o investigación.
15	<i>Task</i>	Tarea	014	Parte de trabajo.
16	<i>Trial</i>	Ensayo	015	Proceso de pruebas para descubrir o demostrar algo.

Tabla 5.IX. MD_Código de Categoría del Tema.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_Topic CategoryCode</i>	MD_Código de Categoría del Tema	Topic CatCd	Clasificación temática de alto nivel del recurso para asistir en el agrupamiento y búsqueda de recursos disponibles. Los ejemplos listados no son exhaustivos. NOTA: si se entiende que hay solapes entre categorías generales el usuario se encargará de el usuario se encargará de seleccionar la más adecuada.
2	<i>Farming</i>	Agricultura	001	Cría de animales y/o cultivo de plantas. Ejemplos: agricultura, irrigación, acuicultura, plantaciones, plagas, epidemias y enfermedades que afectan a las cosechas y al ganado.
3	<i>Biota</i>	Biota	002	Flora y fauna en el medio natural. Ejemplos: fauna, vegetación, ciencias biológicas, ecología, vida salvaje, vida marina, pantanos, hábitat.
4	<i>Boundaries</i>	Límites	003	Descripciones legales del terreno. Ejemplos: límites administrativos y políticos.
5	<i>Climatology/ Meteorology Atmosphere</i>	Atmósfera climatológica y meteorológica	004	Procesos y fenómenos de la atmósfera. Ejemplos: cobertura nubosa, tiempo, clima condiciones atmosféricas, cambio climático, precipitación.
7	<i>Elevation</i>	Elevación	006	Altura sobre o bajo el nivel de mar. Ejemplos: altitud, batimetría, modelos digitales del terreno, pendiente y productos derivados.
8	<i>Environment</i>	Medio ambiente	007	Recursos medio ambientales, protección y conservación. Ejemplos: contaminación ambiental, tratamiento y almacenamiento de desechos, valoración del impacto ambiental, seguimiento del riesgo medioambiental, reservas naturales, paisaje.
9	<i>Geoscientific Information</i>	Información geocientífica	008	Información perteneciente a las ciencias de la Tierra. Ejemplos: procesos y objetos geofísicos, Geología, minerales, ciencias relacionadas con la composición, estructura y origen de las rocas de la Tierra, riesgo sísmico, actividad volcánica, corrimiento de tierras, gravimetría, suelos, permafrost, Hidrología y erosión.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
10	<i>Health</i>	Salud	009	Salud, servicios de salud, ecología humana y seguridad. Ejemplos: dolencias y enfermedades, factores que afectan a la salud, higiene, abuso de sustancias, salud mental y física, servicios de salud.
11	<i>ImageryBaseMap EarthCover</i>	Cobertura de la Tierra con mapas básicos e imágenes	010	Cartografía básica. Ejemplos: usos del suelo, mapas topográficos, imágenes, imágenes sin clasificar, anotaciones.
12	<i>Intelligence Military</i>	Inteligencia Militar	011	Bases militares, estructuras, actividades. Ejemplos: cuarteles, zonas de instrucción, transporte militar, alistamiento.
13	<i>InlandWaters</i>	Aguas interiores	012	Objetos de agua interior, sistemas de drenaje y sus características. Ejemplos: ríos y glaciares, lagos de agua salada, planes de utilización de aguas, presas, corrientes, inundaciones, calidad de aguas, planes hidrológicos.
14	<i>Location</i>	Localización	013	Información posicional y servicios. Ejemplos: direcciones, redes geodésicas, puntos de control, servicios y zonas postales, nombres de lugares.
15	<i>Oceans</i>	Océanos	014	Objetos y características de las aguas saladas (excluyendo las aguas interiores). Ejemplos: mareas, movimientos de marea, información de costa, arrecifes.
16	<i>PlanningCadaastre</i>	Planeamiento Catastral	015	Información usada para tomar las acciones más apropiadas para el uso futuro de la Tierra. Ejemplos: mapas de uso del suelo, mapas de zonas, levantamientos catastrales, propiedad del terreno y mercancías. Ejemplos: carreteras, aeropuertos/pistas de aterrizaje, rutas, vías marítimas, túneles, cartas náuticas, localización de barcos o vehículos, cartas aeronáuticas, ferrocarriles.
20	<i>UilitiesCommuni- cation</i>	Comunicaciones y utilidades	019	Redes de agua, de energía, de retirada de residuos, de infraestructura de comunicaciones y servicios. Ejemplos: hidroelectricidad, fuentes de energía geotermal, solar y nuclear, distribución y depuración de agua, recogida y almacenamiento de aguas residuales, distribución de gas y energía, comunicación de datos, telecomunicaciones, radio, redes de comunicación.

Tabla 5.X. DQ_Tipo de Reporte de la Calidad de los datos.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código
1	<i>DQ_DataQuality ReportTypeCode</i>	DQ_Tipo de Reporte de la Calidad de los Datos	EvalMethType Cd
2	<i>Completeness commision</i>	Compleción por comisión	000
3	<i>Completeness ommision</i>	Compleción por omisión	001
4	<i>Conceptual consistency</i>	Consistencia conceptual	002
5	<i>Domain consistency</i>	Dominio de la consistencia	003
6	<i>Format consistency</i>	Consistencia de formato	004
7	<i>Topological consistency</i>	Consistencia topológica	005
8	<i>Absolute external positional accuracy</i>	Exactitud posicional externa absoluta	006
9	<i>Gridded data positional accuracy</i>	Exactitud posicional de datos malla	007
10	<i>Relative internal positional accuracy</i>	Exactitud posicional interna relativa	008
11	<i>Thematic classification correctness</i>	Corrección de la clasificación temática	009
12	<i>Non quantitative attribute accuracy</i>	Exactitud de los atributos no cuantitativos	010
13	<i>Quantitative attribute accura- cy</i>	Exactitud de los atributos cuantitativos	011
14	<i>Accuracy of a time measurement</i>	Exactitud de una medida de tiempo	012
15	<i>Temporal consistency</i>	Consistencia temporal	013
16	<i>Temporal validity</i>	Validez temporal	014
17	<i>Geographic consistency</i>	Consistencia geográfica	015
18	<i>Variables codification</i>	Codificación de variables	016
19	<i>Correctness of measurement units</i>	Corrección de unidades de medida	017
20	<i>Ranks limit</i>	Rangos límite	018

Tabla 5.XI. MD_Tipo de Representación Espacial.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_SpatialRepresentationTypeCode</i>	MD_Código del Tipo de Representación Espacial	SpatRep-TypCd	Método usado para representar la información geográfica en el conjunto de datos
2	<i>Vector</i>	Vector	001	Datos vectoriales para representar datos geográficos.
3	<i>Grid</i>	Malla	002	Datos malla para representar datos geográficos.
4	<i>TextTable</i>	Tabla de texto	003	Datos de texto o tabulares para representar datos geográficos.
5	<i>Tin</i>	Tin	004	Red irregular de triángulos.
6	<i>StereoModel</i>	Modelo estéreo	005	Visión tridimensional formada por las intersecciones de los rayos homólogos de un par de imágenes solapadas.
7	<i>Video</i>	Video	006	Escena de una grabación de video.

Tabla 5.XII. MD_Código del Nombre de Soporte.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_MediumNameCode</i>	MD_Código del Medio	Med NameCd	Nombre del soporte
2	<i>CDRom</i>	CD Rom	001	Disco óptico sólo de lectura.
3	<i>DVD</i>	DVD	002	Disco versátil digital.
4	<i>DVDRom</i>	DVD Rom	003	Disco versátil digital sólo de lectura.
5	<i>3HalfInchFloppy</i>	Disquete de 3.5	004	Disco magnético de 3.5 pulg.
6	<i>5QuarterInch Floppy</i>	Disquete de 5.25	005	Disco magnético de 5.25 pulg.
7	<i>7trackTape</i>	Cinta de 7 pistas	006	Cinta magnética de 7 pistas.
8	<i>9trackTape</i>	Cinta de 9 pistas	007	Cinta magnética de 9 pistas.
9	<i>3480Cartridge</i>	Cartucho 3480	008	Cinta de cartucho 3480.
10	<i>3490Cartridge</i>	Cartucho 3490	009	Cinta de cartucho 3490.
11	<i>3580Cartridge</i>	Cartucho 3580	010	Cinta de cartucho 3580.
12	<i>4mmCartridge Tape</i>	Cinta de cartucho de 4mm	011	Cinta magnética de 4 mm.
13	<i>8mmCartridge Tape</i>	Cinta de cartucho de 8mm.	012	Cinta magnética de 8 mm.
14	<i>1QuarterLnch CartridgeTape</i>	Cinta de cartucho de 0.25 pulg.	013	Cinta magnética de 0.25 pulg.
15	<i>DdigitalLinear Tape</i>	Cinta lineal digital	014	Cinta lineal digital (stream) de cartucho de media pulgada.
16	<i>Online</i>	En línea	015	Enlace directo con ordenador.
17	<i>Satellite</i>	Satélite de comunicación vía satélite.	016	Enlace a través de un sistema
18	<i>TelephoneLink</i>	Enlace Telefónico	017	Comunicación a través de una red telefónica.
19	<i>Hardcopy</i>	Copia impresa	018	Impreso o folleto que da información.

Tabla 5.XIII. MD_Código de Ámbito.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_ScopeCode</i>	MD_Código de Ámbito	ScopeCd	Clase de Información a la que se aplica la entidad referenciada
2	<i>Attribute</i>	Atributo	001	La información se aplica a una clase de atributo.
3	<i>Attribute Type</i>	Tipo de Atributo	002	La información se aplica a una característica de un objeto.
4	<i>Collection Hardware</i>	Hardware de captura	003	La información se aplica al hardware de captura.
5	<i>CollectionSession</i>	Sesión de captura	004	La información se aplica a una sesión de captura.
6	<i>Dataset</i>	Conjunto de datos	005	La información se aplica al conjunto de datos.
7	<i>Series</i>	Series	006	La información se aplica a las series.
8	<i>NoGeographic Dataset</i>	Conjunto de datos no geográficos	007	La información se aplica a los datos no geográficos.
9	<i>DimensionGroup</i>	Grupo de dimensiones	008	La información se aplica a un grupo de dimensiones.
10	<i>Feature</i>	Objeto	009	La información se aplica a un objeto.
11	<i>Feature Type</i>	Tipo de Objeto	010	La información se aplica a un tipo de objeto.
12	<i>PropertyType</i>	Tipo de propiedad	011	La información se aplica a un tipo de propiedad.
13	<i>FieldSession</i>	Sesión de campo	012	La información se aplica a una sesión de campo.
14	<i>Software</i>	Software	013	La información se aplica a un programa o rutina de ordenador.
15	<i>Service</i>	Servicio	014	La información se aplica a la capacidad por la cual una entidad proveedora de servicios haga disponible un servicio para una entidad usuaria, a través de un conjunto de interfaces que definen un comportamiento como un caso de uso.
16	<i>Model</i>	Modelo	015	La información se aplica a una copia o imitación de un objeto existente o hipotético.
17	<i>Tile</i>	Hoja	016	La información se aplica a una hoja, subconjunto espacial de un conjunto de datos geográficos.

Tabla 5.XIV. MD_Código del Tipo de Valor.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_Currency TypeCode</i>	MD_Código del Tipo de Circulación	CurrCd	Nombre del valor del recurso
2	<i>MostRecent</i>	Más reciente	001	Más reciente
3	<i>Historical</i>	Histórico	002	Histórico
4	<i>Predicted</i>	Pronóstico	003	Pronóstico
5	<i>Unknown</i>	Desconocido	004	Desconocido

Tabla 5.XV. MD_Código de la Unidad de Agregación Temporal.

No.	Domain Name	Nombre del dominio	Código	Definición
1	<i>MD_Temporal Aggregation UnitCode</i>	MD_Código de la Unidad de Agregación Temporal	AgUnitCd	Nombre de la unidad de agregación temporal
2	<i>Day</i>	Día	001	Día
3	<i>Multi-day</i>	Multi-día	002	Multi-día, Ej.: 5 días
4	<i>Week</i>	Semana	003	Semana
5	<i>Month</i>	Mes	004	Mes
6	<i>Multi-month</i>	Multi-mes	005	Multi-mes, Ej.: una temporada
7	<i>Year</i>	Año	006	Año
8	<i>Multi-year</i>	Multi-año	007	Multi-año
9	<i>None</i>	Ninguna	008	No hay unidad de agregación

Tabla 5.XVI. MD_CSDGM Format Name Code.

Código	Nombre
ARCC	ARCC-Coverage of Arc-Info
ARCE	ARCE-ARC/INFO Export format
ARCG	ARCG-ARC/INFO Generate format
ASCII	ASCII-Formatted for text attributes
BIL	BIL-Imagery, band interleaved by line
BIP	BIP-Imagery, band interleaved by pixel
BMP	BMP-Windows or OS/2 Bitmap
BSQ	BSQ-Imagery, band interleaved sequential
CDF	CDF-Common Data Format
CFF	CFF-Cartographic Feature File (U.S. Forest Service)
COORD	COORD-User-created coordinate file
DBF	DBF-dBase File
DEM	DEM-Digital Elevation Model format (U.S. Geological Survey)
DFAD	DFAD-Digital Feature Analysis Data (National Imagery and Mapping Agency)
DGN	DGN-Microstation format (Intergraph Corporation)
DIGES	DIGEST-Digital Geographic Information Exchange Standard
DLG	DLG-Digital Line Graph (U.S. Geological Survey)

Código	Nombre
DTED	DTED-Digital Terrain Elevation Data (MIL-D-89020)
DWG	DWG-AutoCAD Drawing format
DX90	DX90-Data Exchange (90)
DXF	DXF-AutoCAD Drawing Exchange Format
ECW	ECW-ERMapper Compress Wavelets
ERDAS	ERDAS-ERDAS image files (ERDAS Corporation)
GRASS	GRASS-Geographic Resources Analysis Support System
GRID	GRID-Arc/Info Binary Format
HDF	HDF-Hierarchical Data Format
HTML	HTML- <i>HyperText Markup Language</i>
IGDS	IGDS-Interactive Graphic Design System format (Intergraph Corporation)
IGES	IGES-Initial Graphics Exchange Standard
IMG	IMG-ERDAS Imagine format
JPEG	JPEG-Joint Photographic Group Format
LAN	LAN-Earth Resources Data Analysis System Version 7.7
MDB	MDB-Microsoft Data Base
MIF	MIF
MOSS	MOSS-Multiple Overlay Statistical System export file
NETCD	NETCDF-Network Common Data Format
NITF	NITF-National Imagery Transfer Format
RPF	RPF-Raster Product Format (National Imagery and Mapping Agency)
RST	RST
RVC	RVC-Raster Vector Converted format (MicroImages)
RVF	RVF-Raster Vector Format (MicroImages)
SDTS	SDTS-Spatial Data Transfer Standard (Federal Information Processing Standard 173)
SHP	SHP-ArcView ShapeFile
SIF	SIF-Standard Interchange Format (DOD Project 2851)
SLF	SLF-Standard Linear Format (National Imagery and Mapping Agency)
TAB	TAB-MapInfo Tabular Format
TGRLN	TGRLN-Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing (TIGER) Line format (Bureau of the Census)
TIFF	TIFF-Tagged Image File Format
VPF	VPF-Vector Product Format (National Imagery and Mapping Agency)

5.3 Impulsando el uso del PMMC

Esta sección describen las iniciativas que Dimar ha adelantado para impulsar el uso del PMMC, la creación de metadatos y los avances en la implementación del Catálogo de Metadatos Marino ISO 19115.

5.3.1 Catálogo de Metadatos Marino (CMM)

A partir del PMMC se implementó un servidor de Catálogo de Metadatos Marino (CMM). Los catálogos de metadatos son los grandes colosos a construir para mejorar la gestión de los datos oceanográficos. El CMM



Figura 5.8. Interfaz de usuario del CMM de Cecoldo.



Figura 5.9. I Curso Introductorio del Perfil de Metadatos Marino ISO 19115, ofrecido a las instituciones participantes del crucero oceanográfico Erfen XLVII 2008.

es un componente de software que permite el acceso a los metadatos marinos, independientemente de la naturaleza de la búsqueda de la aplicación cliente. Esto significa que las aplicaciones cliente de búsqueda de metadatos no necesitan ser desarrollados por la misma empresa o el mismo que desarrolle la tecnología al lado del servidor. En este sentido, la contribución del OGC es promover los mecanismos para la normalización de los servicios de catálogo, ofreciendo las interfaces para crear herramientas que hagan posible la independencia tecnológica para acceder a los datos (Rodríguez *et al.*, 2005).

La construcción de un catálogo de metadatos no es fácil de abordar debido a la complejidad de las especificaciones de interoperabilidad propuesta por OGC, por tal razón Dimar optó por crear el CMM sobre la herramienta Geonetwork versión 2.0.0. Geonetwork es un catálogo libre y abierto desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO-UN, por su sigla en inglés), el Programa Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación (WFP-UN, por su sigla en inglés) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por su sigla en inglés) de naturaleza open source.

Así, el catálogo de metadatos del portal de Cecoldo (Figura 5.8) es una herramienta web basada en la última versión de Geonetwork que permite la descripción de los datos oceanográficos utilizando los lineamientos del PMMC y su respectiva implementación de la norma ISO 19139.

El CMM tiene dos grandes grupos de servicios con soporte multilinguaje, a saber:

a) *Servicios de captura y edición de metadatos.* Este servicio permite la edición de metadatos sobre el PMMC con la respectiva implementación técnica de la norma ISO 19139 aplicada al modelo de metadatos propuesto en el perfil, abriendo la posibilidad de tener un metadato en un formato XML bien definido y estructurado para facilitar el in-

tercambio de metadatos en los ámbitos nacional, regional e internacional.

Se desarrolló una vista en bloques del PMMC para hacer más eficaz y transparente el diligenciamiento de los metadatos marinos. Cada bloque es una sección del perfil y cada elemento del perfil está acompañado de un identificador de colores amarillo, azul y verde que indican la obligatoriedad y condicionalidad del elemento. Asimismo, el módulo de edición y captura de metadatos cuenta con las listas controladas descritas en el PMMC con la idea de aumentar la normalización en el proceso de creación del metadato.

La herramienta ofrece además la posibilidad de crear plantillas con información propia de cada institución proveedora de metadatos con el fin de agilizar el proceso de creación de estos y evitar los procesos redundantes en la captura de la historia de los conjuntos de datos.

b) *Servicios de búsqueda de datos oceanográficos.* El CMM cuenta con un servicio de recuperación de datos. Este servicio de búsqueda opera sobre el modelo XML del PMMC y sobre perfiles de búsqueda propuestos en la especificación OGC denominada Catalogue Services Specification. Estas dos alternativas de búsqueda permiten identificar un dato oceanográfico a partir de la información depositada en sus metadatos, lo que hace posible el descubrimiento de los datos a partir de su meta-información.

El CMM permite asociar servicios de mapas a los metadatos y de esta manera tener una referencia de la posición geográfica del conjunto de datos oceanográficos. Los servicios de mapas asociados a los metadatos pueden ser suministrados por servidores públicos de cartografía como Google Maps, Google Earth y Yahoo Maps, por mencionar algunos, o bien por un servidor de información geográfica propietario construido con especificaciones OGC.

El CMM tiene adicionalmente la posibilidad de hacer harvesting, es decir puede conectarse con otros nodos de metadatos

marinos utilizando diferentes protocolos de comunicación como son: Z39.50, ISO CSW2.0 perfil de cliente y servidor, OAI-PMH cliente y servidor, servidor de GeoRSS, GEO Open-Search y servidor WebDAV, de tal manera que se facilita la interoperabilidad entre instituciones proveedoras. Este aspecto es un valioso aporte a la gestión de los datos oceanográficos, gracias a esta condición es posible interconectar la información oceanográfica disponible en otras entidades o países que implementen el CMM.

5.3.2 Creación de metadatos

Documentar metadatos es complejo, exige cierta especialización y considerable dedicación debido a que este oficio requiere conocer las características del recurso a documentar, así como los criterios a seguir para diligenciar cada sección del PMMC. Estas condiciones exigieron la creación de un Instructivo para la Documentación de Metadatos Marinos por parte de Dimar, que describe cada uno de los elementos que constituyen el perfil y las recomendaciones a tener en cuenta para diligenciar un metadato conforme al perfil. Esto ha facilitado el trabajo de los responsables de la creación de los metadatos del CCCP, del CIOH y a las instituciones involucradas con el crucero regional ERFEN que se adelanta dos veces al año en CPC, entre las que se encuentran: Univalle, la Fundación Yubarta, la Fundación Malpelo e Invemar.

El Instructivo para la Documentación de Metadatos Marinos inicia con una descripción los diferentes niveles de información para los cuales se pueden crear metadatos conforme a la recomendaciones de Dimar, acompañado de una descripción de los elementos que componen el PMMC, especificando los criterios a seguir para su correcto diligenciamiento, y finaliza con un ejemplo de aplicación asociada a la información oceanográfica colombiana.

La Autoridad Marítima Nacional es consciente de que dicho instructivo no es suficiente para mitigar la falta de personal capacita-

do en Colombia para referenciar metadatos marinos, por esta razón está constituyendo un grupo de especialistas en esta labor. Se trata de un grupo formador y consultor que servirá para dar apoyo y asistencia a las diferentes instituciones productoras de información oceanográfica en Colombia, en el marco de la reactivación de Cecoldo. El objetivo de este grupo es consolidar la creación de metadatos conformes al PMMC mediante cursos de iniciación de metadatos (Figura 5.9), asesoramiento en la creación de plantillas de productos de las Ciencias del Mar en Colombia, así como ofrecer cursos avanzados en el manejo de la herramienta de catalogación de datos marinos.

5.4 Literatura citada

- Australian Ocean Data Centre.* (2008). Brief description of the Marine Community Profile, P. 1. [On-line] [Consulta: 18 diciembre de 2008]. Disponible en: <http://www.aodc.gov.au/files/MarineProfileInfo.pdf>
- Australian Ocean Data Centre.* (2008). Marine Community Profile (version 1.4), pp. 3-34. [On-line]. [Consulta: 20 diciembre de 2008]. Disponible en: <http://www.aodc.gov.au/files/MarineCommunityProfilev1.4.pdf>
- Federal Geographic Data Committee: US National Profile of ISO 19115, Geographic Information-Metadata Washington (2005). [On-line]. [Consulta: 12 Noviembre de 2008]. Disponible en: [http://www.fgdc.gov/standards/Geographic Information-Metadata 19115:2003, Technical report, International Organization for Standardization \(ISO\).](http://www.fgdc.gov/standards/Geographic%20Information-Metadata%2019115:2003,Technical%20report,International%20Organization%20for%20Standardization%20(ISO).) [On-line]. [Consulta: 12 diciembre de 2008]. Disponible en: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32557
- Nogueras-Iso, J., Muro-Medrano, P., Zarazaga-Soria, F. & Rioja, R. (2005). 'SDIGER-Dublin Core Metadata Application Profile for geo-

graphical data mining', Technical report, SDIGER: A cross-border inter-administration Spatial Data Infrastructure to support WFD information access for Adour-Garonne and Ebro River Basins. Contract Number-2004 742 00004, Available at <http://www.sdiger.net>.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación en Colombia ICONTEC: Geographic Information. Metadata Geografic.NTC 4611 (2002). [On-line]. [Consulta: 12 diciembre de 2008]. Disponible en: <https://ssio.icontec.org.co/igsiofaseiii/Popup/ConFichalSO.aspx?ld=66236>

Ortiz-Martínez, R., Mogollón, A. & Rico-Lugo, H. (2008). *Implementation of International Standards for Colombian Oceanographic Data and Information Management Using Open Source Web Software. Case study. In-*

ternational Conference On Marine Data and Information Systems, IMDIS2008. Book of abstracts, page 94. Atenas, Grecia. 236 pp.

Rodríguez, P., Álvarez, P. & Muro-Medrano P. (2005). IDEZar: an example of user needs, technological aspects and the institutional framework of a local SDI Proc. of the 11th EC GI & GIS Workshop: ESDI Setting the Framework. Pp. 56-58. Sardinia.

Williamson, I., Rajabifard, A. & Feeney, M. (Eds.), (2003). *Developing Spatial Data Infrastructures-from Concept to Reality*. Taylor and Francis, London.

Zarazaga-Soria, F., Lacasta, J., Nogueras-Iso, J., Torres, M. & Muro-Medrano, P. (2007). A Java Tool for Creating ISO/FGDC Geographic Metadata, in 'Proc. of the GI-days 2003 conference', pp. 17-30.