

ARQUITECTURA BASE PARA EL INTERCAMBIO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS COLOMBIANOS

BASIC ARCHITECTURE TO THE COLOMBIAN OCEANOGRAPHIC DATA EXCHANGE

Ruby Viviana Ortiz-Martínez¹
Efraín Rodríguez-Rubio²

¹ Administradora de Tecnologías de la Información,
Dirección General Marítima - Centro Control Contaminación del Pacífico (DIMAR-CCCP),
Vía El Morro, Capitanía de Puerto de Tumaco, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia
rortiz@dimar.mil.co

² Director Nacional de Datos Oceanográficos,
Dirección General Marítima - Centro Control Contaminación del Pacífico (DIMAR-CCCP),
Vía El Morro, Capitanía de Puerto de Tumaco, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia
eodriguezrubio@yahoo.com

Ortiz-Martínez, R. y E. Rodríguez-Rubio. 2007. Arquitectura base para el intercambio de datos oceanográficos colombianos. Boletín Científico CCCP, (14): 3-18.

Recibido en mayo de 2006; aceptado en diciembre de 2007

NOTA ACLARATORIA: Parte del presente trabajo fue presentada en la modalidad de afiche científico en el XII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR), Brasil, 15 de abril de 2007.

RESUMEN

Desde 1691, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental estableció el programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica. Desde entonces éste ha facilitado y estimulado el intercambio de datos oceanográficos entre todos los países miembros. Esta iniciativa ha sido muy acogida y actualmente son más de 80 países los vinculados al programa; sin embargo, la estandarización de los procedimientos de almacenamiento, el control de calidad y gestión de datos y metadatos no son tareas fáciles, debido a la diversidad de formatos existentes y a la relación estrecha de estas actividades con la infraestructura técnica y tecnológica con la que cada país cuenta para el cumplimiento de los compromisos adquiridos con el programa. Es así como surge la necesidad de definir una política de intercambio nacional, basada en la experiencia de organizaciones reconocidas como el Centro Nacional de Datos Oceanográficos por el programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica que opere como un modelo orientador y facilitador del proceso de mejoramiento continuo del intercambio de conocimiento sobre las costas y mares. En este contexto, el presente trabajo contribuye a la actuación sobre las necesidades detectadas de intercambio de datos oceanográficos colombianos, maximizando la comprensión de los procesos relacionados, recomendando la aplicación de estándares internacionales para el almacenamiento de datos y metadatos, adaptando un modelo de banderas de calidad y proponiendo la arquitectura base para el desarrollo de sistemas de información basados en web, integrados a Sistemas de Información Geográfica y enfocados hacia la interoperabilidad con redes regionales.

PALABRAS CLAVE: Normas ISO, banderas de calidad, metadatos, XML, aplicaciones web, estandarización, diccionario de datos marinos.

ABSTRACT

Since 1691, the Intergovernmental Oceanographic Commission established the International Oceanographic Data and Information Exchange Program and since then it has facilitated and stimulated the oceanographic data and information exchange between participating member states. This initiative has been welcomed and actually, there are more than 80 countries members, nevertheless, the standardization of the storage formats, quality control and data management are not easy task due to the diversity of formats and to the close relationship with the technical and technological infrastructure of each country for the fulfillment of the commitments acquired with the program. From it the necessity arises to define of a national exchange policy based on the experience of National Oceanographic Data Centers by International Oceanographic Data and Information Exchange Program, so that, it eats and facilitates the continuous improvement process of knowledge exchange about coasts and seas. In this context, the present work contributes in the performance on the detected necessities of Colombian oceanographic data exchange, maximizing the understanding of the related processes, recommending the application of international standards to data storage and metadata, adapting a quality flags model, storage and proposing the basic architecture for the development of Web information systems integrated to Geographic Information System and focused towards the interoperability with regional networks.

KEY WORDS: ISO standards, quality flag, metadata, XML, web applications, standardization, marine data dictionary.

INTRODUCCIÓN

El impacto de los océanos en el bienestar de la comunidad es una cuestión que reviste cada vez más interés para la mayoría de países en el mundo. Los diversos fenómenos que influyen en la actualidad en la calidad y condiciones de vida locales y globales han generado preocupación en la comunidad científica, y gran parte de ella ha centrado sus investigaciones en descubrir las características de dichos fenómenos. Se destaca la preocupación sobre el cambio climático global, el Fenómeno de El Niño, la desertificación, los eventos tsunamigénicos y los huracanes, entre otros más, que han conducido a la creación de fuertes estructuras de coordinación y de programas internacionales, bajo la premisa del continuo y eficiente intercambio de datos e información relacionada.

Para el caso particular de los datos oceanográficos, el programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE)¹ ha generado una considerable producción técnica y científica que resuelve parte de los problemas que se presentan por la variedad de formatos de almacenamiento disponibles. Esta estructura se ha extendido hacia Suramérica y el Caribe como una red de intercambio denominada ODINCARSA, que actúa como mecanismo para determinar el estado actual y potencial del desarrollo del Centro Nacional de Datos Oceanográficos (NODC)² de los países miembros del programa y los dirige hacia las nacientes políticas para la gestión de datos oceanográficos.

En este sentido, la Dirección General Marítima (DIMAR), reconocida como Centro Colombiano de Datos e Información Oceanográfica (CECOLDO), proyecta establecer bases de datos regionales con países como: Ecuador, Perú y Chile, que permitan contribuir a los proyectos sobre el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) y del Sistema Mundial de Observación de los Océanos (GOOS), a través de la Alianza Regional GRASP; lo cual plantea una serie de retos desde el punto de vista técnico y tecnológico, cuyo desafío puede enfrentarse con la línea base que se plantea como parte de los resultados del presente estudio, considerado punto

de partida para la gestión de datos e información oceanográfica en Colombia.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde al océano y costas colombianas, cuyos puntos focales para la recolección y administración de datos oceanográficos son: el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) para el Pacífico, ubicado en el municipio de Tumaco, departamento de Nariño; y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) para el Caribe, ubicado en la ciudad de Cartagena, departamento de Bolívar.

El encuadramiento de los datos oceanográficos analizados se ajusta a las denominaciones adoptadas por la IOC (1991) en el formulario Informe Resumido de Crucero de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), así: Oceanografía Química, Oceanografía Física, Oceanografía Biológica, Oceanografía Geológica, Contaminación y Meteorología Marina

METODOLOGÍA

Para definir el ciclo de vida completo del ambiente de interacción entre los centros productores de datos oceanográficos del Pacífico y el Caribe colombiano se requiere, desde una perspectiva de solución Business Intelligence³, según Nawrocki (2006), evaluar la infraestructura tanto técnica como no-técnica necesaria. Con esta perspectiva, el objeto del presente estudio se concentró en la definición de la infraestructura no-técnica; evaluando las normas, estándares y formatos aplicables a los datos, metadatos y control de calidad para definir la arquitectura base de intercambio de CECOLDO.

Los componentes de la arquitectura fueron definidos de acuerdo a las reglas de negocio y políticas Moss y Shaku (2003), dándose respuesta a las siguientes preguntas referentes a la infraestructura no-técnica deseable:

-Modelo funcional: ¿Qué hace?

¹ Del inglés: International Oceanographic Data and Information Exchange.

² Del inglés: National Oceanographic Data Centre.

³ Son llamados también Sistemas de Información (SI) expertos. Estos sistemas son diseñados para resolver problemas de decisión y están encaminados a potenciar la calidad y aportes que podría hacer un experto durante la toma de decisiones en determinada área del conocimiento.

- Modelo de procesos: ¿Cómo lo hace?
- Modelo de datos: ¿Qué tipo de datos maneja?
- Metadatos: ¿Tiene un modelo de metadatos implementado?
- Estándares: ¿Qué estándares le son aplicables?

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo funcional

Para definir este modelo se analizó la cadena de suministro de los productores de datos oceanográficos miembros de CECOLDO. Siendo la DIMAR el punto focal para Colombia oficialmente establecido por el programa IODE, se verificaron los procesos de adquisición de datos oceanográficos

y la potencial incorporación de los mismos en el SIG-DIMAR, labor asignada a los centros de investigación ubicados estratégicamente en el Pacífico (CCCP) y el Caribe (CIOH) colombiano. Adicionalmente, se consideró la implementación de redes nacionales, regionales y mundiales, lo cual implicaría la inclusión de estos datos en el repositorio de CECOLDO, denominado Central de Información Marina Colombiana (CENIMARC)

La Figura 1. ilustra el modelo funcional en mención, desde la planeación del análisis, observación o medición, pasando por la validación y asignación de banderas de calidad (QF⁴), hasta la generación de los conjuntos de datos⁵ y metadatos que se integrarán y cargarán, junto a fuentes de datos externas, en los sistemas de información a implementar para CECOLDO, los

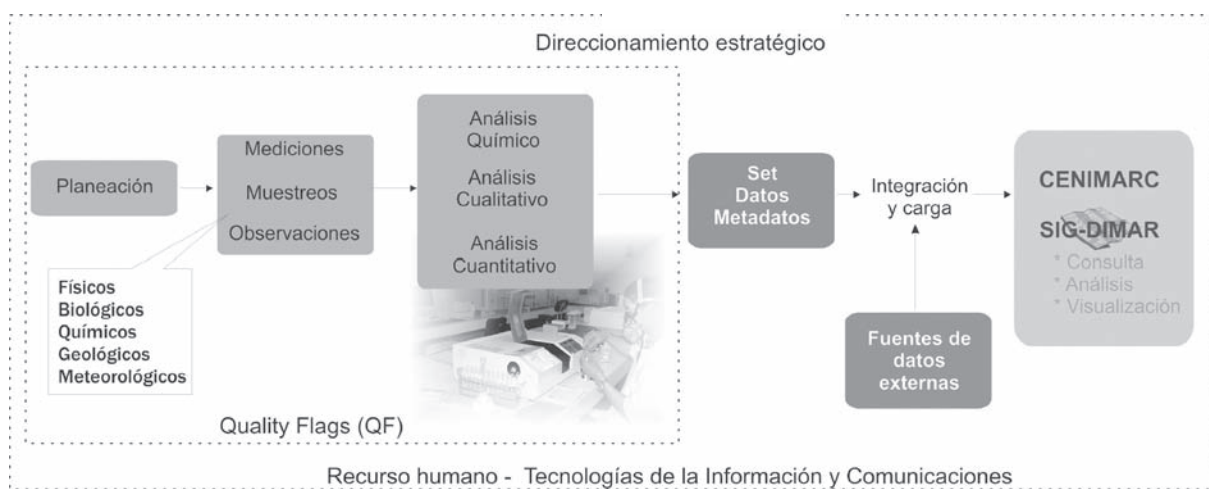


Figura 1. Modelo funcional de producción de datos oceanográficos en Colombia.

cuales se supondrán integrados al SIG-DIMAR. Cabe destacar el papel fundamental que juega el recurso humano calificado en las áreas de las Ciencias del Mar y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en la producción de datos confiables, ya que estos dos se consideran el pilar del modelo guiado por la planificación estratégica, la innovación y la cultura de producción de información oceanográfica, como apoyo científico y operacional.

Modelo de procesos

Para definir el modelo de procesos se

identificaron y se relacionaron las principales actividades de producción de datos oceanográficos que permiten transformar las necesidades de la comunidad nacional e internacional en productos de interés científico y para la administración pública, obteniéndose el macroproceso de manejo de datos oceanográficos colombiano (Figura 2) como parte esencial del modelo de un sistema de gestión de calidad, el cual debe estar fundamentado en la mejora continua como lo establece la norma ISO 9001:2000.

Adicionalmente, se revisaron documentos tales como el Manual de Calidad del Laboratorio

⁴Del inglés: Quality Flags.

⁵Del inglés: Dataset.

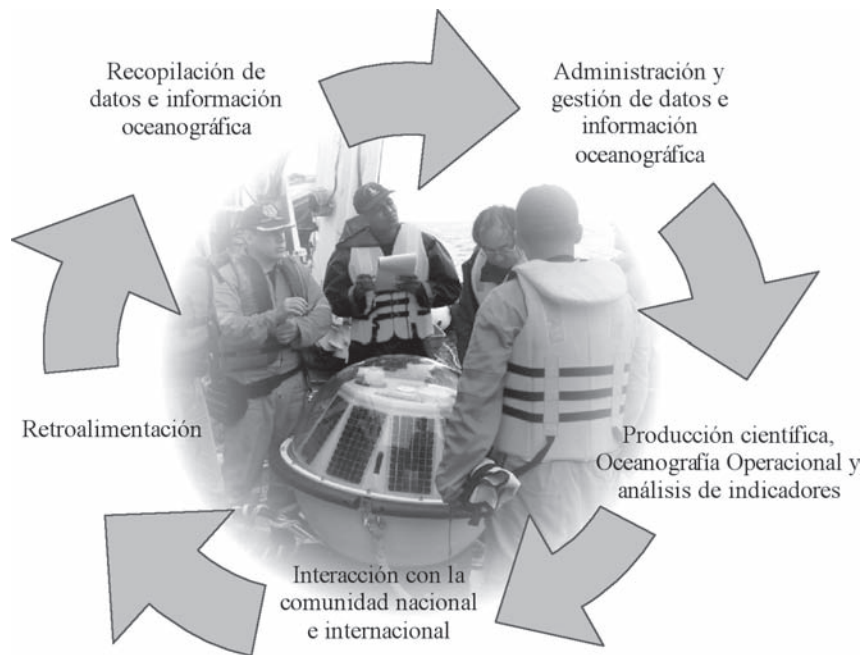


Figura 2. Modelo de procesos para la producción de datos oceanográficos colombianos.

CCCP, tesis de grado e informes de cruceo, que revistieron importancia para el desarrollo de los diagramas de actividades para la recolección de datos físicos, químicos y biológicos realizados en cruceos oceanográficos (Figura 3) y muestreos locales sobre calidad de aguas.

Modelo de datos

Para responder a la pregunta ¿qué tipo de datos manejan los centros de datos oceanográficos colombianos? y definir su estructura base de intercambio, se identificaron los datos que recopilan los centros de investigación de la DIMAR, clasificándolos en cada denominación según la UNESCO 1991 y además se establecieron las relaciones entre las mediciones y observaciones de acuerdo a la literatura del IODE, con relación a los equipos de laboratorio utilizados en los centros de referencia, los equipos de campo y la aplicación de métodos de validación para la asignación de QF (Tabla I)

Metadatos

Actualmente, los productores y usuarios de información oceanográfica no pueden permitirse estar sin datos documentados debido al aporte significativo que brindan los metadatos al proceso de validación de

la calidad de los datos, por tal motivo el IOC (2005) ha emitido recomendaciones a la comunidad del IODE para el uso del estándar ISO 19115:2003 en la descripción de datos marinos y con ello asegurar la recopilación de metadatos uniformemente.

La iniciativa de estandarización del esquema de metadatos marinos ha evolucionado desde la utilización del formato DIF⁶ en la herramienta de metadatos marinos ambientales MEDI⁷, operativa para la comunidad del IODE desde 1979 (UNESCO, 2002), y ha tomado nuevos rumbos a partir del planteamiento del AODC (2006) para desarrollar un 'perfil específico', adoptando las partes del estándar metadatos geográfico y extendiendo los elementos, las palabras claves y códigos que le sean aplicables a la comunidad marina.

El perfil de metadatos marinos, hoy por hoy, ha alcanzado una completa compatibilidad con la ISO 19115:2003; definiendo elementos obligatorios (Figura 4), elementos suplementarios, listas de código y vocabularios controlados para asistir la descripción de los recursos marinos. En consecuencia, el perfil impulsado desde sus inicios por el NODC australiano fue recomendado durante la XIX Reunión del Comité del IODE (IOC, 2007), donde el Grupo Administrador del proyecto de MEDI (SG-MEDI⁸) manifestó que no

⁶ Del inglés: Directory Interchange Format.

⁷ Del inglés: Marine Environmental Data Inventory.

⁸ Del inglés: Steering Group for the MEDI project.

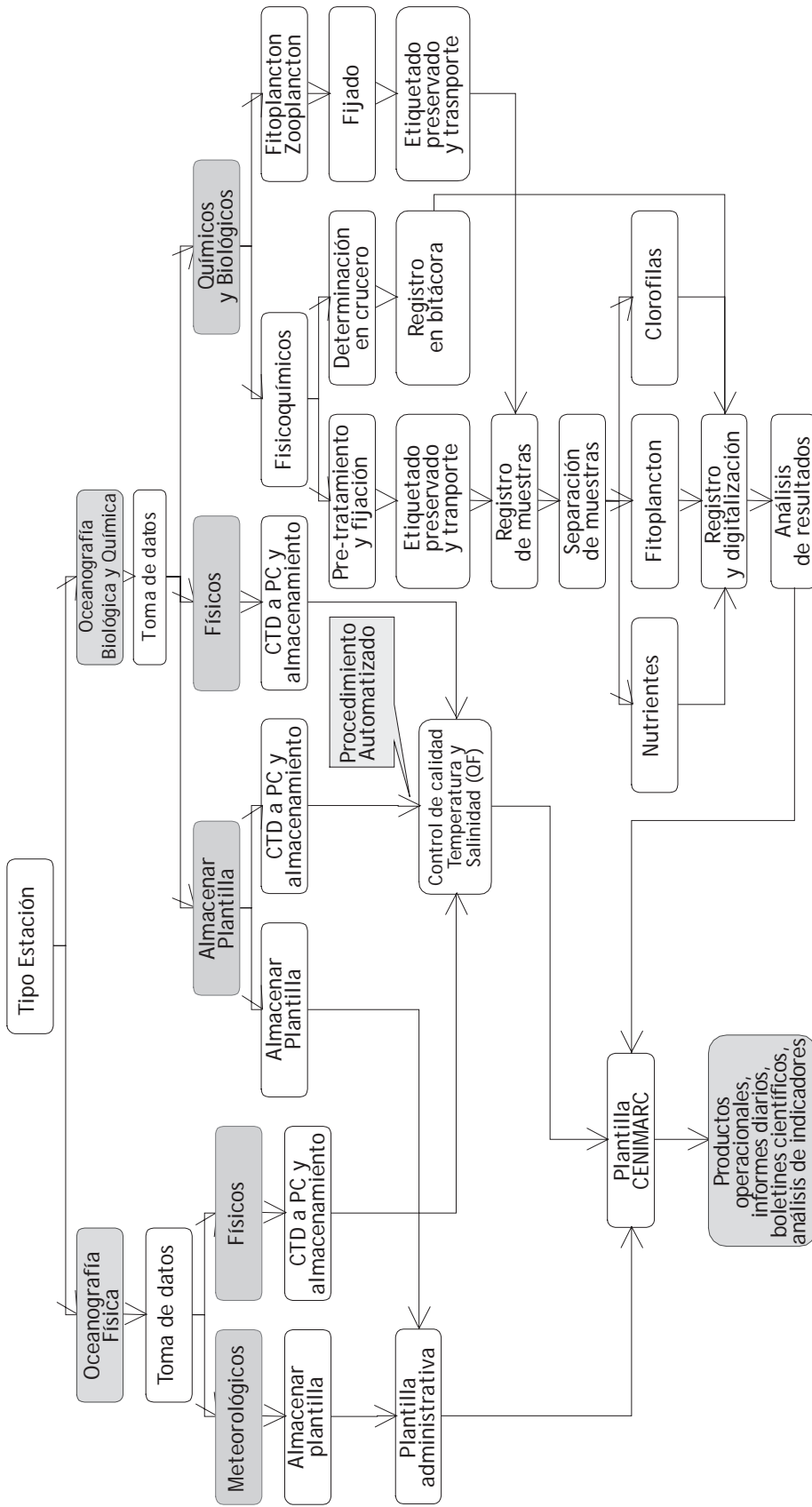


Figura 3. Diagrama de actividades para la recolección de datos de datos físicos, químicos y biológicos en cruceros oceanográficos en el Pacífico colombiano.

Tabla I. Relación de parámetros de la literatura IODE con parámetros oceanográficos físicos recopilados en Colombia.

IODE	DIMAR	EQUIPOS PARA CAMPO	EQUIPOS DE LABORATORIO	QF
Mediciones superficiales en estación	Temperatura	Termómetro de cazoleta, sonda multiparámetro	pHmetro, termómetro de mercurio	X
Mediciones superficiales en estación	Salinidad	Botella Niskin, bidones, inclinómetro, vidriería	Conductímetro con compensación térmica, vidriería	X
Mediciones perfil en estación	Temperatura, Salinidad, Densidad	CTD e inclinómetro	-	X
Transparencia	Transparencia	Disco Secci	Turbidímetro	-
Correntómetros	Perfil de velocidad y dirección de corrientes, oleaje Corrientes superficiales y subsuperficiales	Correntómetro	-	-
Mediciones de Oleaje	Altura, período y dirección del oleaje	Correntómetro	-	-
Mediciones del nivel del mar	Series de nivel de mar	Mareógrafo	-	-
Profundidad	Profundidad carta	Carta batimétrica	-	-
Profundidad	Profundidad sondeo	Ecosonda	-	-
Profundidad	Profundidad muestreo	Guaya rotulada	-	-

estaba planeado desarrollar una herramienta para reemplazar a MEDI, sino que este grupo trabajará con las comunidades que estén desarrollando otras herramientas para supervisar el progreso de las mismas y el uso adecuado de metadatos marinos.

Cabe mencionar que Colombia cuenta además con un producto del proyecto de Estandarización de Información Biológica en las Américas, que se incorpora al Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB), a partir del cual se ha desarrollado un estándar de metadatos sobre biodiversidad que facilita la transcripción de datos taxonómicos provenientes de registros biológicos (Humboldt, 2003) y por lo tanto marca campos y vocabularios controlados especializados sobre información taxonómica que resultan de interés para el componente de Oceanografía Biológica del NODC-Colombia.

Sobre este último hallazgo se puede decir, que las características de 'videncia física', propias

del estándar de metadatos sobre biodiversidad, desarrollado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, podrían incorporarse al perfil de metadatos marinos de la DIMAR para facilitar la transcripción de datos taxonómicos provenientes de registros biológicos oceanográficos, junto a otros campos de interés para el SIG-DIMAR y de la administración de proyectos de investigación de sus centros.

Estándares

Para definir los estándares que debe adoptar la arquitectura de los sistemas de CECOLDO, además del mencionado en los resultados sobre metadatos, se realizó el análisis de los lenguajes, formatos y modelos de banderas de calidad que pudieran aplicarse en el intercambio de datos oceanográficos, cuyas referencias fueron ubicadas con ayuda del *Ocean Teacher*⁹ del IODE.

⁹ El objetivo del sitio web de *OceanTeacher* es proporcionar herramientas de entrenamiento (capacitación) para la administración de datos e información oceanográfica.

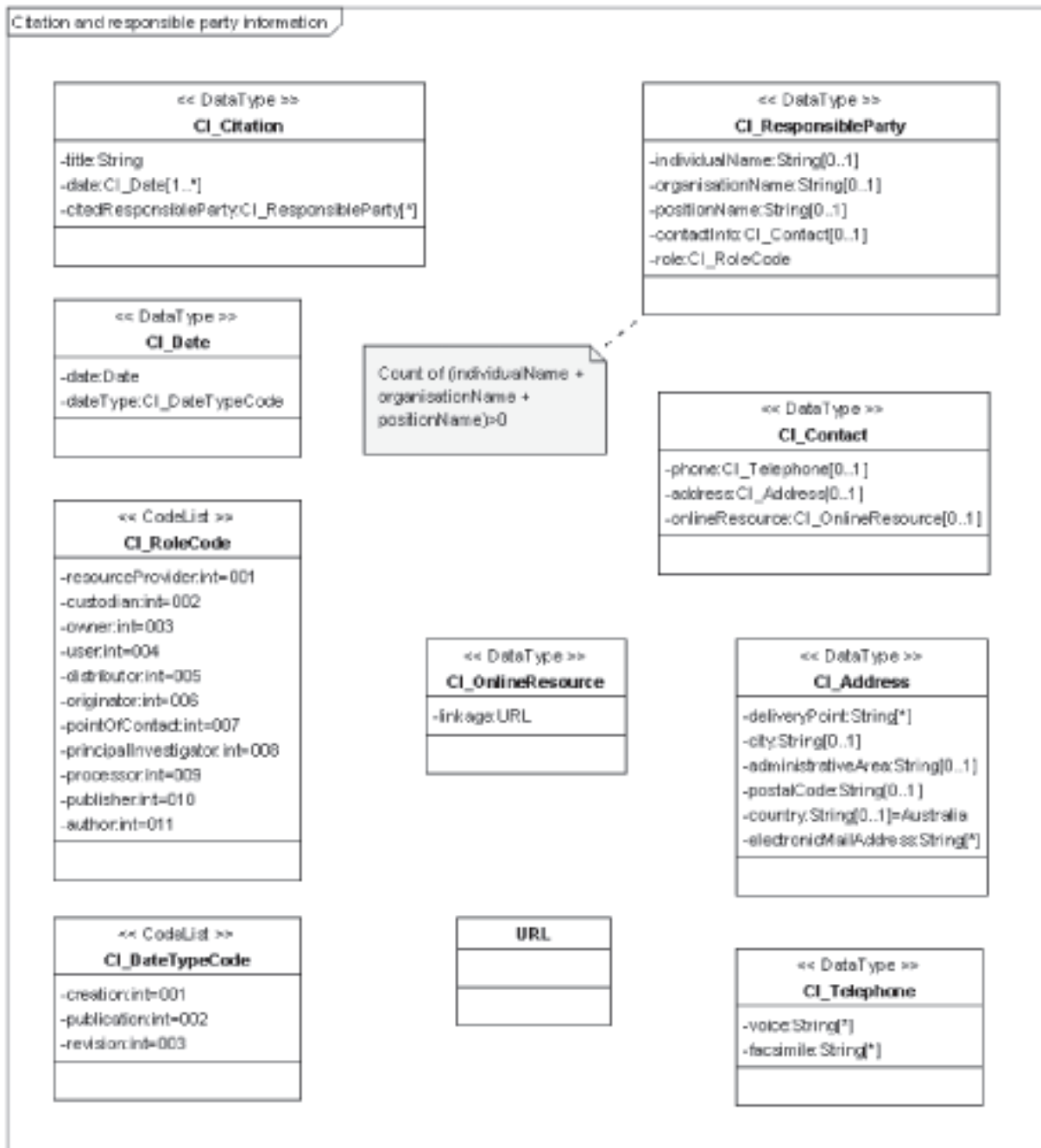


Figura 4. Diagrama UML de los campos del perfil de metadatos marinos para citar algunas características de los conjuntos de datos marinos como: referencia del autor, responsable y contacto¹⁰.

¹⁰ Tomado de la referencia B.3.2 del diccionario de datos del perfil de metadatos para la comunidad marina. Version 1.2. Australian Ocean Data Centre. [Consulta: 07 de febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.aodc.org.au/files/MarineCommunityProfilev1.2.pdf>

1. Diccionario

La importancia de la codificación de parámetros en el manejo de datos oceanográficos y el tipo de parámetros con los que cuenta CECOLDO han direccionado el presente estudio hacia la búsqueda de códigos reconocidos y actualizables por la autoridad competente. Es así como se recomienda el uso del Diccionario Oceanográfico del Centro de Datos Oceanográficos Británico (BODC¹¹), basado en una estructura relacional definida desde 1987, que ha ido evolucionando para cubrir información de la mayoría de parámetros oceanográficos conocidos (BODC, 2006). El uso de este diccionario, disponible en archivos CVS y MDB, ha sido aprobado desde el 2005 por el Grupo de Desarrollo de Sistemas que usan XML para Intercambio de Datos Marinos, ya que cuenta con más de 21000 registros y actualmente se desarrollan archivos XML para facilitar el acoplamiento del mismo a otros sistemas.

Cabe anotar que para la descripción de datos de Oceanografía Biológica, el diccionario hace referencia al serial taxonómico del Sistema Integrado de Información Taxonómico (ITIS¹²), autoridad en información taxonómica sobre plantas, animales, hongos y microorganismos de Norteamérica y del mundo; por ello deberán incorporarse dichos seriales en los procedimientos de preparación de los conjuntos de datos biológicos que ingresarán al sistema.

2. Formatos

Teniendo en cuenta la importancia de los formatos de intercambio de datos como elementos clave para compartir las salidas de CENIMARC, la Administración Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos en su reporte técnico NOAA, 2004 sobre la evaluación de la operación del proyecto Global Temperature-Salinity Profile Program (GTSP) *versus* la operación del proyecto ARGO¹³, presenta una apreciación del uso de archivos ASCII en el intercambio. Como resultado de dicho análisis, determinaron que a diferencia de ARGO, los archivos en formato MEDS_ASCII de GTSP no eran fáciles de usar debido a la poca información que presenta sobre los datos, por lo que recomendó el uso de archivos NetCDF (Network Common Data Form)

La acogida que ha tenido este formato binario se debe a que permite incluir gran cantidad de meta-información, como por ejemplo, datos del proyecto, tipo del sensor de medición, etcétera; sin incrementar considerablemente el tamaño de los archivos. Por ello, RNODC (2004) reporta su utilización en entrenamientos para el manejo de datos apoyados por el IODE y ha sido incluido en las entradas y salidas de los sistemas de organizaciones como el Instituto Francés para la Investigación y Exploración de los Océanos (IFREMER, por su acrónimo en francés), el Experimento Global para la Asimilación de los Datos del Océano (GODAE) de Estados Unidos y, específicamente, es soportado por el software libre de referencia IODE para el análisis y visualización de datos oceanográficos geo-referenciados Ocean Data View (ODV). Por tal razón, el presente estudio considera que para el caso colombiano, debe adicionarse a las salidas de los sistemas, además del formato ASCII y XML, el formato auto descriptivo NetCDF, para permitir al usuario final decidir sobre la utilización de los datos y la mejor forma de aprovechar sus propiedades temporales y espaciales.

Se sugiere iniciar con un esquema mono-perfil del formato NetCDF en el que se definan las variables físicas más asequibles para la realización de pruebas, dado que estas variables son las que en su mayoría se intercambian en este tipo de formato. Una vez implementado el formato mono-perfil se procedería con el formato multi-perfil, en el cual se reúnan gran cantidad de variables que sean de interés relacionar para los investigadores. Además, teniendo en cuenta la incorporación del diccionario BODC en la arquitectura del sistema, se sugiere relacionar las variables de éste con las rutinas de generación de archivos NetCDF con el fin de acceder automáticamente a la descripción de los parámetros, unidades, límites (inferior y superior) y para el llenado de la matriz en caso de ausencia de datos. La equivalencia obtenida entre las variables de un archivo genérico NetCDF y el diccionario BODC se muestra en la Tabla II.

En el presente estudio se revisó la convención usada por el Servicio de Datos e Investigación de la Cooperativa Océano/Atmósfera (COARDS¹⁴) y

¹¹ Del inglés: British Oceanographic Data Centre.

¹² Del inglés: Integrated Taxonomic Information System.

¹³ Argo es un proyecto científico - operativo de los Sistemas Globales de Observación del Clima (GCOS) y del Océano (GOOS) del Programa Global sobre Variabilidad y Predecibilidad Climática (CLIVAR), patrocinado por la Organización Meteorológica Mundial (WMO), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) y el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU) [Consulta: 28 de septiembre de 2006] Disponible en: <http://www.shoa.cl/cendhoc/argo/proyecto/proyecto.htm>

Tabla II. Equivalencias entre los campos de un archivo genérico NetCDF del COARDS y los campos de la tabla de parámetros del diccionario BODC.

COARDS NetCDF	BODC
Variable	Short_Title
Long_name	Full_Title
Units	Code
Data_Min	Min_Permiss_Val
Data_Max	Missing_Value
Max_Permiss_Val	Dummy_Val

adoptado por el NODC de los Estados Unidos. Estas convenciones, también conocidas como GADR NetCDF, son completamente compatibles con ODV y también cumplen con los requisitos de las convenciones globales del recurso NetCDF de los datos del Experimento de Circulación Mundial del Océano (WOCE¹⁵). A manera de ejemplo se construyó un archivo mono-perfil con el parámetro 'Temperatura de la columna de agua', el cual es medido a diferentes profundidades (Tabla III)

3. Banderas de calidad

La actividad de asignar banderas a los datos brinda al usuario información contundente y de primera mano sobre la calidad del dato al que accede, por ello, teniendo en cuenta las características de los datos almacenados en CENIMARC y los esquemas

Tabla III. Características del formato NetCDF mono-perfil adaptado para la temperatura de la columna de agua, teniendo en cuenta las convenciones COARDS.

SHORT_TITLE	FULL_TITLE	UNITS	MIN_PERMISS_VAL	MAX_PERMISS_VAL	DUMMY_VAL
Fecha	Fecha	YYYYMMDD UTC-5	1.8000101E+07	99991231	-1
Hora	Hora	HHMMSS UTC-5	0	240000	-1
Latitud	Latitud Norte WGS84	Degrees N, [DDD.ddddd] ISO-6709	-90	90	-99
Longitud	Longitud Este WGS84	Grados E, (+E/-W) [DDD.ddddd] ISO-6709	-180	80	-999
Profundidad	Profundidad	Metros	0	9999	-1
q_profundidad	Bandera de calidad de la profundidad	Código (QF) ODV	0	8	-1
Temperatura	Temperatura de la columna de agua	Grados Celsius	-30	50	-999
q_temperatura	Bandera de calidad de la temperatura de la columna de agua	Código (QF) ODV	0	8	-1

¹⁴ Del inglés: Cooperative Ocean/Atmosphere Research Data Service.

¹⁵ Del inglés: World Ocean Circulation Experiment.

compilados por Brown (2004) y que han sido adaptados por los diferentes centros para informar al usuario sobre la calidad de los datos oceanográficos almacenados en sus bases de datos. La DIMAR adoptó desde el 2004 la convención del ODV como modelo de QF, siendo éste un esquema resumido de la mayoría de códigos utilizados por reconocidos centros de datos oceanográficos, como por ejemplo el Ocean Climate Laboratory (OCL) (Sánchez, 2006). La presente investigación incluye, por su parte, una equivalencia para la calificación preliminar del dato, emitido por los laboratorios de análisis de muestras de la DIMAR y que será una contribución para la valoración final del mismo (Tabla IV)

4. Lenguajes

La estructura del sistema colombiano deberá

Tabla IV. Modelo de banderas de calidad de CENIMARC y equivalencia con el modelo adoptado por el OCL.

OCL	ODV	LABORATORIO
0	0: Bueno	0: Muestra buena
No hay valor	1: Desconocido	1: No llegó muestra
1 a 5 para todo perfil u observación individual	4: Cuestionable	4: La muestra tiene observaciones
6 a 9	8: Malo	8: Muestra dada de baja

incorporar estándares internacionalmente reconocidos para alcanzar la interoperabilidad con otros sistemas desarrollados. Para la estructura global de CENIMARC se recomienda la utilización de XML¹⁶ (eXtensible Markup Language), esquema que de acuerdo con MEDS (2003), ha demostrado asegurar que los datos sean descritos y caracterizados de manera correcta. Contribuyendo a esta temática, un análisis realizado por la comunidad marina sobre la aplicación de XML para el intercambio de datos oceanográficos encontró útil el desarrollo de un esquema propio para la generación e integración de conjuntos de datos globales y regionales al cual

Millard *et al.* (2005) denomina MML (XML-based Marine Mark-Up Language) o MarineXML. Estos estudios se le atribuyen al Centro de Datos Oceanográficos de Australia (AODC) y se remontan al 2002, año en el cual se inició la tarea de encapsular datos marinos con especificaciones temporales (para un instante o en un periodo de tiempo), especificaciones geográficas (puntos, líneas o polígonos), destacándose el manejo de datos multidimensionales y los multiparámetros (Ronai, 2002)

Las razones para definir MarineXML como el estándar para el intercambio de datos oceanográficos en Colombia son las mismas razones de utilidad que apoyan el estudio de Millard *et al.* (2005) y se fundamentan en el acercamiento a la interoperabilidad y la oportunidad de reutilización y optimización de la gestión de datos marinos. Además, se destaca la inclusión de los detalles de los procesos del control de calidad, aplicación del sistema de QF, la integración de información geográfica (Figura 5), dominios para datos de sensoramiento remoto marino y datos hidrográficos, entre otros.

En la Figura 5 se aprecia la estructura global XML de un conjunto de datos que encapsula datos medidos en una misma extensión espacial y temporal; nótese que la calidad de los datos puede especificarse tanto para los registros (*Marine Data Record*) como para los conjuntos de datos.

Al orientar la base de los sistemas de CECOLDO al uso del estándar de intercambio de datos oceanográficos MML, se hace necesario integrar diferentes niveles de servicios tanto para usuarios como para proveedores de datos ubicados en diferentes puntos geográficos y proyectar la demanda de fuentes de datos en tiempo real; por esta razón se pueden encontrar las características deseables para la gestión de datos oceanográficos en Colombia en la arquitectura orientada a tecnología web desarrollada en el proyecto piloto para la gestión de datos marinos (Mikhailov, 2005) en el cual participó el NODC de Rusia. Este prototipo es un resultado del proyecto E2EDM III de la Comisión que articula WMO-IOC para la Oceanografía y la Meteorología Marina (JCOMM), incluye una estructura global XML y se constituye en la base para la definición de la arquitectura de los

¹⁶ Lenguaje universal de marcado para documentos estructurados y datos en la web, más amplio, más rico y más dinámico que HTML. Permite el uso ilimitado de los tipos de datos que pueden utilizarse en internet, lo cual resuelve los problemas que surgen entre las organizaciones que deben intercambiar datos procedentes de estándares distintos. [Consulta: 07 de febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.xml.com>

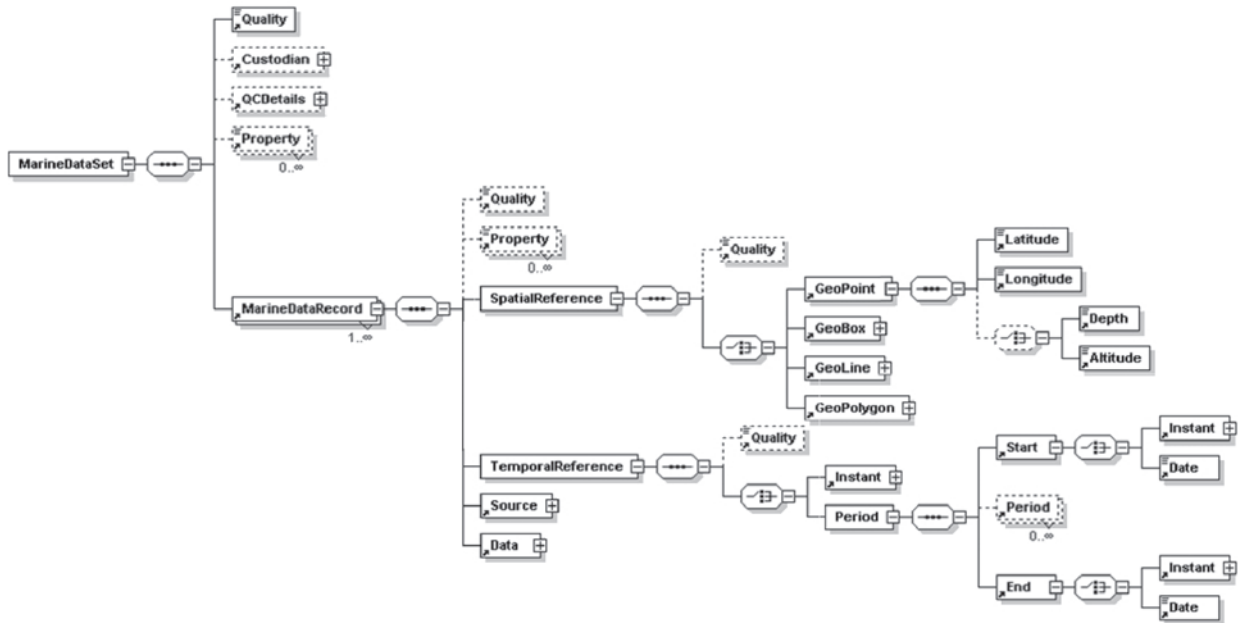


Figura 5. Segmento de la estructura XML para datos marinos; incluye la referencia espacial y temporal para un registro¹⁷.

servicios de metadatos, consulta gráfica, consulta geográfica y la interacción con proveedores externos de datos oceanográficos en Colombia (Figura 6)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el manejo de datos oceanográficos no existen formatos rígidos, ni un software en particular, lo más importante es seleccionar las herramientas adecuadas compatibles con los

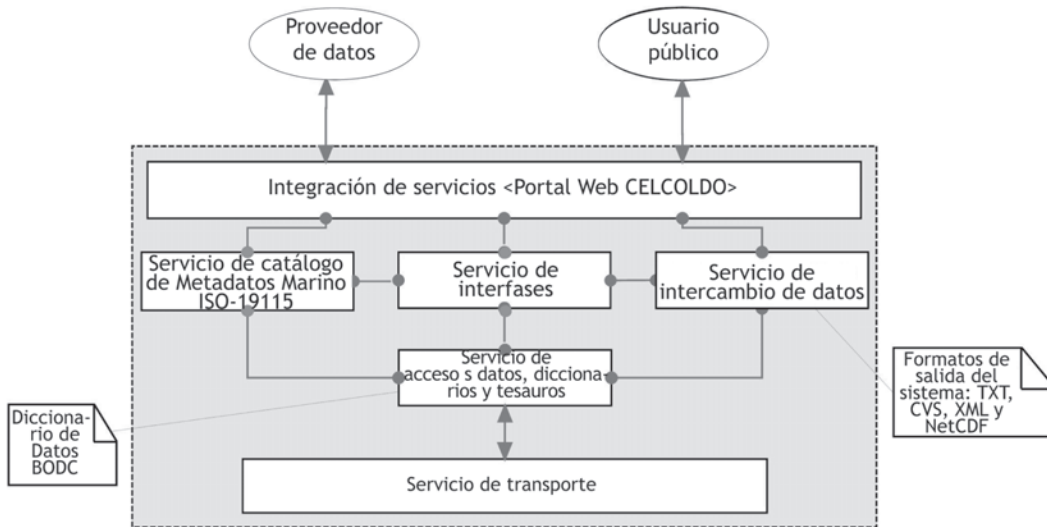


Figura 6. Prototipo de la arquitectura del nivel de servidor propuesta para el intercambio de datos oceanográficos colombianos¹⁸.

¹⁷ Adaptado de la estructura XML (RONAI, 2002)

¹⁸ Adaptación de E2EDM III: The Technology Prototype for the End-To-End Marine Data Management. [Consulta: 28 de septiembre de 2006]. Disponible en: <http://e2edm.meteo.ru/e2edm/index.php?section=1>

estándares y formatos utilizados por el centro de datos nacional para facilitar la importación y exportación de los conjuntos de datos y metadatos.

- La mayoría de problemas presentados durante la estandarización obedecen a la falta de comunicación entre las organizaciones productoras de datos del país y a la ausencia de una política nacional de intercambio de datos oceanográficos, que incluya temas tan importantes como los derechos de autor y el control de calidad.

- La actividad de asignar banderas a los datos para indicar su calidad debe formar parte de las directrices de la política nacional para brindar al usuario información confiable. Estas banderas deberán asignarse a partir de rigurosas pruebas de calidad que incluyan tanto la documentación (metadatos) de cada una de las etapas y funciones a las que un dato oceanográfico ha sido sometido y, en la medida de lo posible, deben obedecer a procedimientos automatizados.

- Teniendo en cuenta el aporte que brindan los metadatos en el proceso de validación de la calidad de los datos, es importante invertir tiempo a la recopilación de los mismos durante el proceso mismo de obtención de los datos. Este ejercicio puede ahorrarle a las organizaciones productoras dinero y energía que habría que invertir en la realización de arqueología y recuperación; además se compensan los problemas y los costos inherentes a contar con duplicidad, variedad de formatos o redundancia de datos.

- Es necesario desarrollar planes de mejoramiento y adquisición de nuevos Sistemas de Información (SI) para CECOLDO; es imperante la reactivación del portal web de este centro nacional para la prestación de los servicios de intercambio de datos e información oceanográfica, de acuerdo con el compromiso internacional adquirido con la COI.

AGRADECIMIENTOS

Al MSc. Juan Camilo Restrepo López, al ingeniero Milton Gabriel Puentes, a la química Sandra Liliana Franco Serrano y a la bióloga Mónica María Zambrano, miembros del Comité de Intercambio de Datos Oceanográficos (CID) del Centro Control Contaminación del Pacífico (DIMAR-

CCCP), por su compromiso en la implementación de estándares en el intercambio de datos oceanográficos.

Al Capitán de Navío Juan Manuel Soltau Ospina, por el apoyo y liderazgo en las actividades adelantadas propendiendo por la reactivación de CECOLDO.

LITERATURA CITADA

AODC. 2006. [en línea]. Australia: Marine Community Metadata Profile of ISO 19115. Australian Ocean Data Centre. [Consulta: 7 de febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.aodc.org.au/files/MarineProfileInfo.pdf>

BODC. 2006. [en línea]. Reino Unido: New Parameter Dictionary Structure. British Oceanographic Data Centre. [Consulta: 10 de noviembre de 2006]. Disponible en http://www.bodc.ac.uk/data/codes_and_formats/parameter_codes/documents/new_dictionary_structure.pdf

Boyer, T. *et ál.* 2006. NOAA Atlas NESDIS 60: World Ocean Database 2005. National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration. United States. Sydney Levitus Editor. 182 pp.

Brown, M. 2004. [en línea]. Quality Flags assigned to ocean datasets and measurements. Phoenix Training Consultants. [Consulta: 11 de julio de 2006]. Disponible en: http://ioc.unesco.org/oceanteacher/OceanTeacher2/06_OcDtaMgtProc/01_DataOps/06OcDtaForm/01_OcDtaFormFunda/QualityFlags.xls

CORIOLIS. 2004. [en línea]. Francia: Coriolis Data Centre: *In-situ* Data Quality Control. Direction de la technologie marine et des systèmes d'information département informatique et données marines (GODAE). [Consulta: 3 de septiembre de 2006]. Disponible en: http://www.usgoda.org/projects/goda_qc/cordo-rap-04-047.pdf

Drago, A. 2000. [en línea]. The Global Ocean Observing System for the Mediterranean (MedGOOS). [Consulta: 24 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://ioc.unesco.org/goos/update00.doc>

FUNIBER. 2006. Business Intelligence y Gestión Documental. Máster en Dirección Estratégica en Tecnologías de la Información. Fundación Universitaria Iberoamericana. España. 150 pp.

GODAR. 2003. [en línea]. Francia: International Global Oceanographic Data Archaeology and Rescue (GODAR) Review Conference. IOC Workshop Report No. 178. [Consulta: 28 de agosto de 2006]. Disponible en: http://www.nodc.noaa.gov/OC5/PDF/REPORTS/GODAR_99.pdf

GODAR. 2005. [en línea]. Unites States. Using Network-enabled Query Tool at NODC. FY2005 HPCC Funded Proposal Status Report. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service. [Consulta: 2 de febrero de 2006]. Disponible en: http://www.jodc.go.jp/project/GODAR/library/mlit/presentation/iode_presentation.ppt

Humboldt. 2003. [en línea]. Colombia: Propuestas de estandarización de información biológica en las Américas: caso del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Reunión regional conjunta CHM - IABIN. Cancún. [Consulta: 10 de febrero de 2007]. Disponible en: http://old.iabin.net/binary_docs/documents/meetings/ic3/standards_colombia_esp.ppt

ICES. 2002. [en línea]. Finland: Study Group on the Development of Marine Data Exchange Systems Using XML. International Council for the Exploration of the Sea. [Consulta: 24 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://www.ices.dk/reports/occ/2002/SFXML02.PDF>

IOC. 1990. [en línea]. Informe de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental sobre sus actividades (1989-1990). Tercera edición. [Consulta: 8 de agosto de 2005]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000894/089453so.pdf>

IOC. 1991. [en línea]. Manual sobre el Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos. Edición revisada. Comisión Oceanográfica Intergubernamental y Panel sobre Centros Mundiales de Datos (CIUC). [Consulta: 10 de octubre de

2005]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000895/089591so.pdf>

IOC. 1998. [en línea]. Global Temperature-Salinity Profile Programme (GTSP) - Overview and Future. Past Chairman IOCAODE Committee, GTSP Project Leader. UNESCO. [Consulta: 24 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001139/113964Eo.pdf>

IOC. 2000. [en línea]. Overview of IODE and the Data Management Component of GOOS. IODE Programme Coordinator. [Consulta: 14 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://www.ioc-goos.org/meetings/GSSCIX/presentations/GSSCIX.iode.ppt>

IOC. 2002. [en línea]. MEDI: The IOC Metadata System. Software User Manual UNESCO. [Consulta: 24 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://ioc.unesco.org/medi/MEDIUserManual.pdf>

IOC. 2003. [en línea]. Francia: Seventeenth Session of the IOC Committee on International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE): Reports on activities of the IODE Groups of experts on technical aspects of data exchange. [Consulta: 11 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://ioc.unesco.org/medi/MEDIUserManual.pdf>

IOC. 2005. [en línea]. Oostende, Belgium: Brief report to the IACMST Marine Environmental Data Action Group on the 18th Session of the IOC Committee on International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE). [Consulta: 11 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://ioc.unesco.org/medi/MEDIUserManual.pdf>

IOC. 2007. [en línea]. Project report: Marine Environmental Data Inventory (MEDI) Nineteenth Session of the IOC Committee on International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE-XIX). [Consulta: 01 de marzo de 2007] Disponible en: http://www.jcomm.info/new/components/com_oe/oe.php?task=download&id=494&version=1.0&lang=1&format=2

IODE. 2005. [en línea]. Ocean data and Information Network in Caribbean and South America (ODINCARSA): Activities report 2004-2005. [Consulta: 14 de agosto de 2006]. Disponible en:

http://www.iode.org/odincarsa/publications/ODINCARSA_Report_2004_2005.pdf

IODE. 2007. [en línea]. International Oceanographic Data and Information Exchange of IOC. [Consulta: 14 de abril de 2007]. Disponible en: <http://www.iode.org/>

Isenor, A. y R. Lowry. 2005. [en línea]. Final Report of the ICES/IOC Study Group on the Development of Marine Data Exchange Systems using XML. DRDC Atlantic and British Oceanographic Data Centre. Defence R&D Canada - Atlantic. [Consulta: 30 de octubre de 2006]. Disponible en: <http://www.iode.org/marinexml/files.php?action=dlfile&fid=57>

Landinez, J. 2006. Reconstrucción de la historia de los cruceros oceanográficos en el Pacífico colombiano durante el período 1970-2004. Centro Control Contaminación del Pacífico. Bucaramanga, 308 pp. Trabajo de grado (Historia). Escuela de Historia de la Universidad Industrial de Santander.

Martínez, R. [en línea]. Ocean data and information network for the Caribbean and South America region (ODINCARSA). Resumen ejecutivo ODINCARSA (COI-IODE) [Consulta: 14 de agosto de 2006]. Disponible en: [http://ioc.unesco.org/iocgov/documents/ODINCARSA%20\(s\).pdf](http://ioc.unesco.org/iocgov/documents/ODINCARSA%20(s).pdf)

MEDAR. 2000. [en línea]. Japón: Mediterranean Data Archaeology and Rescue of Temperature, Salinity and Bio-chemical Parameters. IFREMER/SISMER. [Consulta: 14 de agosto de 2006]. Disponible en: http://www.jodc.go.jp/project/GODAR/library/mlit/reports/medar_westpac.doc

MEDAR. 2001. [en línea]. MEDAR-MEDATLAS II (1998-2001): Final workshop. European Commission Marine Science & Technology Programme (MAST) Intergovernmental Oceanographic Commission. [Consulta: 14 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://doga.ogs.trieste.it/medar/Trieste/Announcement.rtf>

MEDAR. 2002. [en línea]. Tokio, Japón: MEDAR-MEDATLAS II (1999-2001): International Workshop for GODAR-WESTPAC. IFREMER/TMSI/IDM/SISMER. Tokio. [Consulta: 14 de agosto de 2006].

Disponible en: http://www.jodc.go.jp/project/GODAR/library/mlit/presentation/France/medar_tokyo2002.ppt

MEDS. 2003. [en línea]. Ocean Information Technology (OIT) Pilot Project: Standards and protocols. [Consulta: 5 de octubre de 2006]. Disponible en: http://ioc3.unesco.org/oopc/meetings/oopc-8/Keeley_OIT.pdf.

MEDS. 2004. [en línea]. Data management activities: Ocean Information Technology (OIT) Pilot Project Issues. [Consulta: 5 de octubre de 2006]. Disponible en: http://ioc3.unesco.org/oopc/meetings/oopc-/presentations/thuAM/Keeley_Data%20Management%20Activities.pdf

Mikhailov, *et ál.* 2005. [en línea]. Rusia: The Technology Prototype for the End-To-End Marine Data Management: Basic solution, development status and use for supporting the marine activity. Russian NODC, Russian Federation and World Meteorological Organization. [Consulta: 12 de noviembre de 2006]. Disponible en: http://e2edm.meteo.ru/e2edm/files/resourcesmodule/@random4465d997c8508/1147526082_E2EDM_JCOMM_II.ppt

Millard, K. *et ál.* 2005. [en línea]. Reino Unido: Using XML Technology for Marine Data Exchange: A Position Paper of the MarineXML Initiative. [Consulta: 12 de noviembre de 2006]. Disponible en: http://books.hrwallingford.co.uk/acatalog/free_downloads/MarineXML_Position_Paper_R5r0.pdf

Moss, L. y A. Shaku. 2003. Business Intelligence Roadmap: The Complete project Lifecycle for decision support applications. United States. Addison-Wesley Editor. United States, 576 pp.

NASA. 2004. [en línea]. United States: Directory Interchange Format (DIF) Writer's Guide. Global Change Master Directory. National Aeronautics and Space Administration. [Consulta: 21 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://gcmd.gsfc.nasa.gov/difguide/difman.html>

NASA. 2006. [en línea]. United States: Directory Interchange Format (DIF) Writer's Guide. Global

Change Master Directory. National Aeronautics and Space Administration. [Consulta: 21 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://gcmd.gsfc.nasa.gov/difguide/difman.html>

Nawrocki, E. 2006. [en línea]. United States: Commerce: Business Intelligence Systems. School of Management. Jhon F. Kenedy University. [Consulta: 12 de noviembre de 2006]. Disponible en: http://www.jfku.edu/manage/syllabi/Fall_2006/MBA/BUS4200GC%20BUS5905%20GC-Topics%20in%20E-commerce,%20Business%20Intelligence%20Systems-Nawrocki.doc

NOAA. 2003. [en línea]. United States: Catalogue of data and report of data exchange (2000 - 2001). World Data Center for Oceanography. National Oceanic and Atmospheric Administration. [Consulta: 8 de agosto de 2005]. Disponible en: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/PDF/REPORTS/rep00-01.pdf>

NOAA. 2004. [en línea]. United States: Data Processing and GTSP Operation vs. ARGO Operation. National Oceanic and Atmospheric Administration. [Consulta: 5 de octubre de 2006]. Disponible en: http://www.nodc.noaa.gov/GTSP/document/gtsp/southampton04/aoml_report.pdf

NOAA. 2004. [en línea]. United States: NODC NetCDF V2.1 Conventions. Documents of Global Argo Data Repository. National Oceanic and Atmospheric Administration. [Consulta: 5 de mayo de 2007]. Disponible en: <http://www.nodc.noaa.gov/argo/documents/>

NOAA. 2005. [en línea]. United States: 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, National Environmental Satellite, Data, and Information Service. [Consulta: 21 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/PDF/REPORTS/techr117.pdf>

NOAA. 2006. [en línea]. United States: Managing and Distributing Operational Oceanography Data at the U.S. National Oceanographic Data Center: QC Test. National Oceanic and Atmospheric

Administration [Consulta: 5 de octubre de 2006]. Disponible en: <http://carocoops.org/twiki/pub/Main/WebHome/QARTOD-III-NH02.ppt>

Ocean Data View. [en línea]. The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. [Consulta: 3 de julio de 2006]. Disponible en: <http://odv.awi-bremerhaven.de/>

Ocean Portal. [en línea]. High-level directory of Ocean Data and Information and related websites. [Consulta: 18 de septiembre de 2006]. Disponible en: <http://www.iode.org/oceanportal/>

Ocean Teacher. [en línea]. A training resource for data and information management related to oceanographic and marine meteorology. UNESCO-IODE. [Consulta: 3 de julio de 2006]. Disponible en: <http://iodeweb5.vliz.be/oceanteacherhome/>

ODINCARSA. [en línea]. Aspectos relacionados al manejo de datos oceánicos e información marina en Latinoamérica y El Caribe. [Consulta: 18 de septiembre de 2006]. Disponible en: <http://www.odincarsa.org/>

Rivera-Gutiérrez, H. F. y A. M. Suárez-Mayorga. 2005. Estándar para la documentación de metadatos de conjuntos de datos relacionados con biodiversidad, versión 2.0. Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia, 56 pp.

RNODC. 2004. [en línea]. Activity Report - Responsible National Oceanographic Data Center for WESTPAC, IGOSS, MARPOLMON and ADCP. No. 15. [Consulta: 2 de febrero de 2006]. Disponible en: http://www.jodc.go.jp/jodc_pub/RAR/rar15.pdf

Romero, P. C. 2005. [en línea]. Bogotá: Proyecto de pasantía: Funcionalidad del Programa IODE (intercambio internacional de datos oceanográficos) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) en Colombia. Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá. [Consulta: 12 de septiembre de 2005]. Disponible en: <http://www.cco.gov.co/doc%20coi/Funcionalidad%20del%20Programa%20IODE%20de%20la%20COI%20en%20Colombia.pdf>

Ronai, B. *et ál.* 2002. [en línea]. Development and Use of Marine XML within the Australian Oceanographic Data Centre to Encapsulate Marine Data. [Consulta: 10 de octubre de 2005] Disponible en: http://ioc.unesco.org/oceanteacher/OceanTeacher2/02_InfTchSciCmm/05_progagen&orgs/marinexml/aodc.pdf

Sánchez, R. 2006. Diseño e implementación de una herramienta computacional para el control de calidad y validación de datos oceanográficos físicos. Centro Control Contaminación del Pacífico. Popayán, 141 pp. Trabajo de grado (Ingeniería Física) Universidad del Cauca.

UNESCO. 1973. [en línea]. Manual on International Oceanographic Data Exchange. Third Edition (Revised) with IOC country code. Intergovernmental Oceanographic Commission. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Consulta: 5 de mayo de 2005]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000044/004425eo.pdf>

UNESCO. 1990. [en línea]. GTSP Real-Time Quality Control Manual. Manual and Guides 22. Intergovernmental Oceanographic Commission. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Consulta: 5 de mayo de 2005]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000878/087850eb.pdf>

UNESCO. 1999. [en línea]. 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. Informes de cursos de formación. Comisión Oceanográfica Intergubernamental. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Consulta: 2 de febrero de 2006]. Disponible en: http://ioc.unesco.org/oceanteacher/OceanTeacher2/02_InfTchSciCmm/05_progagen&orgs/marinexml/aodc.pdf

UNESCO. 2000. [en línea]. Japón: IODE: a new era. IOC's Data Exchange Policy - IODE-XVI. Lisbon. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Consulta: 2 de febrero de 2006]. Disponible en: http://www.jodc.go.jp/project/GODAR/library/mlit/presentation/iode_presentation.ppt

UNESCO. 2002. [en línea]. The IOC Metadata System: Software User Manual. Marine Environmental Data Inventory. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [14 de agosto de 2006]. Disponible en: <http://ioc.unesco.org/medi/MEDIUserManual.pdf>

UNESCO. 2003. [en línea]. Japón: Second ODINCARSA Training Course in Marine Data Management. Intergovernmental Oceanographic Commission. Organised in cooperation with Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Colombia. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Consulta: 2 de febrero de 2006]. Disponible en: http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/Training/tc075.pdf

UNESCO. 2006. [en línea]. Países Bajos: Evolution and aims of OceanTeacher: Plans for further development. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Consulta: 8 de enero de 2007]. Disponible en: <http://www.vub.ac.be/BIBLIO/nieuwenhuysen/presentations/2006-11-ocn-amsterdam-oceanteacher/2006-11-ocn-amsterdam-oceanteacher.ppt>

WDC. 2003. [en línea]. Catalogue of data and report of data exchange 2000 - 2001. World Data Center for Oceanography, Silver Spring. Maryland. [Consulta: 12 de mayo de 2006]. Disponible en: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/PDF/REPORTS/rep00-01.pdf>