

**PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN MARINO-COSTERA DEL CENTRO
COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS (CECOLDO) COMO
APOYO AL EJERCICIO DE LA AUTORIDAD MARÍTIMA NACIONAL-
DIMAR**

STEPHANY NOVOA DIAZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2016**

**PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN MARINO-COSTERA DEL CENTRO
COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS (CECOLDO) COMO APOYO
AL EJERCICIO DE LA AUTORIDAD MARÍTIMA NACIONAL-DIMAR**

STEPHANY NOVOA DIAZ

Autora

Proyecto de pasantía para optar al título de Ingeniera Ambiental

Directora: Ángela María Jaramillo Londoño, Bióloga marina, PhD.
Docente Universidad Santo Tomás (USTA)

Codirector: Miguel Ángel Cañón, Ingeniero Ambiental, MsC(c).
Docente Universidad Santo Tomás (USTA)

Asesora externa: Ruby Viviana Ortiz Martínez.
Coordinadora Técnica del CECOLDO (DIMAR)

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2016**

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grados y los Evaluadores en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Santo Tomás USTA para optar al título de Ingeniera Ambiental.

JURADO 1

JURADO 2

Bogotá D.C., 03 de Noviembre de 2016

A Dios por guiarme, abrirme puertas y poner personas en mi camino que contribuirían a alcanzar una de mis metas con éxito. A mi familia por formarme como persona y por su esfuerzo, persistencia y lucha en todo momento, por ser mi motor para culminar satisfactoriamente mis estudios de pregrado. A Sebastián Garzón por apoyarme, ayudarme, acompañarme y crecer conmigo durante todo el proceso universitario. A ustedes mil gracias, una dedicatoria y unas breves palabras que no logran describir la magnitud de lo que representan en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Milton Puentes Galindo, responsable del Área de Investigación Científica Marina de la Subdirección Marítima (SUBDEMAR) de la Dirección General Marítima (DIMAR), por darme la oportunidad de conocer, aprender y poner en práctica mis conocimientos y por el acompañamiento y disposición en todo momento para culminar con éxito mis objetivos dentro de la institución. A la Ingeniera Ruby Viviana Ortiz Martínez, Coordinadora Técnica del CECOLDO (DIMAR) por su apoyo, disposición, acompañamiento y asesoraría durante todo el proceso de pasantía.

A los docentes de la universidad Santo Tomás que dedicaron su tiempo y contribuyeron en mi formación como profesional, especialmente a mi directora de pasantía la docente Ángela María Jaramillo Londoño y el codirector el docente Miguel Ángel Cañón, por creer en mí y apoyarme durante el proceso de formación y culminación de actividades académicas, por sus aportes, su tiempo, esfuerzo, disposición, ayuda y colaboración constante para sacar el proyecto de grado adelante.

Al ingeniero Néstor Garzón por su voto de confianza y contribución en la culminación de mis estudios de pregrado.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE ANEXOS	7
Resumen	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1. Objetivo general.....	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. Justificación	11
4. Antecedentes	12
5. Marco contextual.....	14
6. Marco conceptual.....	17
6.1. Conceptos básicos	17
6.2. Metodologías y herramientas.....	19
7. Desarrollo de la pasantía	21
8. Resultados obtenidos.....	24
8.1. Revisión de datos normalizados y documentos de cadena de custodia ...	24
8.2. Inventario y diagnóstico de datos e información	26
8.2.1. Inventario	26
8.2.1.1. Conjuntos de datos del Caribe Colombiano	26
8.2.1.2. Conjunto de datos del Pacífico Colombiano	28
8.2.1.3. Conjunto de datos de Antártida	31
8.2.2. Diagnóstico	32
8.3. Selección y organización de variables	33
8.4. Manejo de datos ausentes.....	35
8.5. Generación de capas de información	37
8.6. Manejo de SIG para filtrado de capas y caracterización en la zona de estudio	44

8.7.	Análisis de variables de la zona de estudio	48
8.7.1.	Datos del crucero oceanográfico de 1974.....	52
8.7.2.	Datos del crucero oceanográfico de 1981	53
8.7.3.	Datos del crucero oceanográfico de 1992.....	55
8.7.4.	Datos del crucero oceanográfico de 2007.....	56
8.7.5.	Datos del crucero oceanográfico de 2011	57
8.7.6.	Aplicación del ICAM	60
7.	Conclusiones.....	65
8.	Recomendaciones	67
9.	Impacto social	69
10.	Referencias bibliográficas	70

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Pasos de la metodología del trabajo de pasantía.....	21
Figura 2. Clasificación de CECOLDO según el tipo de datos obtenidos en campo.	24
Figura 3. Estaciones en tierra identificadas en los cruceros oceanográficos del Caribe Colombiano 1969, 1981 y 2006.....	39
Figura 4. Distribución geográfica de los cruceros oceanográficos realizados en los años 1969, 1981 y 2006 en el Caribe Colombiano.	42
Figura 5. Interpolación de los valores de temperatura del agua del crucero oceanográfico 2008 dentro del área de estudio.....	43
Figura 6. Histograma de errores estimados en la interpolación de la temperatura máxima en el crucero oceanográfico de 2008.	44
Figura 7. Estaciones de cruceros oceanográficos del Caribe dentro de la zona de estudio.	46
Figura 8. Estructura del modelo creado en ArcGIS para el caso de estudio.....	47
Figura 9. Flujo de trabajo creado en la herramienta ModelBuilder para el caso de estudio.	47
Figura 10. Interpolaciones de los parámetros temperatura [°C] (a) y salinidad [UPS] (b) año 1974, departamento de Magdalena.....	53
Figura 11. Interpolaciones de los parámetros temperatura [°C] (a) y salinidad [UPS] (b), año 1981 departamento de Magdalena.....	54
Figura 12. Interpolaciones de temperatura [°C] (a) y salinidad [UPS] (b) año 1992, departamento de Magdalena.	55
Figura 13. Interpolaciones de los parámetros temperatura [°C] (a), salinidad [UPS] (b) y Oxígeno Disuelto [mg/L] (c) año 2007, departamento de Magdalena.....	57
Figura 14. Interpolaciones de los parámetros salinidad [UPS] (a), NO ₂ [mg/L] (b), NO ₃ [mg/L] (c), NH ₄ [mg/L] (d), PO ₄ [mg/L] (e) y pH [Dmnless] (f), año 2011 departamento de Magdalena.	59
Figura 15. Calificación del valor ajustado de (a) Oxígeno Disuelto, (b) Nitritos, (c) pH, y (d) Fosfatos.	61
Figura 16. Análisis del indicador de calidad aplicado a sustrato agua marina.	61
Figura 17. Calificación del valor ajustado de (a) Oxígeno Disuelto, (b) Nitritos; (c) pH y (d) Fosfatos.....	62
Figura 18. Análisis del indicador de calidad aplicado a sustrato agua marina del caso de estudio.	63

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla I. Matriz de datos de las mediciones obtenidas en algunas estaciones del Crucero Oceanográfico Caribe I-1969: (a) profundidades [m] (b) temperatura del agua [°C].	34
Tabla II. Descripción de parámetros oceanográficos medidos en los Cruceros Oceanográficos del Caribe Colombiano para la zona de estudio.	35
Tabla III. Datos completados para el Crucero Oceanográfico Caribe I 1969.	36
Tabla IV. Matriz de datos procesada para el Crucero Oceanográfico Caribe I - 1969.	37
Tabla V. Estructura final de la tabla de datos utilizada para generar las capas de información geográfica.	41
Tabla VI. Rangos de concentración de nutrientes ($\mu\text{g at l}^{-1}$) en las capas superficiales de la ensenada de Gaira y otros sectores del departamento de Magdalena.	49
Tabla VII. Rangos de concentración de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua de la ensenada de Gaira y otros sectores del departamento de Magdalena.	50
Tabla VIII. Variables fisicoquímicas y concentración media de nutrientes inorgánicos, medidas durante los cuatro muestreos efectuados siguiendo el método Eureliano, entre julio y septiembre de 2006, frente a la ensenada de Gaira, Caribe Colombiano ($n = 48$). P = Promedio, S = Desviación estándar, C.V. = coeficiente de variación.	50
Tabla IX. Pesos moleculares de referencia para la conversión de unidades de datos de nutrientes.	51
Tabla X. Valores máximo y mínimo promedio de oxígeno disuelto [mg/L] y pH [Dmnless] obtenido de las interpolaciones.	51
Tabla XII. Conversión de unidades de los valores máximos y mínimos promedio interpolados de nutrientes.	52

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ejemplo matriz de datos normalizada del CECOLDO y metadato asociado	75
Anexo B. Inventario de datos oceanográficos normalizados del Caribe Colombiano (1969-2014)	79
Anexo C. Inventario de datos oceanográficos normalizados del Pacífico Colombiano (1970-2014)	87
Anexo D. Inventario de datos normalizados de la expedición científica en la Antártida, verano austral (2014-2015).	113
Anexo E. Revisión del cumplimiento de la metodología de normalización de datos del CECOLDO en algunos datos del Caribe	114
Anexo F. Ejercicio práctico de generación de capas de información geográfica en ArcGIS.	122
Anexo G. Metodología propuesta para la creación de capas de información usando ArcGIS, a partir de datos físico-químicos almacenados en el CECOLDO	124

Resumen

El Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) de la Dirección General Marítima (Dimar), ha adelantado en los últimos 3 años la arqueología y recuperación de datos históricos aplicando mejores prácticas recomendadas por el programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI). Como apoyo a esta iniciativa, se desarrolló la presente pasantía durante la cual se reunieron y se inventariaron conjuntos de datos oceanográficos recuperados entre 1969 y 2014, se clasificaron en los diferentes proyectos y temáticas, se revisó la efectiva aplicación de la metodología del CECOLDO para normalización de datos para facilitar la generación de productos de información geográfica. A continuación, se seleccionó un área piloto en el Departamento del Magdalena, con el fin de apoyar un diagnóstico que desarrolla actualmente Dimar para la identificación de zonas de recambio de aguas de lastre. Para esta zona se tuvieron en cuenta datos fisicoquímicos recopilados en cruceros oceanográficos del Caribe Colombiano, se identificaron vacíos de información, se aplicaron técnicas y métodos numéricos para caracterizar la zona de aplicación, y finalmente se generaron las capas de información en una aplicación de Sistema de Información Geográfica (SIG), que combinada con las Áreas Marinas Protegidas de Colombia y la línea de costa a 50 y 200 millas, facilitó la extracción y visualización de la información para apoyar la toma de decisiones.

1. Introducción

La Dirección General Marítima viene realizando esfuerzos para fortalecer y consolidar la investigación científica marina en el país mediante el desarrollo de planes, programas y proyectos de interés nacional, para el cumplimiento de sus funciones y para apoyar la formulación de políticas a cargo de la Autoridad Marítima Nacional-Dimar.

Dimar cuenta con el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) para manejar sus datos oceanográficos e información marina. CECOLDO adopta las “directrices del programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO” [1], para el procesamiento y conservación de datos, insumo principal en la generación de los proyectos de investigación de Dimar.

El repositorio del CECOLDO cuenta con gran cantidad de datos e información del Pacífico y del Caribe en temáticas como aguas de lastre, caracterización fisicoquímica, cruceros oceanográficos, contaminación por hidrocarburos, contaminación por metales, contaminación por plaguicidas, contaminación por aceites y grasas, derrames de crudo y ACPM, eutrofización, aforamiento algal, y datos de estaciones de monitoreo como “Antares” y “Estación 5 Tumaco (El Niño)”, entre otras, con la cuales se pueden generar gran cantidad de estudios y proyectos de interés nacional.

En este marco, la presente pasantía se enfocó específicamente en el diagnóstico de datos fisicoquímicos históricos y recientes obtenidos en cruceros oceanográficos realizados en el Caribe Colombiano desde 1969, proporcionando un aporte a un caso de estudio de la Autoridad Marítima Nacional para proponer de la zona de deslastre de aguas producto de operaciones marítimas en el Caribe, específicamente en el Departamento de Magdalena.

Para el cumplimiento del objetivo planeado los datos de estudio fueron procesados y filtrados para facilitar la generación de capas de información en una herramienta de Sistema de Información Geográfica (SIG), generando de esta manera un producto que permitirá visualizar e interpretar la información para facilitar la toma decisiones.

A partir de esto se generó aportes al script de validación de los datos normalizados, una metodología de trabajo en ArcGIS, las capas de información de los cruceros oceanográficos del caribe Colombiano y una aproximación al análisis de las variables aplicado al caso de estudio.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Identificar una aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que contribuya con el ejercicio de la Autoridad Marítima Nacional – Dimar, a partir del procesamiento de datos recopilados en cruceros oceanográficos realizados desde 1969; información que se encuentra en el repositorio del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) perteneciente a Dimar.

2.2. Objetivos específicos

- Reunir los datos e información normalizados y catalogados a la fecha por el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) a cargo de Dimar.
- Realizar un diagnóstico de la información disponible y clasificarla según temática y disciplinas.
- Seleccionar el tema objeto de estudio y verificar la cantidad, calidad y periodicidad de las mediciones.
- Implementar la aplicación SIG enfocada al objeto de estudio identificado.

3. Justificación

Para la toma de decisiones rápidas, estratégicas y acertadas es primordial contar con información actualizada y de buena calidad, por ello es necesario gestionar los datos producidos por la institución ya que de esta manera es posible almacenar, administrar, consultar y disponer de información oportuna para la generación de productos que permitan tomar decisiones sobre las áreas que se encuentran dentro de la jurisdicción de Dimar y que de alguna manera puedan ser intervenidas por actividades antrópicas.

En su libro “Gestión de datos e información oceanográfica Colombiana” de 2008, Dimar aborda varios aspectos alrededor de la gestión de datos, dentro de los cuales se destacan las recomendaciones de formatos y estándares internacionales para el manejo de datos oceanográficos, así como los antecedentes, desarrollo y evolución hasta la actualidad del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos, CECOLDO [2].

Con la ejecución del presente proyecto de pasantía, desde lo institucional el producto le aporta al grupo de investigación “Oceanografía Operacional” de Dimar y contribuye con la gestión de datos oceanográficos que adelanta actualmente Dimar, específicamente con el objetivo de realizar arqueología y recuperación de datos de diferentes disciplinas de datos del proyecto de inversión “Reestructuración, operación y reconocimiento CECOLDO, como apoyo al ejercicio de la Autoridad Marítima 2014-2017” con el cual se busca conocer la cantidad y calidad de los datos con los que cuenta la Autoridad Marítima Nacional [3].

Asimismo, se realizó un aporte metodológico para el procesamiento de datos enfocados a generar un producto SIG para apoyar la toma de decisiones. Para el caso de estudio, se apoyó el análisis y evaluación de la zona de recambio de aguas de lastre producto de actividades de navegación en el Departamento de Magdalena en el Caribe Colombiano.

4. Antecedentes

A nivel general en materia de datos, estos han sido el insumo de diferentes trabajos y estudios de investigación, por lo que son fundamentales los esfuerzos realizados en su obtención, publicación, integración, procesamiento, comparación y uso en diversos fines. Respecto a la obtención de datos en zonas marinas, investigación marino-costera, estudios en biología marina y oceanografía se encontraron documentos producidos por países como España, México, Chile, Cuba, Brasil, Colombia, Costa Rica, Argentina, Venezuela, entre otros, que contienen estudios publicados entre finales del siglo XX y principios de siglo XXI, cuyas investigaciones en términos generales, están orientadas a la realización de estudios sobre cambios en las condiciones oceanográficas, la calidad del agua, la variación, determinación y evaluación de parámetros en los cuerpos de agua, patrones de variabilidad ambiental, efectos de factores externos sobre el medio, caracterizaciones fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas enfocado en la evaluación del comportamiento de las especies, entre otros, como se puede evidenciar a manera de ejemplo en los artículos [4], [5], [6], [7], [8], en los cuales el insumo principal fue la recopilación de datos e información.

En cuanto al procesamiento y análisis de datos e información oceanográfica se encontró información extensa en el nivel internacional, de los cuales cabe destacar algunas metodologías y artículos referentes a aplicación de métodos, técnicas de manipulación y procesamiento de información a los que se hace referencia en los documentos [9] específicamente sobre el análisis de parámetros oceanográficos, [10] aplicación de métodos en zonas costeras, [11] aplicación de metodologías de análisis de datos, [12] proyectos de prevención y control de contaminación, [13] gestión y custodia de datos oceanográficos, [14] estadística y análisis de datos, [15] herramientas informáticas de predicción del comportamiento de hidrocarburos vertidos y aplicaciones de sistemas de información geográfica para manejo marítimo.

Sobre metodologías, guías y trabajos que se han adelantado en el nivel nacional y que se refieren a datos e información oceanográfica, se destacan el libro “Gestión de datos e información oceanográfica Colombiana” [2], el proyecto para la “Reestructuración, operación y reconocimiento CECOLDO, como apoyo al ejercicio de la Autoridad Marítima” [3], el diseño y la implementación de una plataforma tecnológica para la gestión de datos oceanográficos [16], la arqueología de datos y el estudio de meta-información oceanográfica [17], el aporte de CECOLDO a la investigación científica marina en base a la carencia de información científica adecuada reportada en el informe anual [18], la gestión de la información y datos marinos [19] y el control de calidad de datos oceanográficos con la aplicación de tecnologías de la información [20].

Asimismo, los SIG son una herramienta altamente empleada por los tomadores de decisiones para la gestión del territorio y de los recursos marinos debido a su fácil manejo, representación e interpretación de la información. Por ejemplo, el documento “Sistemas de información geográfica, sensores remotos y mapeo para el desarrollo y la gestión de la acuicultura marina de la FAO” se demuestra la utilidad y limitaciones de estos y su enfoque hacia el sector pesquero para la conservación de la acuicultura [21]; el documento “Modelización de la deforestación utilizando SIG y redes neuronales artificiales” genera mapas digitales de riesgo, ubicación y distribución de las áreas de deforestación tropical y la presencia de bosques, relacionando variables para el desarrollo de modelos [22]; el curso “Aplicando SIG a los estudios del litoral y del medio marino” muestra cómo procesar datos del medio marino para analizar especies, realizar estudios de impacto ambiental, estudios pesqueros, modelos digitales del terreno, etc. [23]; en España, el Instituto Español de Oceanografía desarrolla un SIG interoperable que hace parte de un nodo científico oceanográfico asociado a la infraestructura nacional de datos espaciales; con este último se busca integrar los productores de datos para optimizar el desarrollo de políticas y racionalizar la toma de decisiones sobre el medio marino [24].

Referente al caso de estudio sobre la designación de zonas de recambio de aguas de lastre, se encontró información en el informe de aguas de lastre realizado por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico – CCCP en el año 2015 denominado “Herramientas para la construcción y mejoramiento de las capacidades para la protección medio marino” [25], que indica sobre el uso del sistemas de información geográfica en ArcGIS para la creación de capas de información de las variables priorizadas para el estudio a partir de varias fuentes de información.

Por otro lado, existen unos esfuerzos nacionales enfocados a divulgar y aunar esfuerzos para gestionar datos e información marino-costera, entre ellos se encuentran el “Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del mar SENALMAR” [26], y el “Comité Técnico Nacional de Coordinación de Datos e Información Oceánica (CTN Diocean) [27] creado con la “Resolución No. 005 del 10 de febrero de 2015 de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano (SECCO)” y del cual son miembros los principales productores y gestores de datos e información oceánica del país. En la actualidad el CTN Diocean es coordinado por Dimar a través del CECOLDO, y tiene como objetivo gestionar desde lo institucional datos e información oceánica para fortalecer los procesos de toma de decisiones mediante el intercambio de datos e información relacionado con las ciencias de “Oceanografía: física, química y biológica, Ciencias de la Atmósfera: meteorología marina, las Geociencias: geología, geofísica y geoquímica”, la pesca y acuicultura marina [28].

5. Marco contextual

La Dirección General Marítima - Dimar, es la autoridad Marítima Colombiana perteneciente al Ministerio de Defensa Nacional que se encarga de la protección del medio marino, la protección de la vida humana en el mar, la promoción de las actividades marítimas y el desarrollo científico y tecnológico de la nación [29] y ejerce sus funciones sobre la jurisdicción marítima más allá de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), la desembocadura al mar del río Magdalena y los principales ríos fronterizos del país.

Para dar cumplimiento a sus funciones la Autoridad Marítima Colombiana cuenta con objetivos estratégicos como lo son a manera de ejemplo el “fortalecer el marco normativo y legal, fortalecer la administración de la seguridad integral marítima y fluvial, producir la información técnica y científica para ejercer la autoridad marítima, dar cumplimiento a los instrumentos internacionales marítimos adoptados por ley, contar con TIC’s que permiten la comunicación integración, gestión y oferta de servicios, el fortalecimiento el marco normativo y legal, el desarrollo de comunicaciones estratégicas, la producción de información técnica y científica para ejercer la autoridad marítima [29], entre otros, con los cuales buscan dar cumplimiento a la misión y visión de la entidad.

Dentro de sus procesos misionales se encuentra el área de investigación científica marina, cuyo objetivo es “proyectar, desarrollar y divulgar conocimiento científico que contribuya al desarrollo sostenible del área marino-costera del país como herramienta base para la toma de decisiones en cumplimiento de las funciones de la entidad como Autoridad Marítima Nacional” [30], en esta área se encuentra el proyecto CECOLDO que contribuye al ciclo de vida de las investigaciones científicas marinas y que apoya sus procesos en dos centros de investigaciones.

Para contribuir con el desarrollo científico y tecnológico en Ciencias del Mar del país, Dimar cuenta con los centros de investigación “Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe - CIOH y Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico - CCCP”, quienes realizan procesos de investigación relacionados con la oceanografía e hidrografía y son los principales proveedores de datos de CECOLDO.

El CIOH, ubicado en Cartagena, realiza investigaciones básicas y aplicadas en las diferentes disciplinas de la Oceanografía, Hidrografía, Protección del Medio Marino y Manejo de Zonas Costeras [31] y el CCCP ubicado en Tumaco “realiza investigación científica en las diversas ramas de la oceanografía física, química, biológica y geológica, así como en la investigación marina”[32].

Las líneas de investigación de la entidad están definidas para cada grupo de investigación según la labor del Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe – CIOH así:

Para el grupo “Zona costera” las líneas de investigación son [33]:

- Gestión del litoral.
- Riesgos costeros.
- Procesos costeros.
- Modelación costera.

Para el grupo “Oceanografía operacional” las líneas de investigación son [33]:

- Hidrografía.
- Cambio climático,
- Circulación oceánica y dinámica computacional de fluidos océano atmosféricos.
- Procesos costeros.
- Dinámica de estuarios.
- Seguimiento y caracterización de la contaminación generada por actividades marítimas.
- Amenazas de origen natural y antrópico.
- Oceanografía satelital.
- Meteorología marina.
- Diseño de sistemas observacionales operacionales para la seguridad marítima.
- Gestión de datos e información oceanográfica y de meteorología marina.

Dimar cuenta también con el CECOLDO, que desde lo institucional, pretende aportar a la solución del problema identificado en el marco lógico asociado a la Investigación Científica Marina, y referenciado en la construcción del Plan Estratégico de Desarrollo de Dimar 2030, donde se evidenció como problema central la carencia de información científica adecuada para el ejercicio de la Autoridad Marítima. En el marco internacional, CECOLDO adopta las directrices del Programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) que consisten en” [18]:

- Recibir datos oceanográficos de programas nacionales, regionales e internacionales.
- Aplicar estándares acordados para el control de calidad de los datos.

- Garantizar la conservación a largo plazo de los datos y la información asociada necesaria (metadatos) para la correcta interpretación de los datos.

CECOLDO cuenta con diversos servicios de datos e información de interés para la comunidad académica y científica disponible en su portal web, dentro de ellos se encuentran:

- Catálogo de metadatos: Publica la descripción detallada de conjuntos de datos Colombianos de las disciplinas de oceanografía física, oceanografía química, oceanografía biológica, geológica marina, y meteorología marina, producidas por Dimar e instituciones u organizaciones asociadas [34].
- Inventario de datos: Contiene la lista clasificada e información detallada acerca del conjunto de datos normalizados y catalogados en el CECOLDO [35].
- Inventario de Cruceros Oceanográficos: contiene información básica acerca de los cruceros oceanográficos realizados por Colombia [36].
- Repositorio Digital: Publica información acerca de la documentación histórica, técnica y científica relacionada con las Ciencias del mar, producida por la Dimar y por las instituciones u organizaciones nacionales e internacionales asociadas [37].

El caso de estudio está relacionado con el proyecto de cambio de aguas de lastre que nace de la necesidad de ejercer gestión sobre las actividades producto del tráfico internacional, que pueden modificar las condiciones del medio y generar impactos negativos que alteren el equilibrio ecológico, produciendo por ejemplo eventos de salud pública, contaminación, entre otras consecuencias ambientales que pueden afectar la vida humana. Los principales riesgos que fundamentan la investigación están asociados a la introducción de especies y de agentes patógenos y los efectos secundarios originados luego del proceso de gestión del agua de lastre.

“El programa mundial de asociaciones GloBallast una iniciativa en colaboración del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Organización Marítima Mundial (OMI) para ayudar a los países en desarrollo a reducir la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos transportados en el agua de lastre y los sedimentos de los buques y para ayudar a los países a implantar el Convenio sobre la gestión del agua de lastre”[38] “Convenio BMW - Convenio internacional para el control y la gestión el agua de lastre y los sedimentos de los buques”.

6. Marco conceptual

Para explicar los diferentes procesos desarrollados alrededor de los conjuntos de datos procesados durante la pasantía, es necesario entender una serie de definiciones y conceptos básicos relacionados con los métodos y herramientas empleados, y que permiten comprender el enfoque de la investigación.

6.1. Conceptos básicos

- **Aguas de lastre:** Aguas que se toman del entorno por parte de las embarcaciones para la navegación, con el fin de llenar los tanques que se encuentran en un buque que permite dar equilibrio y estabilidad al buque inicialmente descargado y la cual es fundamental para la operación segura y eficiente en el mar.
- **Antares:** Estación de monitoreo para la generación de datos de parámetros fisicoquímicos y biológicos para estudiar los ecosistemas costeros, se encuentra “ubicada a diez millas náuticas de la costa oeste de la Isla de Tierra Bomba”[39] en el Caribe (Cartagena).
- **Bandera de calidad en inglés *Quality Flag (QF)*:** Cumple la función de indicador de calidad de los datos oceanográficos y brinda información sobre medidas adoptadas para la modificación de los datos brutos [40].
- **Conjunto de datos:** “En el ámbito de las tecnologías de la información, son datos relacionados, convenientemente estructurados y organizados, de forma que puedan ser tratados (procesados) apropiadamente para obtener información”[40].
- **Control de Calidad:** “El objetivo del control de calidad de datos oceanográficos es asegurar la consistencia de los datos dentro de un mismo conjunto de datos y dentro de una colección de conjuntos de datos, y para garantizar que la calidad y los errores de los datos sean conocidos por el usuario”[40].
- **Cruceros oceanográficos:** Expediciones oceanográficas en buques que permiten conocer cambios océano-atmosféricos y marino costeros, mediante la determinación de mediciones de datos para el estudio del océano y para el avance de la investigación en ciencias del mar [41].

- **Datos primarios:** “Son aquellos que no han sido procesados. En el mejor de los casos puede tratarse de los datos obtenidos directamente del instrumento de Medición” [40].
- **Datos oceanográficos:** Representación simbólica de una medición u observación efectuada para estudiar cada proceso ocurrido en el mar y los océanos, sus fenómenos y la interacción entre los continentes y la atmósfera, desde cuatro ramas las cuales son: Oceanografía Física, Oceanografía Química, Oceanografía Biológica y Oceanografía Geológica [40] [42].
- **Depresión Submarina:** Hundimiento o concavidad formada en una superficie del mar o sumergida.
- **Estación:** “Punto o área geográfica en el que se recopilan datos o muestras de agua/suelo o se realizan observaciones oceanográficas”[40].
- **Afloramiento Algal:** Es el nacimiento y crecimiento de células fitoplanctónicas que alteran las condiciones normales del medio, al consumir oxígeno y nutrientes del agua necesarios para la vida de otros organismos, además de aumentar la posibilidad de producir obstrucción y daños físicos e intoxicación (producción de toxinas) en animales acuáticos [43].
- **Layer o capa de información:** “Son el mecanismo que se utiliza para visualizar datasets geográficos en ArcMap. Cada capa hace referencia a un conjunto de datos (dataset) y especifica cómo se representa con símbolos y etiquetas de texto”[44].
- **Metadato:** “Son “datos acerca de los datos”, describe el contenido, calidad, distribución y otras características importantes de los conjuntos de datos”[40].
- **Normalizar:** “En el sentido más genérico se define como la acción de ajustar o adaptar las cosas para que se asemejen a un tipo, modelo o norma común⁴. Para el CECOLDO, consiste en aplicar una serie de formatos y estándares a los conjuntos de datos oceanográficos para facilitar procesos de intercambio de datos, y disminuir problemas en el manejo de las bases de datos”[40].

6.2. Metodologías y herramientas

- **Arqueología y recuperación de datos.** La arqueología hace referencia al “proceso de búsqueda, restauración, evaluación, corrección e interpretación del conjunto de datos históricos” [45]. La recuperación por su parte hace referencia al “esfuerzo de recuperar datos históricos y evitar el riesgo de pérdida, mediante la digitalización, almacenamiento en medios electrónicos, y archivo en bases de datos electrónicas disponibles para la comunidad” [45]
- **Herramienta SIG Software ArcGIS desktop.** ArcGIS es un software que permite organizar, agrupar, integrar, administrar, representar y compartir la información geográfica, con esto es posible visualizar mapas e información de manera sencilla y facilitar la toma de decisiones Acertadas. ArcGIS “es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios” “ArcGIS admite una variedad de flujos de trabajo con los que resulta fácil administrar las bases de datos geográficas de gran tamaño” [46].
- **Lenguaje de programación Python.** Es un lenguaje de programación que utiliza un código sencillo y limpio y fácil de aprender. “La elegante sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto con su naturaleza interpretada, hacen de éste un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y sobre la mayoría de las plataformas.” Además, Python es de libre acceso y “también puede usarse como un lenguaje de extensiones para aplicaciones personalizables”[47].
- **Método de regresiones múltiples:** “La técnica de regresión múltiple se aplica al caso en que la variable de respuesta es de tipo numérico y es utilizada para la predicción de respuestas a partir de variables explicativas” [48]. Es una extensión del método de regresión simple y su forma de estimar un dato ausente se basa en la siguiente expresión matemática [49]:

$$y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + \dots + nX_i$$

Dónde:

Y: Es el valor ausente estimado para la estación con carencia de información.

X_i: Es el valor presente en estaciones con información completa.

n: Son los valores constantes de la regresión.

- **Metodología de interpolación Jackknife:** Es un método de validación cruzada que se utiliza para estimar coeficientes desconocidos con precisión. “La metodología de Jackknife es la técnica empleada para determinar el sesgo y la varianza de una muestra de tamaño N, mediante el cálculo en subconjuntos que

se forman a partir de la muestra original omitiendo una observación N-1”[50]. A partir de la aplicación de esta técnica se determinan N-1 evaluaciones del error de estimación para cada interpolación de cada parámetro y se generan histogramas.

- **Metodología para el cambio de aguas de lastre:** En la Monografía GloBallast – Serie No. 21 describe que “el cambio del agua de lastre está restringido geográficamente por dos condiciones (regla B-4)”[38]:
 - ✓ Una distancia de 200 millas marinas desde tierra, para sustituir aguas costeras por aguas de mar abierta y eliminar de esta manera los organismos costeros
 - ✓ Aguas de una profundidad de 200 metros, que se encuentran fuera de la zona fótica, es decir, la profundidad a la cual la luz solar puede penetrar, y de la termoclina, la capa del agua que restringe el movimiento del agua entre la superficie y el fondo marino, privando así a algunas especies del hábitat que necesitan.

“Cuando no sea posible cumplir la prescripción relativa a la distancia, el cambio del agua de lastre puede efectuarse a una distancia de 50 millas marinas de la costa”[38].

Las zonas de recambio se definen en función de criterios oceanográficos, fisicoquímicos, recursos antrópicos y recursos biológicos y ambientales, que se tienen en cuenta para disminuir los impactos y amenazas sobre el medio, pero para esto los investigadores priorizaron los criterios en base a su importancia y representatividad. En cuanto a las variables, la priorización es la siguiente en orden descendente[25]:

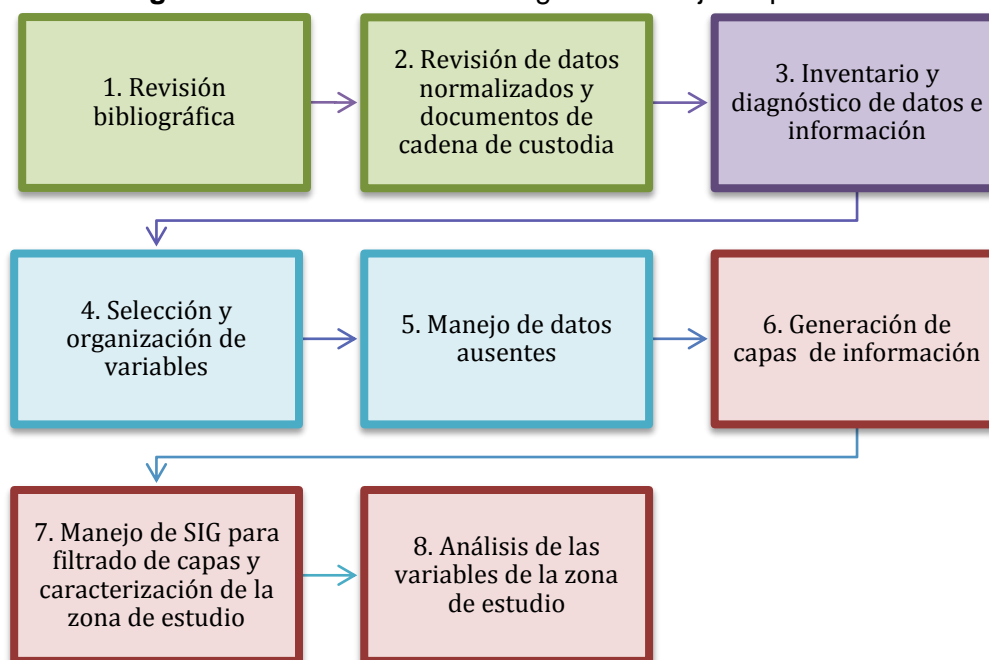
1. Criterios físicos: Profundidad, Vientos, Temperatura.
2. Criterios químicos: Salinidad, Nutrientes, Oxígeno disuelto, pH.
3. Criterios de recursos antrópicos: Rutas de buques, Áreas protegidas, Zonas de pesca.
4. Recursos biológicos y ambientales: Ecosistemas marinos, Ecozonas, Clorofila-a.

Normalización y catalogación de datos. Para el manejo de los datos in situ CECOLDO definió una metodología donde se aplican “estándares y mejores prácticas recomendados por el programa internacional COI-IODE para la preparación de la matriz de datos que se almacenará en su repositorio (M8-GUI-001 Guía para la normalización de conjuntos de datos oceanográficos) [40], y para la documentación de los metadatos asociados a dichos datos (M8-GUI-003 Guía de documentación de metadatos de datos oceanográficos) [51].

7. Desarrollo de la pasantía

La metodología utilizada es consecuente con los objetivos de pasantía planteados y consta de siete etapas (Figura 1) que se describen a continuación:

Figura 1. Pasos de la metodología del trabajo de pasantía.



Fuente. Autor

1. Revisión bibliográfica

Permitió familiarizarse con el tipo de datos de investigación producidos por Dimar, cómo se normalizan y catalogan, y cuáles son las funciones y misión de la institución, para generar productos que aporten a la toma de decisiones.

2. Revisión de datos normalizados y documentos de cadena de custodia

Para cada conjunto de datos normalizados del Caribe y el Pacífico Colombiano entregados por el CECOLDO, se efectuó una revisión de los documentos de referencia y se comparó los contenidos de modo que cumplieran con los requerimientos de normalización y catalogación de datos del CECOLDO.

3. Inventario y diagnóstico de datos e información

Se realizó un inventario de datos del Caribe, Pacífico y de la Antártida filtrando por cada una de las temáticas, área geográfica, periodos de estudio y variables

medidas, además de un diagnóstico que consistió en revisar los conjuntos de datos normalizados del Caribe y reportar los hallazgos obtenidos a partir de la revisión, comparación y verificación de los contenidos con los requerimientos de normalización y catalogación de datos del CECOLDO. Lo anterior con el fin de facilitar el manejo de las variables a utilizar en la elaboración de las capas de información del producto SIG.

4. Selección y organización de variables

Dado que evaluar zonas de recambio de aguas de lastre en el Departamento del Magdalena es un tema de interés para Dimar, en este paso se filtraron las variables relacionadas con el caso de estudio identificado, con el fin de verificar que cumplieran con los formatos necesarios que permitieran la elaboración de las capas de información en el SIG. Estas variables fueron fecha, hora, número de estación, coordenadas geográficas, parámetros oceanográficos y unidades de medida.

5. Manejo de datos ausentes

A continuación se empleó el método estadístico de regresiones múltiples utilizado como un tratamiento estadístico basado en el documento [52] de la UNESCO para completar datos faltantes y como resultado se obtuvo un nuevo conjunto de datos organizado cronológicamente con valores adicionales como el valor promedio, máximo, mínimo y la mediana para los datos de parámetros oceanográficos de cada estación. Una vez completados los datos se generó un archivo que contiene las siguientes variables: año, número de estación, latitud, longitud y los valores promedio, máximos, mínimos y medio obtenidos de cada estación por cada parámetro fisicoquímico.

6. Generación de capas de información

Se cargó el archivo de datos en la herramienta software ArcGIS y se generaron las capas de información, lo que permitió visualizar e identificar errores en los datos geográficos, los cuales fueron revisados detalladamente y corregidos. Adicionalmente se realizó un ejercicio práctico en el que se generaron las capas de información de la distribución espacial de los datos químicos recopilados en cruceros oceanográficos del Caribe y los datos de la Antártida para verificar la corrección realizada en las coordenadas y posteriormente se generó las capas de información sin errores espaciales.

Para finalizar este paso, se empleó el lenguaje de programación Python en el cual se creó un código con el docente de la Universidad Santo Tomás Miguel Cañón, de modo que permitiera leer y correr un modelo con el archivo que contenía el conjunto de datos ya estructurado, para generar múltiples

interpolaciones e histogramas en poco tiempo de extensión .TIF compatible con ArcGIS, las interpolaciones se generan mediante la metodología Jackknife como método de validación cruzada para estimar coeficientes desconocidos y los histogramas representan el error de estimación para cada una de las interpolaciones.

7. Manejo de SIG para filtrado de capas y caracterización en la zona de estudio

En este paso se procedió con el filtrado de las capas de los datos de Cruceros Oceanográficos del Caribe para el periodo comprendido entre 1969 y 2014, así como con el recorte de las interpolaciones mediante un modelo realizado en la herramienta ModelBuilder de ArcGIS para la zona de estudio cuyo envolvente geográfico abarca los 14,666630 límite superior (norte), 10,975270 límite inferior (sur), -73,566396 límite derecho (este), -74,849093 límite izquierdo (oeste) en grados decimales, definidos sobre la línea de costa delimitada a 200 millas del Departamento de Magdalena. A partir de lo anterior se definió una metodología de trabajo en ArcGIS para la generación y filtrado de capas de información en el CECOLDO.

8. Análisis de las variables de la zona de estudio

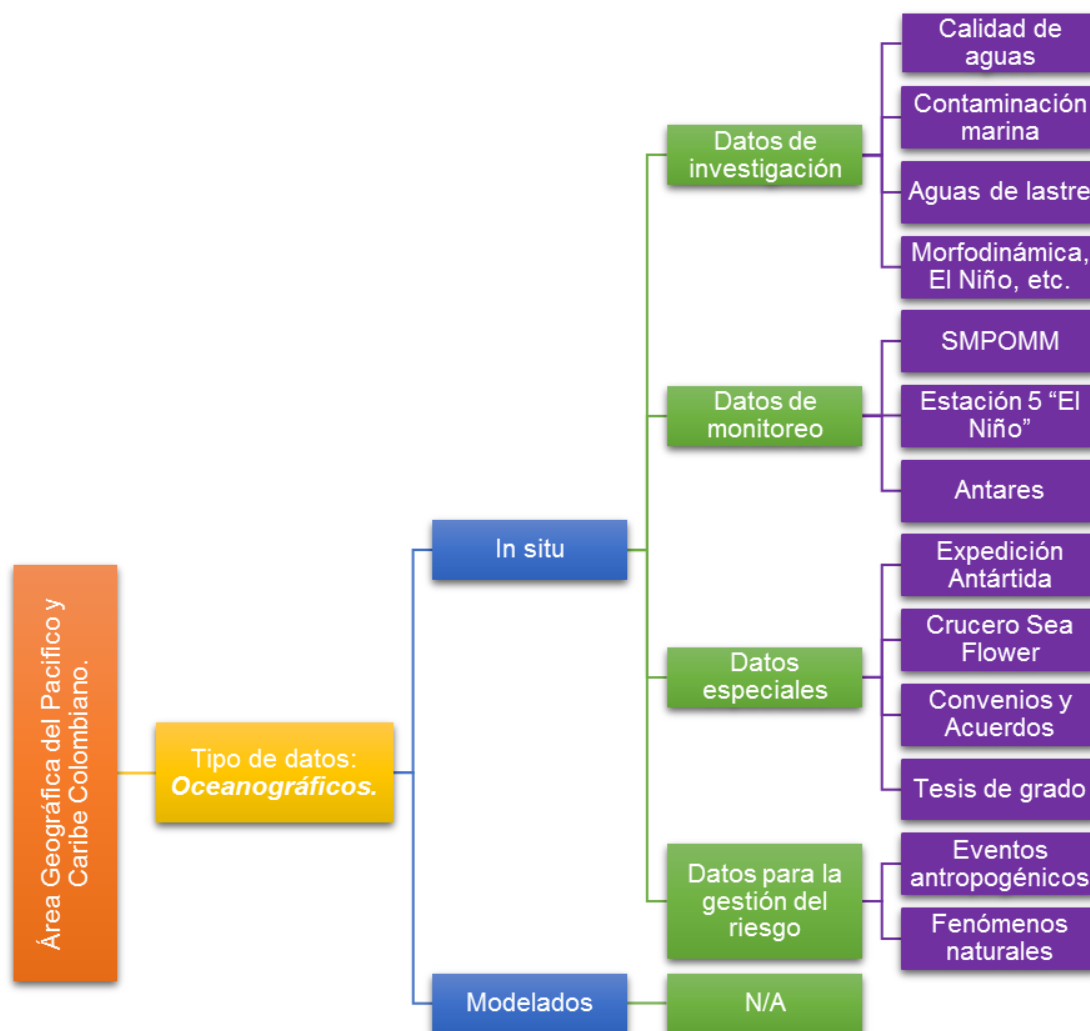
Se realizó una comparación de las variables fisicoquímicas interpoladas y priorizadas según los requerimientos para el deslastre de aguas, de los años 1974, 1981, 1992 y 2011 con bibliografía disponible de la zona de coral Bahía de Chengue según el análisis de nutrientes realizado en el libro “Oceanografía de la ensenada de Gaira” [53], en el que comparan diferentes autores y periodos climáticos. Por otro lado se calculó el índice de calidad ambiental marina (ICAM), del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, mediante una herramienta de información estadística en línea disponible al público, en la cuál se ingresaron los valores máximos y mínimos promedio para obtener los registros extremos de modo que se estudie el evento más crítico que pueda presentarse; para calcularlo se ingresan datos de las variables (Oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes) o las que se tengan disponibles, en este caso (OD, NO₃, pH y PO₄), cada subíndice cuenta con su factor de ponderación entre 0 y 1 según la importancia para el cálculo del ICAM y se recalcula automáticamente en el programa en caso de no tener toda la información disponible, de esta manera se obtiene la calificación de cada valor ajustado y el resultado final del indicador; el nivel de confianza y la calificación del mismo varía según el número de parámetros ingresados.

8. Resultados obtenidos

8.1. Revisión de datos normalizados y documentos de cadena de custodia

Se recibieron datos oceanográficos del Caribe y Pacífico Colombiano, con sus respectivos documentos de soporte como lo son los reportes primarios, metadatos, informes y figuras de las mallas de muestreo. Una vez revisados, se identificaron los tipos de datos mencionados en el simposio “Recuperación de datos e información histórica como apoyo al ejercicio de la Autoridad Marítima Colombiana en investigación científica marina” realizado por el CECOLDO en 2015 (Figura 2).

Figura 2. Clasificación de CECOLDO según el tipo de datos obtenidos en campo.



Fuente. Autor, obtenido y modificado de [45].

Adicionalmente, los datos normalizados recibidos estaban clasificados de la siguiente manera:

Caribe:

- *Agua de lastre* para los años comprendidos entre (2005 al 2014).
- *Caracterización físico-química* para las zonas de la Bahía de Cartagena de los años (1979, 1985, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2005 y 2014); Ciénaga de la Virgen, años (1996 al 2001); Ciénaga grande, años (1995 al 2000); Isla de Manzanillo, años (2001 al 2013); el Golfo de Urabá año (2005); Islas del Rosario, año (1976 a 1978); La Guajira, años (1989, 1990 y 2005); Rio Magdalena, año (2006) y la Zona Norte Bolívar, año (2001).
- *Contaminación por HDD* en la Bahía de Cartagena para los años (1985, 1992 y 1997); Barbacoas-Islas del Rosario, años (1986 y 2001); Golfo de Morrosquillo, año (1990); Riohacha, año (1987) y del Caribe en general de los años (1988, 1989 y 1992).
- *Contaminación por metales* de los años (1982 y 1990).
- *Contaminación por plaguicidas*, año (1998).
- *Derrames* para los años (2005, 2013 y 2014).
- *Afloramiento algal* para (2010, 2013 y 2014).
- *Estación Antares* de los años (2009, 2011, 2012, 2013, 2014)
- *Estudios de depresión submarina* en (2004) y en Islas del Rosario años (1976 a 1978)
- *Cruceros oceanográficos* de los años (1969, 1972, 1974, 1975, 1981, 1983, 1984, 1992, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2014).

Pacífico:

- *Aguas de lastre* para los años (2004, 2009, 2010, 2013 y 2014).
- *Calidad de aguas* para (1990 a 1993 y 1997 al 2014).
- *Contaminación por aceites y grasas* del año (1987).
- *Contaminación por metales pesados*, año (1994).
- *Derrame de crudo*, años (2004 al 2006).
- *Estudio derrame de ACPM* en el año (2003).
- *Hidrocarburos* en la Bahía de Buenaventura, años (1985 a 1994); Bahía Cúpica, años (1991 y 1992); Bahía Guapi, años (1989 a 1992); Bahía Málaga, años (1989 a 1994); Bahía Solano, años (1991, 1992 y 1994); Bahía Tumaco, años (1985 a 1994 y 2000, 2001); Cabo Corrientes, años (1989 y 1990); Isla Gorgona, años (1986 a 1992).
- *HDD en cruceros* para los años (1994 y 1996).
- *Eutrofización* en el año (1991).

- *Estación 5 “El niño”* de los años (1997 al 2014) y datos históricos de (1993 a 1999, 1999 al 2010, 1999 a 2015).
- *Monitoreo de canal de Buenaventura* del año (2006).
- *Cruceros* de (1970, 1972, 1975 a 1978, 1982 a 1993, 1996 a 2014).
- *Pasantía estación Playa el Morro* del año (2009).
- *Tesis de Biorremediación* en la Bahía de Tumaco del año (2008).

Antártida:

- *Expedición científica de Colombia* estrecho de Gerlache – Península Antártica año 2014-2015.

Al revisar y comparar las matrices de datos con la guía de normalización de conjuntos de datos oceanográficos del CECOLDO, así como documentos primarios y metadatos principalmente, se evidenciaron vacíos de información y contenidos que no coincidían con lo establecido en la guía, y lo reportado en las principales fuente de información relativas a los datos, concluyendo que se requeriría revisar minuciosamente los conjuntos de datos antes de su aplicación.

Los datos mejor organizados, normalizados y con mayor cantidad de registros fueron los del Pacífico, sin embargo, esto se debió principalmente a inconvenientes de búsqueda y organización de los archivos de datos del Caribe, para lo cual actualmente el CECOLDO cuenta con personal que adelanta las respectivas búsquedas, correcciones y normalizaciones para cada conjunto de datos.

A manera de ejemplo en el Anexo A se muestra como están estructurados los archivos de datos normalizados revisados así como su metadato asociado.

8.2. Inventario y diagnóstico de datos e información

8.2.1. Inventario

El inventario de los conjuntos de datos del Caribe y el Pacífico Colombiano, así como de la expedición Antártida, contiene los siguientes campos: tema general o macro, nombre del área geográfica, año, periodo de tiempo y disciplina de datos medidos. A continuación se presenta una descripción general de los datos inventariados.

8.2.1.1. Conjuntos de datos del Caribe Colombiano

En el Anexo B se puede observar el inventario de datos del Caribe Colombiano con 98 matrices de datos oceanográficos normalizados del periodo 1969-2014. A

continuación se describen cada una de estas matrices de acuerdo a las temáticas y finalidad de la toma de los datos:

- 9 matrices de datos normalizados en la temática aguas de lastre con información obtenida entre 2005 y el 2014; la mayoría contiene datos de parámetros físicos, químicos y biológicos, obtenidos en tanques de aguas de lastre de los buques y aguas marinas lastradas, para las áreas geográficas del puerto de Cartagena, Bahía de Cartagena, Puerto Bolívar y Bahía Portete La Guajira, las mediciones fueron obtenidas con el objetivo de monitorear las aguas producto del tráfico marino y determinar el grado de afectación por la influencia potencial de la introducción de especies.
- 5 matrices de datos normalizados con datos físicos, químicos y biológicos obtenidos entre 2009 y 2014 de la estación Antares; esta se encuentra ubicada al oeste de la Isla de Tierra Bomba en Cartagena; es una estación fija que hace parte de una red internacional llamada Antares, de la cual participan países de Latinoamérica y cuyo objetivo es el estudio del cambio de los ecosistemas costeros bien sea por variaciones de tipo antrópico, natural o por factores externos.
- 34 matrices de datos normalizados en la temática “caracterización físico química” que abarca las zonas geográficas de la Bahía de Cartagena, Ciénaga de la virgen, Isla de Manzanillo, Bahía de Santa Marta, Ciénaga grande de Santa Marta, Golfo de Urabá, Barú, Islas del Rosario, La guajira y la desembocadura del Rio Magdalena. En su mayoría se encuentran datos de parámetros físicos, químicos y biológicos, la información revisada abarca el periodo de tiempo comprendido entre 1975 y 2014 dependiendo del área geográfica tratada. La determinación de los datos tuvo como propósito contar con información que permitiera conocer el comportamiento de los parámetros físico-químicos, biológicos y microbiológicos y la calidad de las aguas de las zonas de estudio
- 14 matrices de datos normalizados en la temática contaminación por hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados y pesticidas, en las zonas geográficas de la Bahía de Cartagena, Costa Caribe, Bahía Barbacoas, Parque Tayrona, Islas del Rosario, Golfo de Morrosquillo, Riohacha y Bahía Cispatá. En el periodo de tiempo comprendido entre 1982 y 2001 se midieron parámetros químicos (hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados y pesticidas), algunos físicos y biológicos en menor proporción; generalmente las muestras fueron tomadas en agua, sedimentos y playas. La obtención de los datos tuvo como propósito contar con información que permitiera conocer el comportamiento y determinar el nivel de concentración de los contaminantes en el área estudiada.

- 24 matrices de datos normalizados en la temática “cruceos oceanográficos” realizados a lo largo y ancho del mar Caribe, abarcando las zonas geográficas de la Costa Caribe, (Colombia- Haití, Haití-Jamaica, Jamaica - Banco de Rosalinda), Santa Marta - Cabo de La Vela, Cartagena - Punta Arboletes, Archipiélago San de Andrés Isla, providencia y los Cayos, Litoral Atlántico Colombiano, Golfo de Morrosquillo, Desembocadura del Río Magdalena - Bocas de Ceniza, Golfo de Urabá y la reserva natural Seaflower. Dependiendo de la ubicación, la información revisada comprende el periodo de tiempo entre 1969 y 2014. Se midieron parámetros físicos y químicos, en su mayoría la determinación de datos tuvo como finalidad evaluar las condiciones y variaciones marino costeras y oceanográficas.
- 3 matrices de datos normalizados en la temática “derrames de hidrocarburos” para la Bahía de Cartagena (2005 y 2013) y el Golfo de Morrosquillo (2014). Se observaron mediciones de parámetros físicos, químicos (hidrocarburos), biológicos y microbiológicos, con el propósito de contar con información que permitiera conocer el comportamiento de los parámetros, conocer la contaminación causada y la calidad del agua en la zona marina donde se produjo el derrame.
- 4 matrices de datos normalizados en la temática “estudios”, uno de estos realizado en la depresión submarina de Providencia (2004), y los restantes realizados en cruceos en Islas del Rosario (1976 a 1978). Se midieron parámetros fisicoquímicos y las investigaciones tuvieron como propósito determinar los niveles físicos químicos del agua, caracterizar y describir los componentes en la columna de agua.
- 4 matrices de datos normalizados en la “temática afloramiento algal” que consiste en la medición de variables físicas, químicas y biológicas en la Bahía de Cartagena para los años 2010, 2013 y 2014, obtenidos con el fin de monitorearlos eventos de afloramiento algal en las áreas de influencia.

8.2.1.2. *Conjunto de datos del Pacífico Colombiano*

En el Anexo C se puede observar el inventario de datos del Pacífico Colombiano con 400 matrices de datos oceanográficos normalizados del periodo 1970-2014. A continuación se describen cada una de estas matrices de acuerdo a las temáticas y finalidad de la toma de los datos:

- 12 matrices de datos normalizados en la temática “aguas de lastre” con información obtenida entre el 2004 y el 2014. La periodicidad de las mediciones no es continua; contienen mediciones de parámetros físicos,

químicos y en su mayoría biológicos, recopilados en tanques de aguas de lastre de los buques y aguas marinas lastradas, para el área geográfica de la Bahía de Tumaco. Las mediciones fueron obtenidas con el objetivo de monitorear las aguas de tráfico marino y determinar el grado de afectación por la influencia potencial de la introducción de especies.

- 74 matrices de datos normalizados en la temática “calidad de agua” que abarca las zonas geográficas de la Bahía de Tumaco, Bahía de Buenaventura, Bahía Málaga, Río Mataje, Bahía de Cupica, Bahía Solano, Málaga y Buenaventura, se encuentran disponibles datos de parámetros fisicoquímicos, biológicos y gravimétricos en menor proporción, la información revisada abarca el periodo de tiempo comprendido entre 1990 y 2014 con una periodicidad continua en los años de medición y variando las épocas del año, la determinación del conjunto de datos tuvo como propósito contar con información que permita evaluar el comportamiento de las variables con fines de monitoreo que permita determinar la calidad de las aguas del Pacífico.
- 90 matrices de datos normalizados en la temática “cruceros oceanográficos” realizados a lo largo y ancho del Pacífico Colombiano. Se encuentran dos tipos de cruceros, los denominados “PACÍFICO” con fines de investigación oceanográfica y cuyo objeto es tener un conocimiento integral del mar y determinar la variabilidad de los parámetros medidos a lo largo del litoral del Pacífico, y por otra parte, los cruceros “ERFEN” desarrollados para el estudio regional del fenómeno El Niño. Los cruceros abarcan las zonas geográficas de la Cuenca Pacífica Colombiana (Tumaco, Buenaventura, Cabo Corrientes, Cabo Marzo y Bahía Solano), Isla Malpelo, e Isla Gorgona. Corresponden al periodo comprendido entre 1970 y 2014 en los cuales se midieron parámetros químicos, físicos y biológicos con una periodicidad casi anual.
- 9 matrices de datos normalizados en la temática “derrame de crudo” que abarca la zona geográfica de la Bahía de Tumaco para el periodo de tiempo comprendido entre el año 2004 y 2006, en los cuales se midieron parámetros físicos, químicos y biológicos en los tres años. La obtención del conjunto de datos tuvo como finalidad el monitoreo del impacto de un derrame de crudo en un terminal de ECOPETROL S.A.
- 18 matrices de datos normalizados en la temática “Estación 5”. Las mediciones son realizadas a 10 millas de la costa de Tumaco; se recopilaron datos para el periodo de tiempo comprendido entre 1997 y 2014 en los cuales se midieron parámetros químicos para todos los años y parámetros físicos y biológicos para algunos de los años; la determinación del conjunto de datos

se realizó para monitorear los cambios océano-atmosféricos que puedan incidir en la Bahía de Tumaco.

- 1 matriz de datos normalizados en la temática “contaminación por “Aceites y Grasas”” que abarca la zona geográfica del Río Mira en el Departamento de Nariño. Se recopilaron datos de parámetros físicos, químicos y biológicos para el año de 1987 con fines de monitoreo para determinar los niveles de contaminación de aceites y grasas, teniendo en cuenta la influencia del agua dulce del Río Mira donde se encuentran las empresas extractoras de aceite de palma africana.
- 6 matrices de datos normalizados en la temática “contaminación por “Metales Pesados” que abarcan la zona geográfica de la Bahía de Tumaco y su área de influencia. Se recopilaron datos físico-químicos para el año 1994 en muestras de agua, sedimentos y organismos marinos con el propósito de monitorear la contaminación por metales pesados y el nivel de concentración de los contaminantes en área de estudio.
- 1 matriz de datos normalizados en la temática “Eutrofización” que abarca la zona geográfica de la Bahía de Tumaco. Se recopilaron datos de parámetros físicos y químicos para el año 1991 con el fin de aportarle al estudio del proceso de eutrofización en la costa Pacífica Colombiana.
- 172 matrices de datos normalizados en la temática “Hidrocarburos” que incluye áreas geográficas como la Bahía de Buenaventura, Bahía Cupica, Bahía Guapi, Bahía Málaga, Bahía Solano, Bahía de Tumaco, Cabo Corrientes e Isla Gorgona. Se recopilaron datos químicos para todos los años y algunos parámetros físicos, biológicos y de granulometría desde 1985 hasta el 2001 dependiendo del alcance del estudio, con el propósito de contar con información que permitiera conocer la concentración de los hidrocarburos en las zonas de mayor riesgo y vulnerabilidad, y conocer el estado de contaminación de la zona costera.
- 3 matrices de datos normalizados en la temática “Hidrocarburos: Sinopsis bioecológica” que abarca la zona geográfica del litoral Pacífico Colombiano, donde se recopilaron datos físico-químicos para el año 1990, con la finalidad de contribuir al conocimiento de las características de los ecosistemas, la determinación de posible fuentes de contaminación, la determinación de las propiedades fisicoquímicas y la calidad del agua.

- 3 matrices de datos normalizados en la temática “Hidrocarburos” recopilados en cruceros realizados en 1994 y 1996 en la cuenca Pacífica Colombiana, con el fin de monitorear y determinar el grado de contaminación por hidrocarburos en la región.
- 1 matriz de datos normalizados en la temática “Derrame de ACPM” que contiene datos químicos recopilados en el año 2003 en Bahía Solano, con la finalidad de monitorear hidrocarburos aromáticos totales por posible derrame de ACPM proveniente de un buque pesquero sobre un sector de la costa.
- 4 matrices de datos normalizados en la temática “Monitoreo Ambiental” realizado en el canal de acceso de Buenaventura en el año 2006, en el que se obtuvieron datos de parámetros físicos, químicos y de granulometría, con el objetivo de determinar la calidad del agua de la zona.
- 2 matrices de datos normalizados en la temática “Pasantías”; el primero corresponde a un monitoreo ambiental efectuado en las playas El Morro en el sector turístico del municipio de Tumaco, en el cual se recopilaron datos físicos, químicos y biológicos en el año 2009; el segundo, a un estudio de Biorremediación de hidrocarburos desarrollado en la Bahía de Tumaco, donde se recopilaron datos de parámetros físicos, químicos y biológicos para el año 2008.

8.2.1.3. *Conjunto de datos de Antártida*

En el Anexo D se puede apreciar el Inventario de datos normalizados de la expedición científica en la Antártida, verano austral (2014-2015). En total se encontraron 7 archivos de datos normalizado recopilados en el estrecho de Gerlache – Península Antártica a finales de 2014 y principios de 2015, de parámetros oceanográficos (físicos, químicos, geológicos y biológicos), meteorológicos (régimen de vientos, temperatura atmosférica, humedad relativa, etc.), que permiten estudiar diferentes aspectos de la zona incrementos en la fuerza y cambios en la dinámica de las corrientes, fenómenos de resonancia u ondulatorios, deriva de hielos, generación de olas de tsunami, entre otros.

8.2.2. Diagnóstico

Una vez obtenido el inventario de datos y teniendo en cuenta que en Dimar había un interés específico en los datos del Caribe Colombiano, se procedió con la revisión y verificación de los datos de dicha región en cuanto a la calidad de sus metadatos, errores de normalización y vacíos de información.

Como resultado, se elaboró una matriz de diagnóstico en la que se reportaron los errores observados en función de los documentos de soporte y las guías del CECOLDO. La matriz contiene los siguientes campos:

- Tema general o macro.
- Año en que se realizó el muestreo
- Nombre del archivo de datos.
- Ubicación geográfica y/o temática.
- Diagnóstico. En este espacio se reportó por cada conjunto de datos normalizado cuales eran los documentos de soporte q, los parámetros medidos, y formatos y vocabularios ajustados).
- Cantidad de filas o registros de cada archivo de datos.
- Convenciones utilizadas en los archivos de datos normalizados.
- Observaciones.
- Escala de la calidad del dato normalizado. Para el presente estudio se definió una escala de 1 a 5 (en el que 1 indica que no cumple o no aplica y 5 indica que cumple totalmente con lo requerido para el estudio y con definido en la metodología de normalización del conjunto de datos, cada escala cuenta con su respectivo color (rojo, naranja, amarillo, azul, verde), que permitió identificar cada conjunto de datos en función de la calidad identificada.

Es así que a lo largo de 100 filas se muestran en detalle los resultados del diagnóstico efectuado a cada conjunto de datos normalizados. Debido a la extensión de la matriz de diagnóstico, se presenta una sección del documento en el Anexo E con los resultados del diagnóstico de los datos del Caribe, cabe mencionar que este documento se usó como guía rápida de consulta durante toda la pasantía, facilitando la identificación del tema de interés debido al gran volumen de datos e información manejado.

Adicionalmente, a partir del diagnóstico se generaron aportes para la elaboración del script de validación de datos normalizados que hace parte del “Sistema de Administración de Datos Oceanográficos, SIADO”, que actualmente desarrolla el CECOLDO. Los aportes mencionados se encuentran en la sección de recomendaciones del presente trabajo.

8.3. Selección y organización de variables

Dado que evaluar zonas de recambio de aguas de lastre en el Departamento del Magdalena es un tema de interés para Dimar, en este paso se filtraron las variables relacionadas con el caso de estudio identificado, para lo cual fue necesario trabajar con los datos fisicoquímicos recopilados en el área delimitada a 200 millas marinas del Departamento de Magdalena desde la zona costera.

Es importante mencionar que el caso de aplicación se dio básicamente en función de las necesidades institucionales para evaluar una zona de recambio de aguas de lastre en el Caribe Colombiano.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta el diagnóstico efectuado sobre los datos del Caribe Colombiano, se seleccionaron los datos de cruceros oceanográficos del Caribe debido a su distribución geográfica y a la resolución temporal de las mediciones (1969 al 2014), por lo que se cuenta con datos de variables fisicoquímicas requeridas para la investigación y con 15 años de datos (1969, 1972, 1974, 1975, 1981, 1983, 1984, 1992, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2014), correspondientes a 22 cruceros oceanográficos ya que algunos se realizaron más de una vez al año.

El nuevo conjunto de datos contiene los datos tomados de cada año por parámetro medido, es decir para cada parámetro físico-químico (profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, densidad, pH, NO₂, NO₃, NH₄, PO₄, SST, SiO₃, SiO₄, transparencia y turbidez) se agruparon las mediciones en años por cada estación en función de las profundidades, y por otro lado en un catálogo la información temporal (fecha, hora) y geográfica (latitud y longitud).

Para cada uno de los 11 parámetros físico-químicos mencionados anteriormente se preparó una matriz de datos; la primera fila contiene los títulos de la matriz dentro de los que se encuentra el año de la medición con sus correspondientes números o códigos de estación; en la primera columna se incluyeron los años para los cuales se tienen mediciones y en las demás columnas los datos encontrados por parámetro y por cada estación. En la Tabla I se aprecia la estructura de la matriz de datos que componen el nuevo conjunto de datos.

Tabla I. Matriz de datos de las mediciones obtenidas en algunas estaciones del Crucero Oceanográfico Caribe I-1969: (a) profundidades [m] (b) temperatura del agua [°C].

(a)

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	index	E 105	E 107	E108	E109	E116	E117	E118	E119	E120	E121	E122	E123	E124	E125	E126
2	1969	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1969	10	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	1969	20	30	30	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	1969	30	50	50		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6	1969	50	75	75		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
7	1969	75	100	100		75	75	75	75	75	75	75	75		75	75
8	1969	100	0	0		100	150	100	100	100	100	100	100		100	100
9	1969	150				150	200	150	150	150	150	150			150	150
10	1969	200				200	250	200	200	200	200	200			200	200
11	1969	250				250	300	250	250	250	250	250			250	250
12	1969	300				300	400	300	300	300	300	300			300	300
13	1969	0				400			400	400		400			400	400
14	1969	10				500			500	500		500				500
15	1969	20				600				600						600
16	1969	30														
17	1969	50														
18	1969	75														
19	1969	100														

(b)

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	index	E 105	E 107	E108	E109	E116	E117	E118	E119	E120	E121	E122	E123	E124	E125	E126
2	1969	28,90	29,00	28,80	28,70	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	28,50	28,50	29,40	29,50	29,50	29,00
3	1969	28,83	29,00	28,60	28,80	28,78	28,80	29,00	28,91	28,30	28,65	28,60	29,10	29,60	28,80	28,60
4	1969	28,80	28,90	28,50	28,63	28,40	28,70	28,80	28,50	27,50	28,60	28,65	29,10	29,50	28,80	28,60
5	1969	28,75	28,80	28,50		28,15	28,60	27,90	27,73	26,80	28,20	28,70	28,90	29,30	28,70	28,60
6	1969	27,10	28,30	28,30		27,20	28,45	26,80	26,80	26,80	27,00	28,30	28,70	29,10	28,20	28,60
7	1969	25,60	27,30	27,50		25,50	28,45	26,00	25,90	26,30	25,90	27,10			27,20	25,50
8	1969	24,40	25,60	24,75		24,15	28,30	25,00	24,95	25,30	25,10	25,30	25,20		25,20	22,80
9	1969	21,95				21,30	24,10	22,65	21,80	23,25	23,20	21,30			24,55	19,80
10	1969	19,80				18,70	18,80	18,20	20,20	21,00	19,60	17,20			24,10	17,90
11	1969	17,74				16,40	17,00	17,30	18,30	18,85	17,20	15,40			23,50	16,40
12	1969	14,90				14,95	13,30	16,80	16,62	16,70	15,80	13,80			21,00	15,60
13	1969	29,10				12,25			13,32	13,60		11,90			13,10	14,30
14	1969	29,10				10,01			10,40	11,80		9,80				13,00
15	1969	29,00				8,65				9,80						11,65
16	1969	28,80														
17	1969	28,50														
18	1969	26,50														
19	1969	25,00														

Fuente. Autor

A continuación, se identificaron las estaciones con datos ausentes y se eliminaron las estaciones que no contenían información representativa para la zona de estudio, por otro lado se creó un documento que describe brevemente los parámetros medidos con sus respectivas unidades para cada crucero oceanográfico realizado en el Caribe por cada año, tal como se aprecia en la Tabla II

Tabla II. Descripción de parámetros oceanográficos medidos en los Cruceros Oceanográficos del Caribe Colombiano para la zona de estudio.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	TEMA GLOBAL	AÑO	PARAMETROS												
2	1969	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]						
3	1972	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [Dmness]				
4	1974	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]						
5	1975	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [Dmness]	PO ₄ [µg-µL]	NO ₂ [µg-µL]		
6	1975	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [DMNLESS]	PO ₄ [µg-µL]	NO ₂ [µg-µL]		
7	1981	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [m/L]	pH [DMNLESS]				
8	1981	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]						
9	1983	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [m/L]	pH [DMNLESS]	PO ₄ [µg/L]	NO ₂ [µg/L]	NH ₄ [µg/L]	
10	1983	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [DMNLESS]	PO ₄ [µg-µL]	NO ₂ [µg-µL]	NH ₄ [µg-µL]	
11	1984	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]						
12	1984	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [m/L]	pH [Dmness]	PO ₄ [µg-µL]	NO ₂ [µg-µL]	NH ₄ [µg-µL]	
13	1992	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]						
14	CRUCEROS	2004	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad Muestra [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	Oxígeno Disuelto [mg/L]	pH [Dmness]	Ortofosfatos [mg PO ₄ -P/L]	Nitros [mg NO ₂ -N/L]	Amonio [mg NH ₄ -N/L]
15	2006	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]			Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [Dmness]	PO ₄ [mg/L]	NO ₂ [mg/L]	
16	2006	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]			Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [Dmness]	PO ₄ [mg/L]	NO ₂ [mg/L]	NH ₄ [mg/L]
17	2006	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]			Temperatura [°C]	Salinidad [ups]		pH [Dmness]	PO ₄ [mg/L]	NO ₂ [mg/L]	NH ₄ [mg/L]
18	2007	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]					
19	2007	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]					
20	2008	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]					
21	2010	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]	pH [Dmness]	PO ₄ [mg/L]	NO ₂ [mg/L]	NH ₄ [mg/L]	
22	2010	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]	Temperatura [°C]	Salinidad [ups]	OD [mg/L]					
23	2011	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [F]	Profundidad [m]				pH [Dmness]	PO ₄ [mg/L]	NO ₂ [mg/L]	NH ₄ [mg/L]	

Fuente. Autor

8.4. Manejo de datos ausentes

A continuación se completaron datos faltantes en la columna de agua aplicando el método de regresiones múltiples [48] adaptando en tratamiento estadístico recomendado por la UNESCO en el documento “Balance Hídrico superficial de Latinoamérica y El Caribe” [52].

Una vez completados los perfiles de las mediciones del área de estudio, los datos se reorganizaron por año y estaciones y se calculó los valores promedio, máximo, mínimo y medio para representar el comportamiento general de la variable fisicoquímica en cada estación. En total se crearon 16 nuevos conjuntos de datos, cada uno con una matriz de datos por cada año medido por cada parámetro para cada estación.

En la Tabla III se aprecian los datos que fueron completados para el Crucero Oceanográfico Caribe I realizado en 1969, con los valores promedio, máximo, mínimo y medio de la temperatura de la columna de agua para cada estación. La primera fila contiene los títulos de la matriz, dentro de los que se encuentran “Índex” que corresponde al año en el cual se realizaron las mediciones y el número o código de identificación de las estaciones. A partir de la segunda fila se encuentran los datos físico-químicos para cada estación ordenados cronológicamente por año. Al final de la matriz se aprecian los valores promedio, máximo, mínimo y medio según el parámetro medido.

Tabla III. Datos completados para el Crucero Oceanográfico Caribe I 1969.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	index	E 105	E 107	E108	E109	E116	E117	E118	E119	E120	E121	E122	E123	E124	E125	E126
2	1969	28,900	29,000	28,800	28,700	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	28,500	28,500	29,400	29,500	29,500	29,000
3	1969	28,830	29,000	28,600	28,800	28,780	28,800	29,000	28,910	28,300	28,650	28,600	29,100	29,600	28,800	28,600
4	1969	28,800	28,900	28,500	28,630	28,400	28,700	28,800	28,500	27,500	28,600	28,650	29,100	29,500	28,800	28,600
5	1969	28,750	28,800	28,500		28,150	28,600	27,900	27,730	26,800	28,200	28,700	28,900	29,300	28,700	28,600
6	1969	27,100	28,300	28,300		27,200	28,450	26,800	26,800	26,800	27,000	28,300	28,700	29,100	28,200	28,600
7	1969	25,600	27,300	27,500		25,500	28,450	26,000	25,900	26,300	25,900	27,100	27,600		27,200	25,500
8	1969	24,400	25,600	24,750		24,150	28,300	25,000	24,950	25,300	25,100	25,300	25,200		25,200	22,800
9	1969	21,950				21,300	24,100	22,650	21,800	23,250	23,200	21,300			24,550	19,800
10	1969	19,800				18,700	18,800	18,200	20,200	21,000	19,600	17,200			24,100	17,900
11	1969	17,740				16,400	17,000	17,300	18,300	18,950	17,200	15,400			23,500	16,400
12	1969	14,900				14,950	13,300	16,800	16,620	16,700	15,800	13,800			21,000	15,600
13	1969	29,100				12,250			13,320	13,600		11,900			13,100	14,300
14	1969	29,100				10,010			10,400	11,800		9,800				13,000
15	1969	29,000				8,650				9,800						11,650
16	1969	28,800														
17	1969	28,500														
18	1969	28,500														
19	1969	25,000														
20	Promedio	25,709	28,129	27,850	28,710	20,960	24,864	24,314	22,495	21,786	24,341	21,888	28,286	29,400	25,221	21,454
21	Tmax	29,100	29,000	28,800	28,800	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	28,650	28,700	29,400	29,600	29,500	29,000
22	Tmin	14,900	25,600	24,750	28,630	8,650	13,300	16,800	10,400	9,800	15,800	9,800	25,200	29,100	13,100	11,650
23	Tmed	27,800	28,800	28,500	28,700	22,725	28,450	26,000	24,950	24,275	25,900	25,300	28,900	29,500	26,200	21,300

Fuente. Autor

Por último se generó un conjunto de datos que contiene el año de medición, número de estación, latitud, longitud, y los valores promedio, máximo, mínimo y medio por cada parámetro medido. En la Tabla IV se aprecia la matriz de datos procesada para el Crucero Oceanográfico Caribe I realizado en 1969.

Tabla IV. Matriz de datos procesada para el Crucero Oceanográfico Caribe I - 1969.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	AÑO	ESTACIÓN	NORTE	ESTE	Tprom	Tmax	Tmin	Tmed	Sal.prom	Sal.max	Sal.min	Sal.med	Den.prom	Den.max	Den.min	Den.med
2	1969	E 105	11,1300	-75,5600	25,709	29,100	14,900	27,800	35,888	36,820	34,790	36,170	18,506	20,850	11,160	19,915
3	1969	E 107	10,5700	-75,4240	28,129	29,000	25,600	28,800	35,523	36,200	34,880	35,320	20,134	20,720	18,420	20,590
4	1969	E 108	10,4920	-75,3550	27,850	28,800	24,750	28,500	35,903	36,600	35,400	35,800	19,947	20,590	17,850	20,390
5	1969	E 109	10,4200	-75,3100	28,710	28,800	28,630	28,700	35,070	35,390	34,810	35,010	20,527	20,590	20,470	20,520
6	1969	E 116	11,3220	-75,4800	20,960	29,000	8,650	22,725	35,846	36,670	35,020	35,800	15,272	20,720	6,920	16,475
7	1969	E 117	11,3750	-75,3955	24,864	29,000	13,300	28,450	36,052	36,720	34,720	36,300	17,921	20,720	10,080	20,350
8	1969	E 118	11,4320	-75,3100	24,314	29,000	16,800	26,000	35,779	36,650	34,580	36,120	17,547	20,720	12,460	18,690
9	1969	E 119	11,3600	-75,2400	22,495	29,000	10,400	24,950	36,013	36,700	34,430	36,320	16,312	20,720	8,110	17,980
10	1969	E 120	11,2820	-75,1720	21,786	29,000	9,800	24,275	36,004	36,720	33,890	36,260	15,834	20,720	7,700	17,525
11	1969	E 121	11,2050	-75,1040	24,341	28,650	15,800	25,900	35,871	36,750	35,050	35,800	17,565	20,490	11,770	18,620
12	1969	E 122	11,1535	-75,0400	21,888	28,700	9,800	25,300	35,818	36,670	35,130	35,900	15,902	20,520	7,700	18,220
13	1969	E 123	11,1340	-75,5550	28,286	29,400	25,200	28,900	35,091	36,770	31,590	35,310	20,240	20,990	18,150	20,660
14	1969	E 124	11,1300	-74,5040	29,400	29,600	29,100	29,500	33,770	35,650	27,700	35,150	20,996	21,130	20,800	21,060
15	1969	E 125	11,1800	-52,0000	25,221	29,500	13,100	26,200	35,576	38,920	31,390	35,375	18,165	21,060	9,940	18,830
16	1969	E 126	11,2500	-74,5340	21,454	29,000	11,650	21,300	35,837	36,770	34,900	35,655	15,632	20,790	8,960	15,505
17	1969	E 127	11,3750	-74,5500	27,438	29,100	22,150	28,825	35,910	36,810	35,510	35,670	19,675	20,860	16,080	20,605
18	1969	E 128	11,4800	-74,5700	24,279	29,200	14,550	26,150	35,950	36,550	35,420	35,785	17,488	20,790	10,930	18,795
19	1969	E 129	11,5740	-74,5800	28,217	28,500	27,100	28,500	35,377	35,450	35,300	35,385	20,262	20,790	19,440	20,385
20	1969	E 130	11,5440	-74,4635	22,463	29,100	11,900	23,275	36,174	36,870	35,470	36,263	16,288	20,790	9,130	16,845
21	1969	E 131	11,5200	-74,3635	22,642	29,000	8,900	24,650	35,828	36,650	35,020	35,510	16,388	20,720	7,090	17,910
22	1969	E 22	9,5820	-76,0500	27,290	28,580	24,580	28,500	36,281	37,060	35,260	36,440	19,611	20,720	17,730	20,430
23	1969	E 220	9,3450	-77,0620	27,002	29,000	20,900	28,200	35,809	36,630	35,390	35,470	19,372	20,720	15,240	20,180
24	1969	E 221	9,3450	-76,4600	24,542	29,000	13,980	27,775	35,780	36,680	34,540	35,830	17,698	20,720	10,530	19,895
25	1969	E 224	10,2800	-75,5500	20,721	29,000	8,250	22,025	35,817	36,700	34,920	35,670	15,111	20,720	6,650	16,000
26	1969	E 49	8,5935	-77,2150	21,976	29,000	9,250	25,540	35,678	36,410	33,890	35,820	15,962	20,720	7,330	18,380

Fuente. Autor

Cabe mencionar que todo el trabajo anteriormente realizado sobre los datos tuvo como finalidad procesar los datos de cruceros relacionados con el área de estudio de una manera organizada y simplificada sin modificar los datos primarios, sino generando un nuevo conjunto de datos que permitiera obtener una estimación del estado de las variables medidas y su distribución espacial.

8.5. Generación de capas de información

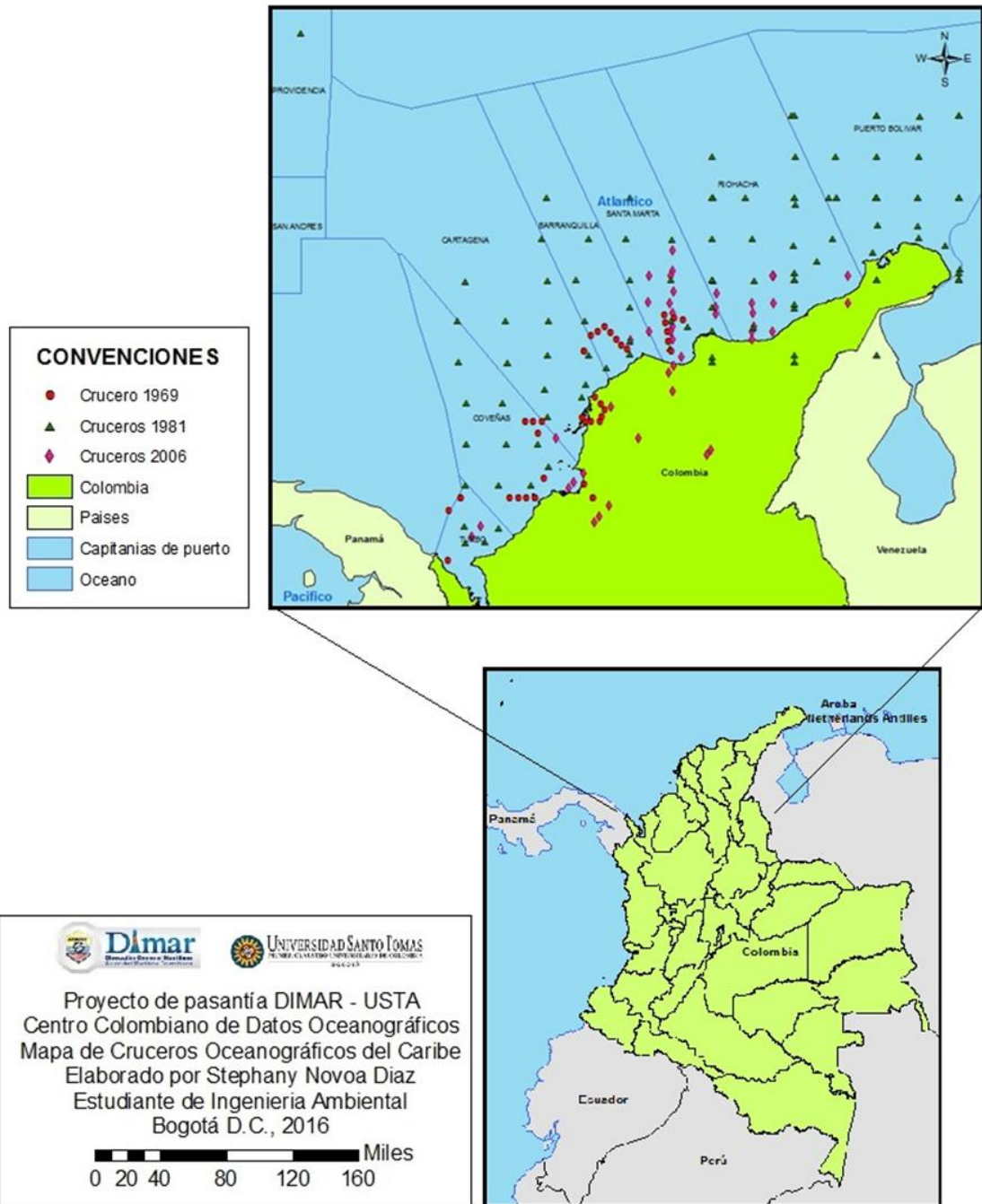
Para la generación de datos geográficos en ArcGIS se realizó el siguiente procedimiento:

- Se creó un libro nuevo el blanco de extensión .mxd por defecto de ArcGIS, en el cual se guardó el mapa con toda la información cargada y generada.
- Se definió el sistema de coordenadas para las capas de información en “Table of Contents, Layers, Data Frame Properties, Geographic Coordinate System” y se definió el sistema de coordenadas según la ubicación espacial de los datos.
- Se cargó la tabla de datos.
- Cada libro de la tabla contiene información de todas las mediciones realizadas anualmente, por lo tanto para cada año se creó una capa de información.

- Sobre el libro cargado en la opción “Display XY Data” se especificó los campos de los ejes X (longitud) y Y (latitud), se verificó el sistema de coordenadas, se aceptó cambios para agregar la capa al mapa.
- Se cargó la capa que permitió visualizar los puntos dibujados sobre el mapa.
- Sobre las capas de datos generadas para cada año se exportó y guardó todas las características en el formato de salida de tipo archivo “Shapefile”, donde se almacena la ubicación de los elementos geográficos y todos sus atributos.
- Se cargaron los shapes de Colombia, Países, Océanos, Capitanías de Puerto y los shapes (1969, 1972, 1974, 1975, 1981, 1983, 1984, 1992, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2014) generados anteriormente para cada crucero oceanográfico.

Una vez cargados los shapes se pudieron visualizar errores en las coordenadas geográficas. En la se aprecian los resultados de las capas de información generadas para los años 1969, 1981 y 2006 para visualizar errores en las coordenadas de las estaciones de muestreo de los cruceros oceanográficos realizados durante dichos años.

Figura 3. Estaciones en tierra identificadas en los cruceros oceanográficos del Caribe Colombiano 1969, 1981 y 2006.



Fuente. Autor

Se corrigieron las coordenadas geográficas en la tabla de datos teniendo como referencia la literatura asociada a cada cruceo, y se cargó nuevamente en ArcGIS, al continuar con los siguientes pasos para facilitar el trabajo con las coordenadas, de modo que las áreas no cambiaran con las interpolaciones y se visualizara con exactitud la distribución geográfica de los muestreos y en cada estación todas las mediciones fisicoquímicas obtenidas para cada año (desde el histórico hasta el reciente), se proyectaron las coordenadas así.

- Se abrió la tabla de atributos y se identificaron errores en la estructura y organización del documento contenedor de los datos.
- Se exportó la tabla de ArcGIS y se guardó como una geodatabase sobre la cual se trabajó.
- Se utilizaron los archivos primarios como referencia y una plantilla en Excel para convertir las coordenadas de grados minutos y segundos a decimales.
- Se generó una nueva matriz de datos en la cual se corrigieron los errores identificados y se generó un nuevo archivo.
- Se cargó la nueva tabla de datos en ArcGIS
- Se proyectó el sistema de coordenadas de geográficas a planas en ArcGIS en ArcToolbox, Data Management Tools, Projections and Transformations, Project, Batch y se introdujo el conjunto de datos de entrada y de salida, se definió el sistema de coordenadas de salida.
- Sobre la tabla de atributos en las columnas de latitud y longitud se empleó la calculadora para actualizar los valores de las celdas de la siguiente manera: en Calculate Geometry se definió las coordenadas (X,Y) del punto y de esta manera se generaron los valores proyectados.

Como resultado de esta etapa generaron 22 tablas de datos correspondientes a los cruceros oceanográficos desarrollados a lo largo de 15 años en el Caribe Colombiano. Cabe anotar que con el proceso de arqueología y recuperación de datos que está desarrollando actualmente el CECOLDO se contará con información sobre otros años históricos y recientes en los cuales se realizaron cruceros oceanográficos en el área de estudio.

Adicionalmente como parte de la pasantía, se efectuó un ejercicio práctico en el que se representó la distribución espacial de los datos químicos obtenidos en cruceros oceanográficos realizados en el Caribe para los años 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2014 y datos químicos de la expedición realizada en la Antártida en el año

2015, que aunque no se encontraban en la zona de estudio, contribuyeron con la definición de la metodología para generar las capas de información. En el Anexo G se aprecian los resultados de este ejercicio.

Para generar las nuevas capas de información corregidas se modificaron las últimas versiones de las 22 tablas de datos obtenidos en la etapa anterior, y se incorporaron los cambios en las coordenadas geográficas y errores identificados en la estructura y organización del documento contenedor de los datos. En la Tabla V se aprecia la estructura final de la tabla de datos, desplegando lo datos del Crucero Oceanográfico de 1981.

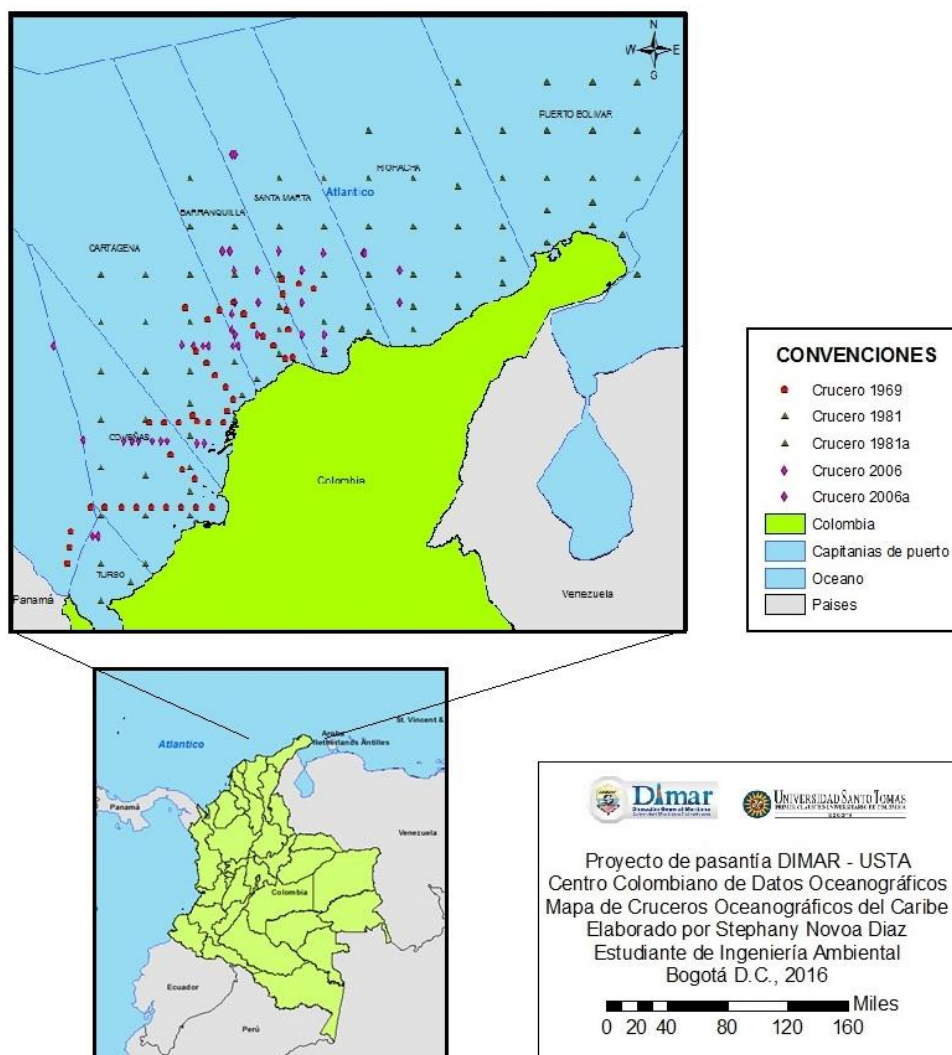
Tabla V. Estructura final de la tabla de datos utilizada para generar las capas de información geográfica.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	AÑO	ESTACIÓN	NORTE	ESTE	Temp_prom	Temp_max	Temp_min	Temp_med	Sal_prom	Sal_max	Sal_min	Sal_med	OD_prom	OD_max	OD_min	OD_med	pH_prom	pH_max
1	1981	21	1708906,442815	789858,726568	18,084	29,220	4,170	19,390	35,683	36,803	33,636	35,544	3,457	4,690	0,000	3,710	8,062	8,34
2	1981	22	1672015,843846	789625,986130	17,403	28,800	4,070	17,890	35,688	36,774	34,869	35,567	3,715	4,610	2,620	3,985	7,974	8,36
3	1981	77	1866675,803061	1316627,597800	25,193	26,090	23,920	25,380	36,638	36,700	36,600	36,625	4,300	4,490	4,030	4,340	8,080	8,17
4	1981	78	1820725,549034	1335297,076813	24,968	26,900	22,790	25,090	36,622	36,800	36,400	36,644	4,340	4,610	4,100	4,325	7,988	8,15
5	1981	74	1930894,304937	1279705,693634	27,395	27,400	27,390	27,395	36,609	36,610	36,608	36,609	4,405	4,430	4,380	4,405	8,140	8,22
6	1981	67	1856602,042910	1226009,641756	25,660	26,200	25,160	25,640	37,074	37,110	37,003	37,092	4,555	5,040	4,320	4,430	8,013	8,20
7	1981	74	1930894,304937	1279705,693634	20,340	26,800	6,640	22,910	37,037	37,610	36,645	37,029	3,357	4,350	2,090	3,490	7,980	8,18
8	1981	75	1903211,553005	1279983,375976	24,387	26,000	22,570	24,650	37,085	37,135	37,010	37,084	4,019	4,470	3,470	4,280	7,887	8,10
9	1981	76	1877374,693607	1280237,757683	24,828	26,000	24,040	24,635	37,067	37,106	37,007	37,077	4,275	4,500	4,040	4,280	8,048	8,15
10	1981	72	2041629,627383	1278541,991350	17,428	28,800	4,320	18,100	35,685	36,769	34,802	35,666	3,738	6,080	2,740	3,400	7,897	8,28
11	1981	73	1986261,088097	1279134,426635	21,682	28,600	6,920	27,380	35,857	36,984	34,798	35,823	3,462	4,570	0,880	4,460	7,798	8,35
12	1981	70	1985747,071547	1224962,447416	20,801	28,800	8,400	20,815	33,596	36,875	3,039	35,760	3,554	4,670	2,520	3,240	7,993	8,25
13	1981	71	2041098,079360	1224485,202303	21,676	28,710	8,320	25,890	35,778	36,782	34,941	35,570	3,846	4,590	2,760	4,170	7,861	8,20
14	1981	71A	2040378,019620	1116413,581408	19,832	27,100	8,110	23,280	36,181	36,819	34,994	36,448	3,895	4,690	2,900	3,770	7,814	8,15
15	1981	62	1985050,763150	1116660,919599	14,589	27,300	4,030	14,330	35,841	36,848	34,790	35,906	3,846	5,250	1,820	4,120	7,862	8,22
16	1981	62A	1985343,678365	1170805,846938	19,893	27,900	8,110	23,280	35,835	36,710	34,833	36,353	3,844	5,000	2,620	4,240	7,855	8,20
17	1981	63	1930008,464957	1171155,129005	28,200	28,200	28,200	28,200	35,827	35,827	35,827	35,827	5,060	5,060	5,060	5,060	7,810	7,81
18	1981	68	1893499,609010	1225719,942197	18,570	28,000	4,370	22,160	36,176	36,658	34,922	36,303	3,682	4,380	2,610	3,790	7,944	8,20
19	1981	69	1930397,976091	1225422,638778	18,570	28,000	4,370	22,160	36,210	36,858	34,900	36,204	3,859	4,590	2,650	3,880	8,038	9,06
20	1981	63	1930008,464957	1171155,129005	12,174	21,380	4,320	11,685	35,689	36,779	34,814	35,456	3,374	4,460	2,570	3,250	7,933	8,16
21	1981	64	1874675,216268	1171491,441355	22,380	28,460	9,590	24,390	36,125	36,824	35,018	36,092	3,713	4,320	2,630	3,800	7,898	8,20
22	1981	63	1930008,464957	1171155,129005	24,800	26,390	23,010	24,900	36,758	36,988	36,612	36,715	4,073	4,470	3,370	4,225	8,063	8,27
23	1981	64	1874675,216268	1171491,441355	22,380	28,460	9,590	24,390	36,125	36,824	35,018	36,092	3,713	4,320	2,630	3,800	7,898	8,20
24	1981	63	1930008,464957	1171155,129005	24,800	26,390	23,010	24,900	36,758	36,988	36,612	36,715	4,073	4,470	3,370	4,225	8,063	8,27

Fuente. Autor

Para la generación de las nuevas capas de información en ArcGIS se realizó de la misma manera que en los pasos anteriores, y como resultado se obtuvieron 22 capas de información para cada uno de años y cruceros en que se muestreó en el Caribe Colombiano. En la Figura 4 se ilustran los cruceros oceanográficos del Caribe Colombiano desarrollados en los años 1969, 1981 y 2006 luego de realizar las correcciones sobre la tabla de datos

Figura 4. Distribución geográfica de los cruceros oceanográficos realizados en los años 1969, 1981 y 2006 en el Caribe Colombiano.

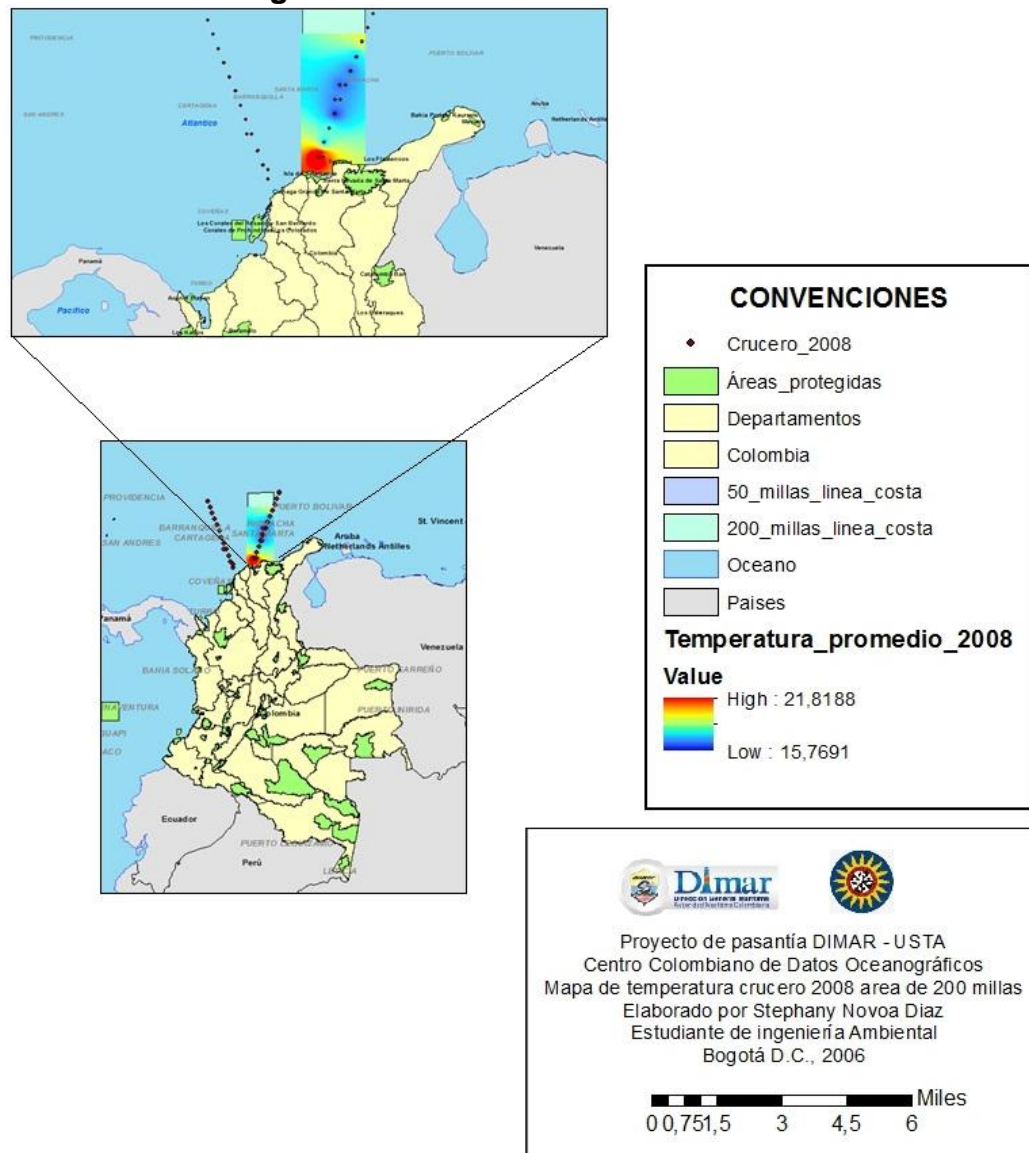


Fuente. Autor

Para finalizar, se realizó un código en el lenguaje de programación Python que genera interpolaciones por el método de validación cruzada. Este código permitió correr el modelo con la última tabla de datos corregida con los valores promedio, máximo, mínimo y medio de cada parámetro fisicoquímico medidos en 22 cruceros oceanográficos realizados en el Caribe Colombiano. Como resultado se obtuvieron 420 interpolaciones y 420 histogramas que indicaron el error de estimación de cada variable interpolada.

En la Figura 5 se presenta la incorporación de una de las capas de las interpolaciones generadas en Python de formato .TIF, con del mapa creado de los cruceros oceanográficos realizados en el caribe, dentro del área de las 200 millas de la zona de estudio

Figura 5. Interpolación de los valores de temperatura del agua del crucero oceanográfico 2008 dentro del área de estudio.

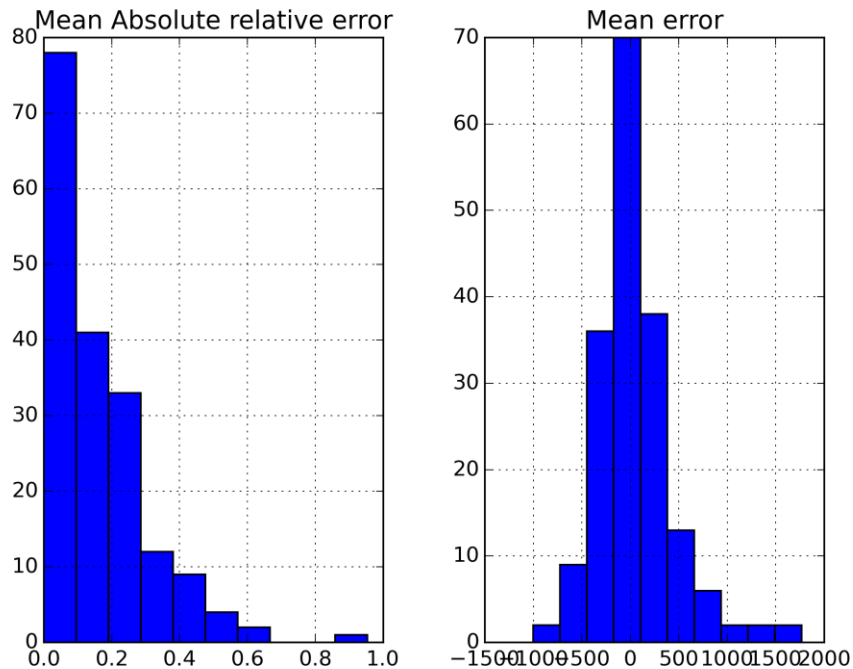


Fuente. Autor.

Por otro lado, en la Figura 6 se aprecia uno de los histogramas que indican el error de estimación de la variable de temperatura de la columna de agua interpolada,

generado con la metodología Jackknife. Cada gráfico indica en el eje X el valor del error, en el eje Y el número de datos; el valor de incertidumbre en ambos representan la tendencia de la variable numérica que crece de manera significativa en cero, es decir que se generó una buena interpolación.

Figura 6. Histograma de errores estimados en la interpolación de la temperatura máxima en el crucero oceanográfico de 2008.



Fuente. Autor

8.6. Manejo de SIG para filtrado de capas y caracterización en la zona de estudio

Para la zona de estudio se filtraron las capas e interpolaciones de los cruceros que habían recopilado información en el área de interés y se recortaron con la capa del polígono de las 200 millas marinas en ArcGIS.

El área influencia que se estudió para el recambio de aguas de lastre está comprendida desde la parte costera del departamento del Magdalena hasta las 50 y 200 millas marinas al norte del mar Caribe, la designación del área se realizó así según lo definido en la Monografía GloBallast – Serie No. 21.

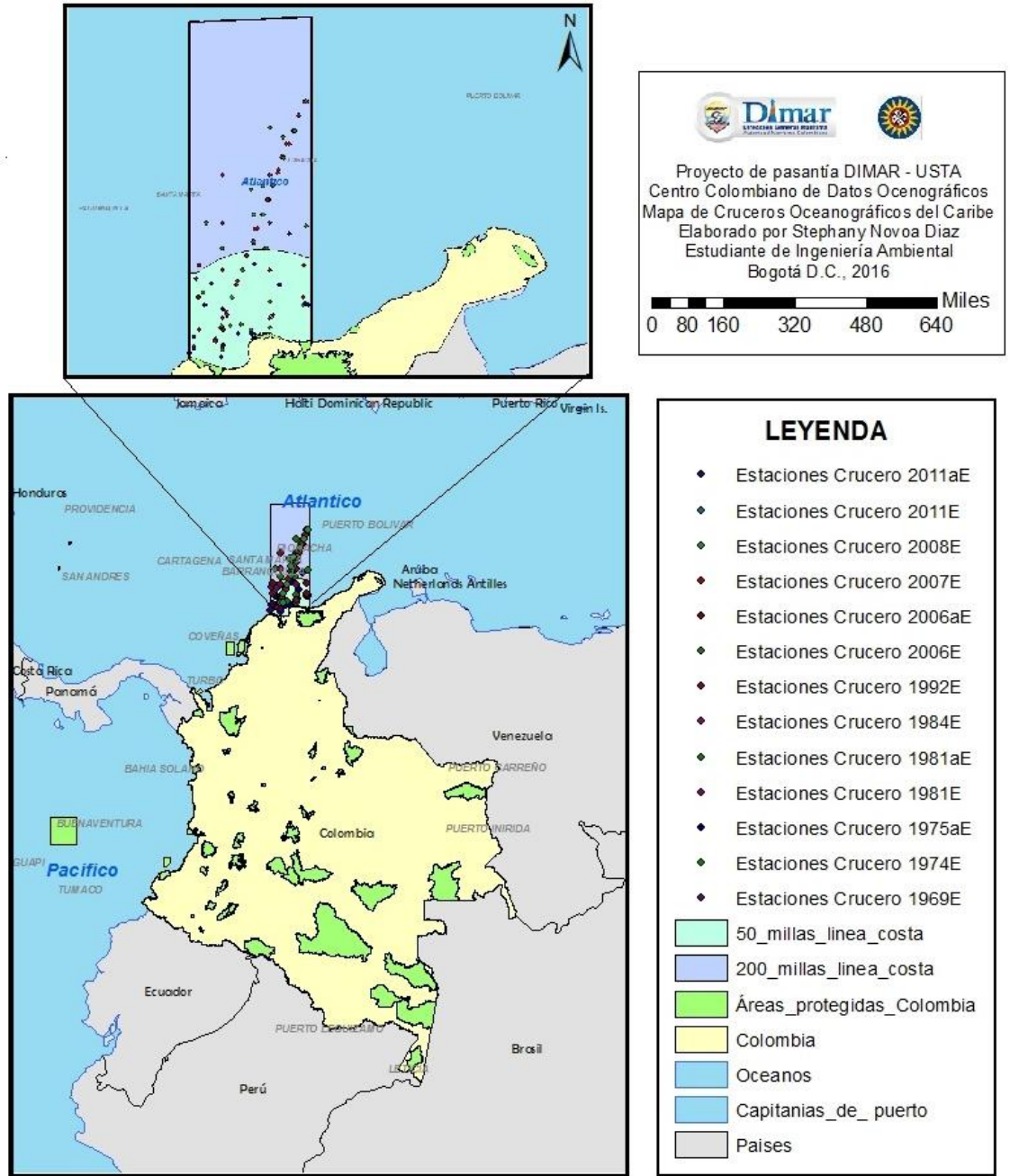
- El envolvente geográfico para las 50 millas comprende los 12,221558 límite superior (Norte), 10,975220 límite inferior (Sur), -73,572510 límite derecho (Este), -74,849731 límite izquierdo (Oeste)
- El envolvente geográfico para las 200 millas comprende los 14,666630 límite superior (Norte), 10,975270 límite inferior (Sur), -73,566396 límite derecho (Este), -74,849093 límite izquierdo (Oeste).

Según la priorización de variables definidas en el “informe final de aguas de lastre realizado en 2015 por el CCCP” [54], los criterios fisicoquímicos son variables fundamentales para la definición de la zona de cambio de aguas de lastre, para esto se filtró y recortaron las capas generadas en la etapa anterior del proyecto con datos e interpolaciones obtenidas de los cruceros oceanográficos de la siguiente manera:

- Se seleccionaron los Shapes de los cruceros que interceptaban el polígono creado para las 200 millas en base a la información geográfica y se extrajo los datos que se cruzaban mediante un recorte en ArcGIS, para esto como ya se habían generado los Shapes de todos los cruceros oceanográficos del caribe se cargaron en ArcGIS junto con la línea de 50 y 200 millas y se revisó cada crucero que pasaba por la zona, como resultado se obtuvo que se tenía información de los años 1969, 1974, 1975, 1981, 1984, 1992, 2006, 2007, 2008 y 2011.
- Para generar las nuevas capas de información del área de interés se realizó un recorte para cada año identificado utilizando la herramienta batch donde se introdujo los 22 Shapes de entrada y como entidad de salida se recortó con el polígono de las 200 millas utilizando ArcToolbox, Analysis Tools, Extract, Clip y Batch, resultando únicamente las capas que coincidían con el área del polígono.

Como resultado de los pasos anteriores, se obtuvo un mapa con la distribución geográfica del área de estudio, dentro de la cual se encontraron estaciones de cruceros oceanográficos de los años (1969, 1974, 1975, 1981, 1984, 1992, 2006, 2007, 2008 y 2011) (Figura 7)

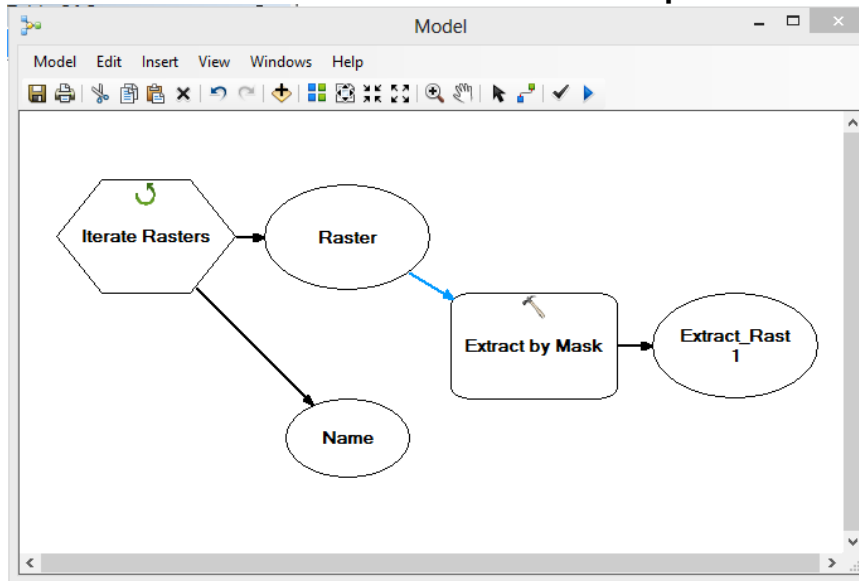
Figura 7. Estaciones de cruceros oceanográficos del Caribe dentro de la zona de estudio.



Fuente. Autor

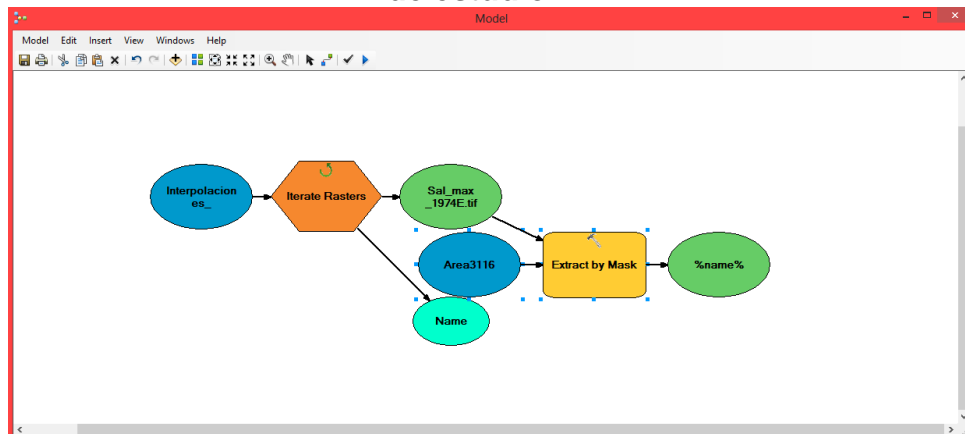
Al tratarse de una gran cantidad de capas, para el recorte de las interpolaciones en ArcGIS se realizó un modelo en la herramienta ModelBuilder (Figura 8) que permitió crear un flujo de trabajo (Figura 9).

Figura 8. Estructura del modelo creado en ArcGIS para el caso de estudio.




Fuente. Autor

Figura 9. Flujo de trabajo creado en la herramienta ModelBuilder para el caso de estudio.



Fuente. Autor

El modelo y el flujo de trabajo se crearon así:

- Al dar clic sobre el icono de la herramienta ModelBuilder , se desplegó una ventana denominada “model”, y en esta se realizaron los siguientes pasos:
 - Insert, iterators, raster (para el flujo de entrada)

- En la herramienta de búsqueda search se buscó clip raster y se arrastró la opción extract by mask (spatial analyst) al diagrama (para el flujo de salida)
- Sobre la ventana model, se usó el icono connect para conectar el flujo de entrada y de salida.
- Luego sobre el diagrama en iterate rasters se agregó el flujo de entrada correspondiente a las interpolaciones dando clic derecho, open y en la ventana emergente se seleccionó la carpeta de entrada que contiene las interpolaciones, luego sobre extract by mask se agregó el flujo de correspondiente al recorte dando clic derecho, open y en la ventana emergente se seleccionó la capa del polígono de las 200 millas, las interpolaciones de entrada y el nombre de las capas de salida.
- Para correr el modelo en la ventana del modelo, se dio clic en opción model y la opción run.
- Como resultado se obtuvo el recorte de 224 interpolaciones correspondientes a los valores máximo, mínimo, medio y promedio de cada parámetro medido en los 13 cruceros en los cuales se tomaron mediciones dentro del área de estudio.

8.7. Análisis de variables de la zona de estudio

A manera de ejemplo se seleccionó aleatoriamente un año de cada década en la cual se recopilaban datos fisicoquímicos en cruceros oceanográficos realizados en el Caribe y se describieron los valores de las variables priorizadas según lo definido en la metodología para el deslastre de aguas, para cada estación que intercepta con el polígono creado en el área de influencia del proyecto desde la zona costera hasta las 200 millas marinas del Departamento de Magdalena Colombia.

Para comparar los valores se tuvo en cuenta bibliografía que define los rangos de concentración de nutrientes medidos en la ensenada de Gaira, bahía de Santa Marta y Bahía Chengue en el departamento de Magdalena y la concentración media de parámetros fisicoquímicos en la ensenada de Gaira propuestos por los autores en las tablas 7 y 8; en esta bibliografía se establecen rangos de concentración de las variables en unidades de $[\mu\text{g/L}]$ y $[\mu\text{M}]$.

En el primer caso se comparó con la zona de coral en bahía de Chengue año 2003 por tratarse de parámetros medidos en un periodo climático anual, por las buenas condiciones del medio y por la estabilidad de los parámetros en el tiempo; por otro

lado se comparó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH) recopilados en cruceros con la información obtenida en la ensenada de Gaira (Tabla VI, y Tabla VIII) entre julio y septiembre de 2006 y lo descrito por Franco Andrés, 2005 [53], quien compara diferentes autores y sectores del Departamento de Magdalena para verificar si hay similitud en los tres escenarios a pesar de la distribución geográfica de los puntos.

Tabla VI. Rangos de concentración de nutrientes ($\mu\text{g at l}^{-1}$) en las capas superficiales de la ensenada de Gaira y otros sectores del departamento de Magdalena.

LUGAR	FUENTE	PERIODO CLIMÁTICO	AMONIO	NITRITOS	SILICATOS	ORTOFOSFATOS
Ensenada de Gaira	Serna y Vallejo (1996)	Lluvia	0.17-2.00	0.07-0.87	n.d.	0.16-2.34
	Londoño (1995)	Lluvia	0.02-2.3	0.01-1.25	n.d.	n.d.
	Tigeros et ál. (1999)	Seca	0.10-0.71	0.01-1.49	0.70-7.05	0.01-1.92
	Barragán et ál. (2003)	Lluvia	<0.01-4.78	0.01-0.71	n.d.	0.01-2.44
	Campos et ál. (2004)	Seca	<0.01-7.84	<0.01-5.63	n.d.	<0.01-0.92
Bahía de Santa Marta	Ramírez (1983)	Anual		0.02-0.09	0.16-60.1	0.03-0.35
Bahía de Chengue (zona de coral)	Rodríguez - Ramírez y Garzón-Ferreira (2003)	Anual	< 0.1-8.41	0.0-0.71	<0.1-39.4	<0.03-0.54

Fuente. [53]

Tabla VII. Rangos de concentración de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua de la ensenada de Gaira y otros sectores del departamento de Magdalena.

LUGAR	FUENTE	PERIODO CLIMÁTICO	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD (UPS)	OXÍGENO DOSUELTO (mgO ₂ /l)
Bahía de Santa Marta	Ramírez (1983)	Anual	21-29	31-38	4.56
Ensenada de Gaira	Franco (2001), Tigraros (2001), Barragán et ál. (2003), Campos et ál. (2004)	Seca	23-26	35-38	
		Lluvia	27-28	30-35	

Fuente. [53]

Tabla VIII. Variables fisicoquímicas y concentración media de nutrientes inorgánicos, medidas durante los cuatro muestreos efectuados siguiendo el método Eureliano, entre julio y septiembre de 2006, frente a la ensenada de Gaira, Caribe Colombiano (n = 48). P = Promedio, S = Desviación estándar, C.V. = coeficiente de variación.

PARÁMETRO	M-I	M-II	M-III	M-IV	P ± S	C.V. (%)
Fisicoquímicos						
Temperatura (°C)	25.6±0.4	28.1±0.7	26.7±1.3	28.3±0.5	27.1±1.4	5.0
Salinidad	36.0±0.4	35.4±0.3	36.1±0.7	37.3±0.7	36.2±0.9	2.4
Densidad (σ _t)	23.9±0.3	22.7±0.4	23.4±0.5	24.1±0.50	23.3±0.7	3.1
Oxígeno disuelto (mL/L)	4.24±0.19	4.33±0.22	3.84±0.22	4.13±0.10	4.13±0.26	6.31
Saturación de oxígeno (%)	87.3±4.0	93.4±5.4	81.2±6.5	91.1±2.3	88.2±6.6	7.4
pH	7.9±0.1	8.1±0.02	7.9±0.1	8.0±0.03	7.9±0.12	1.47
Nutrientes						
Nitritos (µM)	0.36±0.02	0.35±0.02	0.35±0.00		0.35±0.02	4.64
Nitratos (µM)	9.34±0.63	8.84±0.65	9.62±0.28	9.46±0.35	9.32±0.56	5.99
Amonio (µM)	0.30±0.27	1.12±1.03	1.82±1.29		1.08±1.11	102.92
Fosfatos (µM)	0.30±0.01	0.29±0.00	0.29±0.00	0.29±0.00	0.29±0.01	2.12

Fuente. [55]

Para comparar los valores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y nutrientes fue necesario ajustar las unidades de medición de los cruceros oceanográficos con las mismas encontradas en el estudio de la ensenada de Gaira; y realizar las respectivas comparaciones entre parámetros en referencia al periodo climático que abarcó (Tabla X y Tabla XI).

- Para convertir de miligramos a microgramos:
1mg → 1000 µg
- Para convertir miligramos por litro a molaridad se utiliza la siguiente fórmula:
Molaridad = (mg/L) / (peso molecular del soluto) x 1.000.

Tabla IX. Pesos moleculares de referencia para la conversión de unidades de datos de nutrientes.

Pesos Moleculares	
NO ₂	46 g/mol
NO ₃	62 g/mol
NH ₄	18 g/mol
PO ₄	94 g/mol

Fuente. Autor

Tabla X. Valores máximo y mínimo promedio de oxígeno disuelto [mg/L] y pH [Dmnless] obtenido de las interpolaciones.

Valor máximo Promedio	
OD [mg/L]	pH [Dmnless]
6,97	8,62
Valor mínimo Promedio	
OD [mg/L]	pH [Dmnless]
3,14	8,51

Fuente. Autor

Tabla XII. Conversión de unidades de los valores máximos y mínimos promedio interpolados de nutrientes.

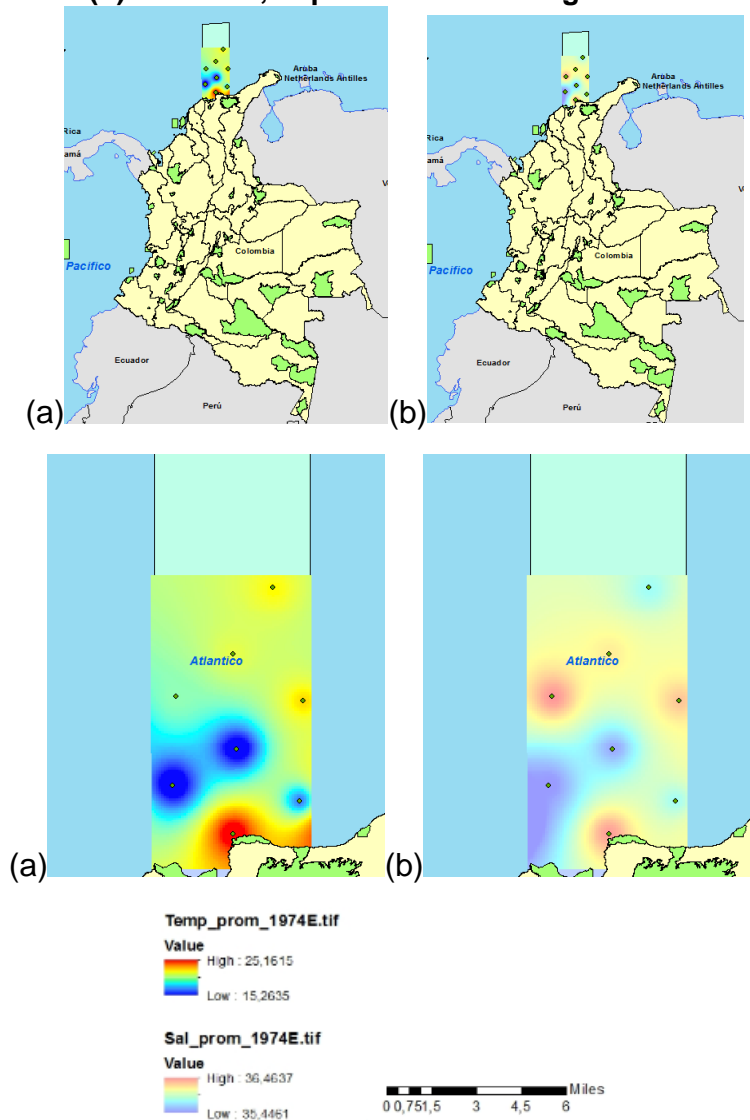
Valor Máximo Promedio			
NO ₂ [mg/L]	NO ₃ [mg/L]	NH ₄ [mg/L]	PO ₄ [mg/L]
0,0021	0,019	0,0038	0,0027
NO ₂ [µg/L]	NO ₃ [µg/L]	NH ₄ [µg/L]	PO ₄ [µg/L]
2,1	19	3,8	2,7
NO ₂ [µM]	NO ₃ [µM]	NH ₄ [µM]	PO ₄ [µM]
0,0457	0,3065	0,2111	0,0287
Valor Mínimo Promedio			
NO ₂ [mg/L]	NO ₃ [mg/L]	NH ₄ [mg/L]	PO ₄ [mg/L]
0,0005	0,003	0,0009	0,0009
NO ₂ [µg/L]	NO ₃ [µg/L]	NH ₄ [µg/L]	PO ₄ [µg/L]
0,5	3	0,9	0,9
NO ₂ [µM]	NO ₃ [µM]	NH ₄ [µM]	PO ₄ [µM]
0,0109	0,0484	0,05	0,0096

Fuente. Autor

8.7.1. Datos del crucero oceanográfico de 1974

Dentro del área de estudio, en el año 1974 se obtuvieron mediciones en los meses de Abril y Mayo de los parámetros temperatura [°C] y salinidad [UPS], la temperatura tiene un valor máximo promedio de 25.16 en la zona costera del departamento y mínimo promedio de 15.26 a una distancia aproximada de 45 millas marinas y aumentando desde este punto hasta las 90 millas aproximadamente, si lo comparamos con la tabla [2] la temperatura tiende a cambiar a 27.1 +/- 1.4 para el periodo comprendido entre Junio y Septiembre y luego de 29 años queda en evidencia que no presenta variabilidad (Figura 10a), por otro lado la salinidad tiene un comportamiento similar a la temperatura en función de la tendencia de los máximos y mínimos en las estaciones, el valor máximo y mínimo promedio de salinidad oscila entre los 36.46 y los 35.44 respectivamente, con los registros más bajos en los puntos ubicados alrededor de las 45 millas marinas, al comparar con la tabla [2] donde la concentración media de salinidad se encuentra en un rango de 36.2 +/- 0.9 es evidente que las variables presentan un comportamiento similar a través del tiempo (Figura 10b).

Figura 10. Interpolaciones de los parámetros temperatura [°C] (a) y salinidad [UPS] (b) año 1974, departamento de Magdalena.



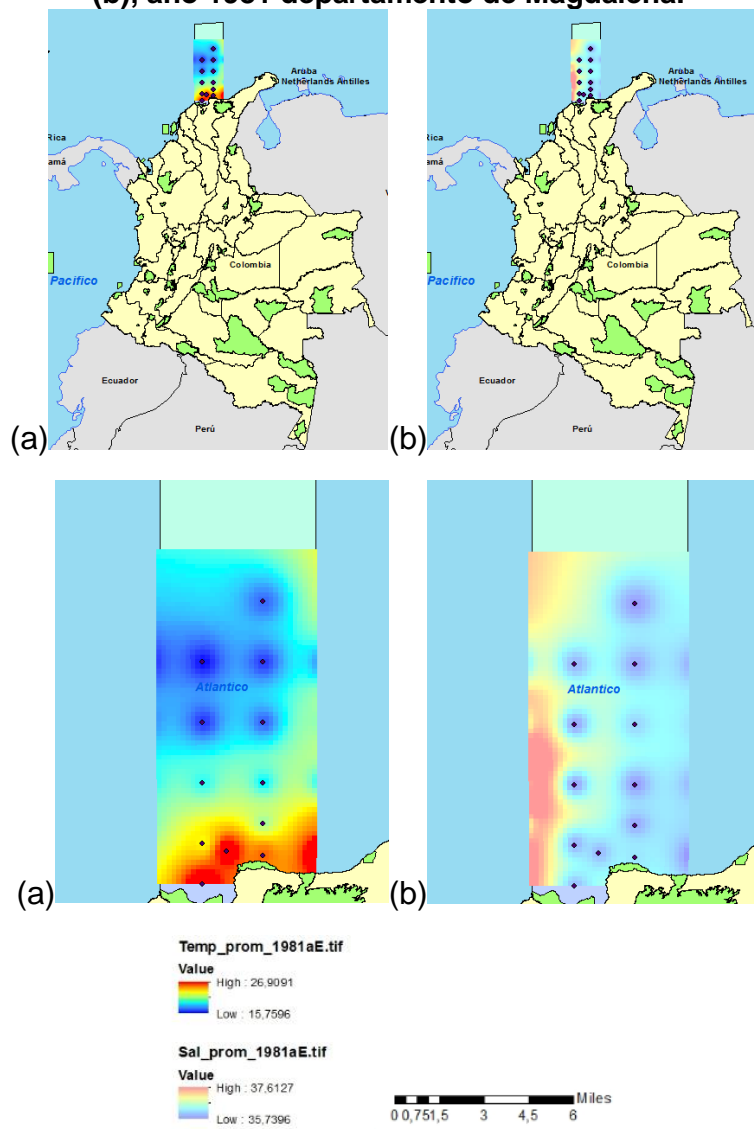
Fuente. Autor

8.7.2. Datos del crucero oceanográfico de 1981

Dentro del área de estudio en el año 1981 se obtuvieron mediciones en los meses de Agosto y Septiembre de los parámetros temperatura [°C] y salinidad [UPS], la temperatura tiene un valor máximo promedio de 26.90 en la zona costera del departamento y mínimo promedio de 15.75 a una distancia comprendida aproximadamente entre las 60 y 150 millas marinas, si lo comparamos con la tabla [2] la temperatura tiende a cambiar a 27.1 +/- 1.4 para el periodo comprendido entre

Junio y Septiembre lo que indica que en el mismo periodo y desde la fecha la temperatura tiende a ser similar (Figura 11a), por otro lado la salinidad tiene un valor máximo y mínimo promedio que oscila entre los 37.61 y los 35.73 respectivamente, los registros tienden a ser bajos en relación a los valores mencionados anteriormente en los puntos en ubicados desde la zona costera hasta las 150 millas marinas aproximadamente, al comparar con la tabla [2] donde la concentración media de salinidad se encuentra en un rango de 36.2 +/- 0.9 se evidencio que la variable no ha cambiado de manera significativa en el tiempo (Figura 11b).

Figura 11. Interpolaciones de los parámetros temperatura [°C] (a) y salinidad [UPS] (b), año 1981 departamento de Magdalena.

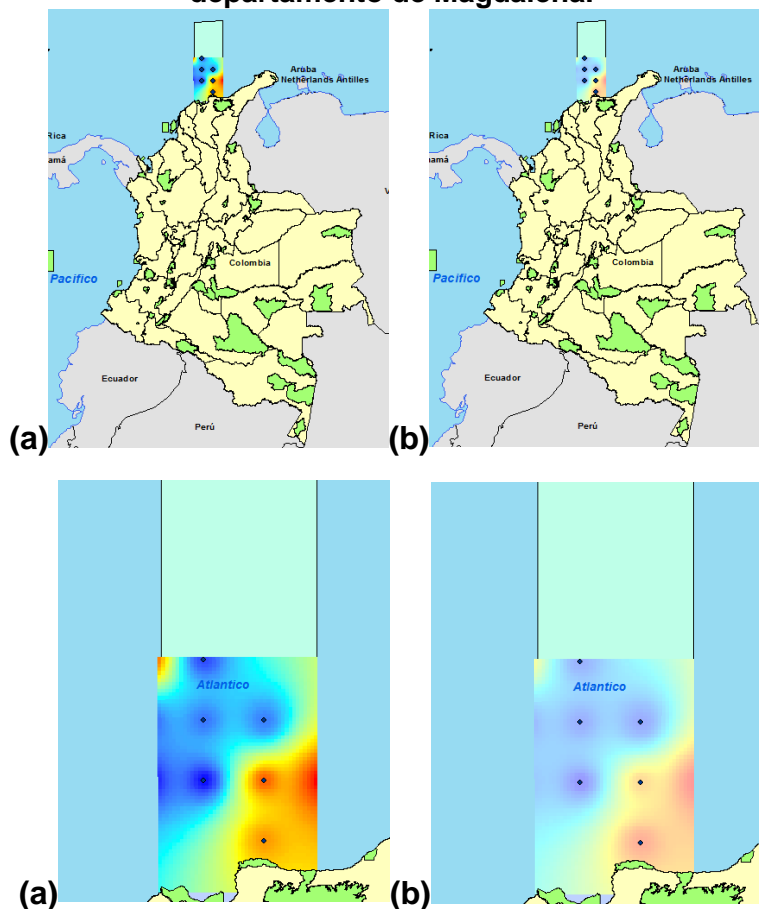


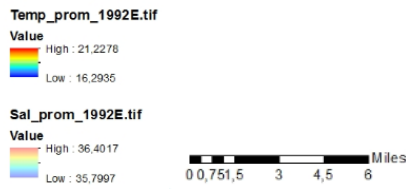
Fuente. Autor

8.7.3. Datos del crucero oceanográfico de 1992

Dentro del área de estudio en el año 1992 se obtuvieron mediciones en el mes de Abril de los parámetros temperatura [°C] y salinidad [UPS], la temperatura tiene un valor máximo promedio de 21.22 en la parte costera que abarca el Parque Nacional Natural Tayrona a la Sierra Nevada de Santa Marta hasta las 50 millas marinas y un valor mínimo promedio de 16.29 alrededor de la Isla de Salamanca hasta las 110 millas marinas aproximadamente (Figura 12a), por otro lado la salinidad presenta un comportamiento similar a la temperatura en función de la tendencia de los valores máximos y mínimos en las estaciones, para la salinidad el valor máximo y mínimo promedio oscila entre los 36.40 y los 35.79 respectivamente (Figura 12b). Para estos puntos no es posible comparar con la información de la tabla por la distancia que hay entre los puntos, sin embargo se puede ver la tendencia de la variable a través de los años 1974, 1981 y 1992 con una disminución en el valor de la temperatura y salinidad asociado al periodo climático y el área en que se encuentran distribuidas de las estaciones.

Figura 12. Interpolaciones de temperatura [°C] (a) y salinidad [UPS] (b) año 1992, departamento de Magdalena.





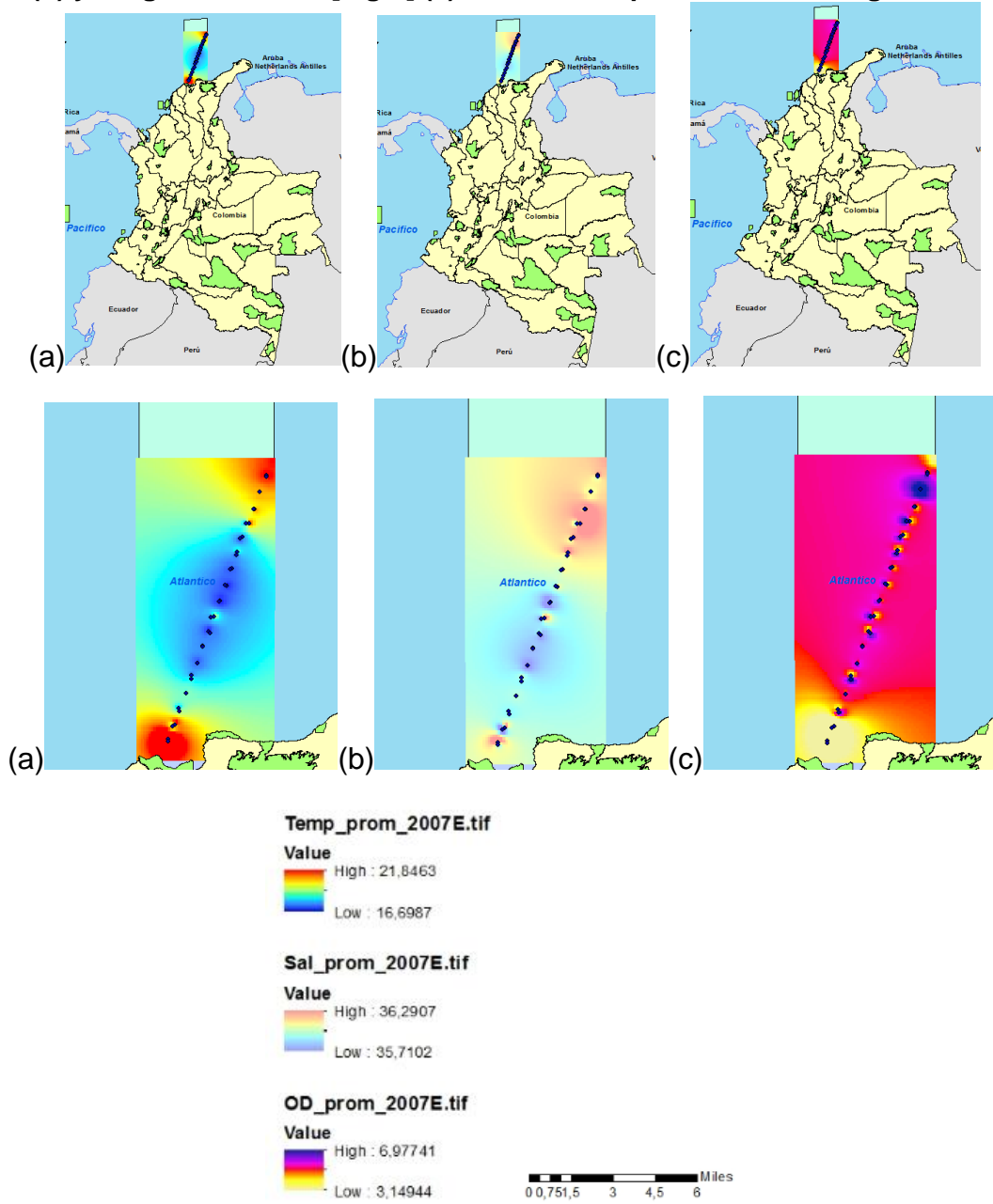
Fuente. Autor

8.7.4. Datos del crucero oceanográfico de 2007

Dentro del área de estudio en el año 2007 se obtuvieron mediciones en el mes de Abril de los parámetros temperatura [°C], salinidad [UPS] y Oxígeno Disuelto [mg/L], la temperatura tiene un valor máximo promedio de 21.84 y mínimo promedio de 16.69, el valor máximo se presenta en las estaciones más cercanas a la costa y en las ubicadas en los extremos a 147 millas marinas aproximadamente, los valores mínimos promedio se encuentran en las estaciones que se encuentran a 25 millas marinas hasta las 107 millas marinas partiendo desde la zona costera del departamento (PNN Tayrona), estos valores son consecuentes con la época climática, el área geográfica que representan y el comportamiento histórico de la variable si la comparamos con el año 1992 (Figura 13a).

Por otro lado la salinidad tiene un comportamiento similar a la temperatura en función de la tendencia de los datos máximos y mínimos en las estaciones con un valor máximo y mínimo promedio que oscila entre los 36.29 y los 35.71 respectivamente, por esto se evidencia que el comportamiento histórico de la variable tiende a ser el mismo que quince años antes (Figura 13b) y finalmente el oxígeno disuelto registra un valor máximo promedio de 6.97 y un valor mínimo promedio de 3.14, los valores referentes más bajos se encuentran en las estaciones más cercanas a la costa aumentando significativamente a partir de las 45 hasta las 165 millas marinas aproximadamente, según la tendencia de los datos evidenciado en las interpolaciones los valores registrados son consecuentes con el promedio anual registrado en la bahía de santa Marta tomando como referencia el valor de 4.56 [mg/l] mencionado por “Franco Herrera, 2005” en [53] por tratarse de una zona costera susceptible a intervenciones y donde la disponibilidad de oxígeno es menor a diferencia de los puntos ubicados aguas adentro que representan mayor oxígeno disuelto en el agua (Figura 13c).

Figura 13. Interpolaciones de los parámetros temperatura [°C] (a), salinidad [UPS] (b) y Oxígeno Disuelto [mg/L] (c) año 2007, departamento de Magdalena.



Fuente. Autor

8.7.5. Datos del crucero oceanográfico de 2011

Dentro del área de estudio en el año 2011 se obtuvieron mediciones en el mes de Septiembre de los parámetros salinidad [UPS], NO₂ [mg/L], NO₃ [mg/L], NH₄ [mg/L],

PO₄ [mg/L] y pH [Dmnless] en la parte costera sobre la Isla de Salamanca, la salinidad tiene un valor máximo promedio de 35.03 y un valor mínimo promedio de 29.30, comparado los datos con las interpolaciones de años anteriores se evidencia una tendencia normal en los puntos de medición con respecto al comportamiento histórico de la variable, la ubicación geográfica abarcada y la época climática del año (Figura 14a).

La concentración de nutrientes está condicionada por la acción conjunta de eventos físicos, químicos, geológicos y biológicos [53] y entre otros también por su posicionamiento geográfico, sin embargo al comparar los datos obtenidos sobre la isla de Salamanca con los datos de bahía de Chengue zona de coral que se consideran datos de buena calidad por la zona en que fueron obtenidos, los resultados son los siguientes:

El NO₂ oscila entre un máximo y mínimo promedio de 0.0021 a 0.0005 [mg/L] equivalente a 2,1 a 0,5 [µg/L] encontrándose por dentro del rango de datos para la zona de coral según la tabla [53] donde los nitritos se varían en un rango de 0.0 - 0.71 [µg/L] y sobrepasándose únicamente por el dato de una estación de muestreo como se visualiza en la interpolación pero donde el comportamiento general de la variable se encuentra dentro lo normal en la zona de coral (Figura 14b).

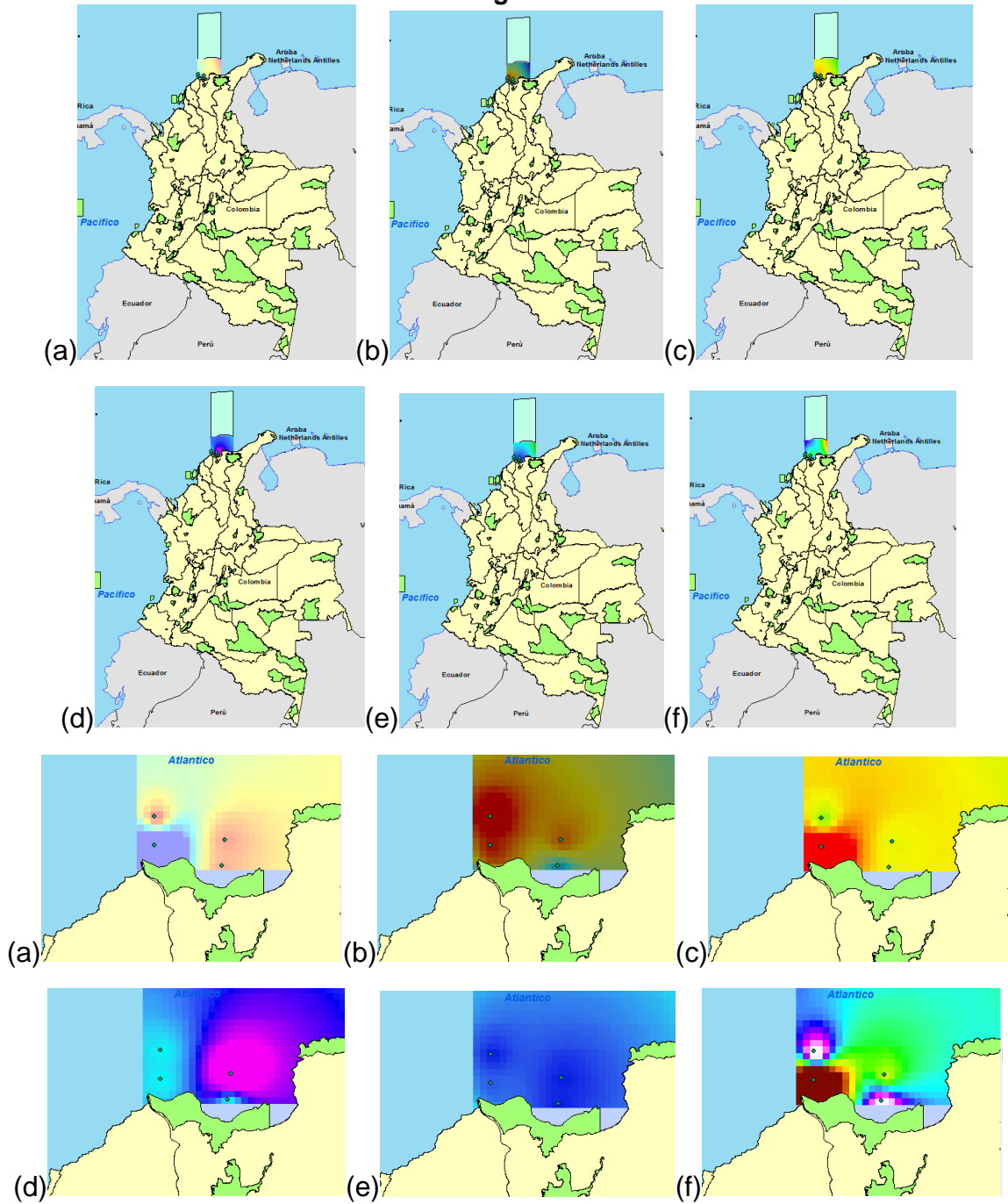
El NO₃ oscila entre un máximo y mínimo promedio de 0.019 a 0.003 [mg/L] equivalente a 19 a 3 [µg/L] y 0,3065 a 0,0484 [µM] pero no es posible compararlo con otros datos del mismo parámetro por ausencia de información de calidad o de la misma área geográfica que permita contrarrestar los resultados (Figura 14c).

El NH₄ oscila entre un máximo y mínimo promedio de 0.0038 y 0.0009 [mg/L] equivalente a 3,8 a 0,9 [µg/L] encontrándose por dentro del rango de datos obtenidos en la zona de coral según la tabla [53] donde el amonio está representado en un intervalo de 0.1 - 8.41 [µg/L] y es un buen indicador de la calidad del parámetro y las aguas donde se encuentra (Figura 14d).

El PO₄ oscila entre un máximo y mínimo promedio de 0.0027 y 0.0009 [mg/L] equivalente a 2,7 a 0,9 [µg/L] encontrándose muy por encima del rango propuesto para la zona de coral según la tabla [53] donde los fosfatos se encuentran en un intervalo de <0.03 - 0.54 [µg/L] (Figura 14e).

Finalmente el pH oscila en un valor máximo y mínimo promedio de 8.62 y 8.51 en el año 2011 representando un registro alto en comparación con lo expuesto en la tabla [55] que indica un valor 7.9 +/- 0.12 al año 2005 aunque sin embargo este dato no puede tomarse como verdadero sino como referencia al no corresponder al punto exacto en que se tomó el pH y la influencia de otros factores externos (Figura 14f).

Figura 14. Interpolaciones de los parámetros salinidad [UPS] (a), NO₂ [mg/L] (b), NO₃ [mg/L] (c), NH₄ [mg/L] (d), PO₄ [mg/L] (e) y pH [Dmnless] (f), año 2011 departamento de Magdalena.





Fuente. Autor

8.7.6. Aplicación del ICAM

Por otro lado se relacionaron los valores promedio de las variables con el índice de calidad ambiental marina - ICAM realizado por el Invermar, ya que éste integran diferentes variables para determinar la calidad del agua a través de una herramienta de información que permite evaluar y cuantificar el estado del agua de mar en función del uso para la preservación de flora y fauna según los niveles de concentración de los parámetros en el medio marino.

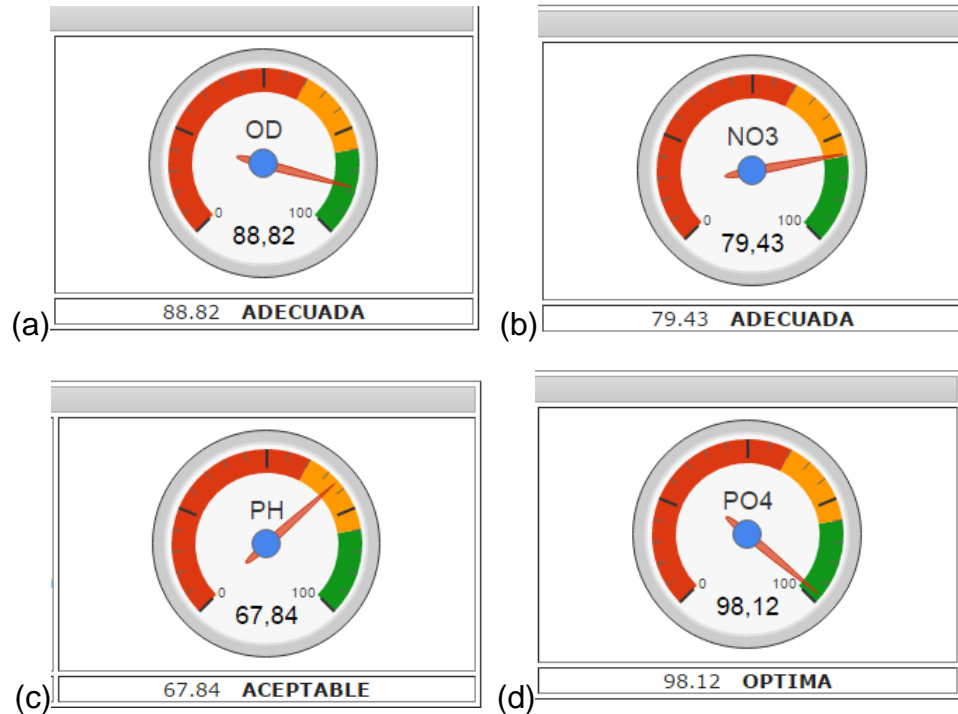
El cálculo del ICAM se realizó mediante la herramienta del “Sistema de información de la red de vigilancia de la calidad ambiental marina de Colombia (REDCAM)” del Invermar [56], ajustado a los valores máximos (Figura 15 y Figura 16) y mínimos promedio con el fin de obtener valores extremos para estudiar el evento más crítico que se pudiera presentar, esto se realizó para los parámetros de oxígeno disuelto, nitratos, pH y fosfatos, arrojando la calificación del valor ajustado y el resultado del indicador.

- Valores *máximo* promedio

Para realizar la conversión de unidades: 1mg → 1000 µg

- ✓ OD [mg/L] = 6.9
- ✓ NO₃ [mg/L] = 0.019 - NO₃ [µg/L] = 19
- ✓ pH = 8.6
- ✓ PO₄ [mg/L] = 0.0027 – PO₄ [µg/L] = 2.7

Figura 15. Calificación del valor ajustado de (a) Oxígeno Disuelto, (b) Nitritos, (c) pH, y (d) Fosfatos.



Fuente. [56]

Figura 16. Análisis del indicador de calidad aplicado a sustrato agua marina.

Resultado del ejercicio...	
<p>El indicador, facilita la interpretación de la calidad del ambiente marino, la evaluación el impacto de las actividades antropogénicas y la toma medidas de prevención y recuperación para valorar la calidad de las aguas marinas es decir, su capacidad de soportar la vida marina y los procesos biológicos.</p> <p>El indicador es un número adimensional que representa la calidad del recurso hídrico marino, en forma de porcentaje (valores entre 0 y 100).</p> <p>Se califica de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Óptima (90-100) ■ Adecuada (70-90) ■ Aceptable (50-70) ■ Inadecuada (25-50) ■ Pésima (0-25) <p>Valores del indicador relativamente bajos pueden ser interpretados como fuertes presiones sobre el entorno físico y natural circundante.</p>	<p>ICAM 83,47</p>
Calificación del indicador...	83.47 ADECUADA
Parámetros ingresados...	4
Confianza del resultado...	49.0%

Fuente. [56]

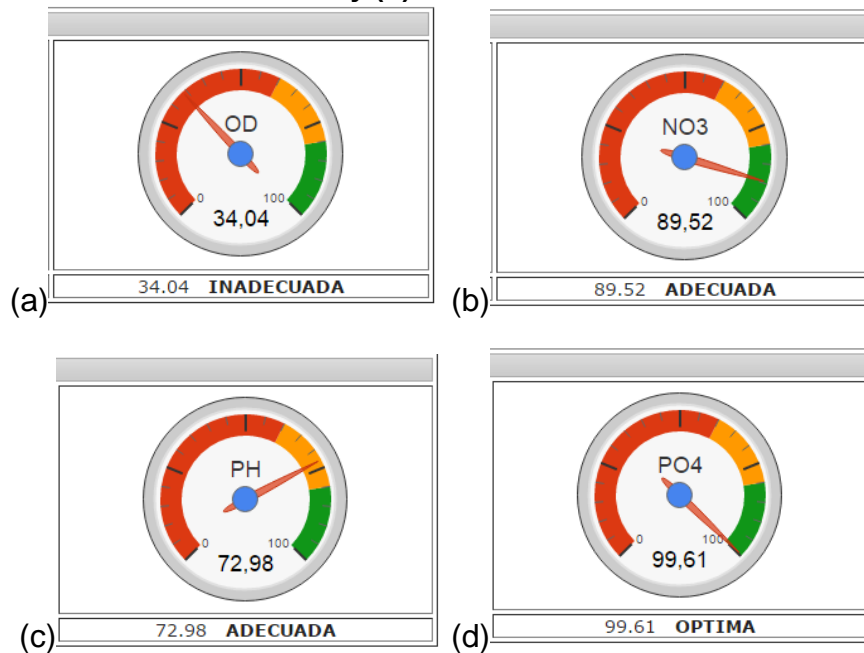
- Valores *mínimo* promedio

Para realizar la conversión de unidades: $1\text{mg} \rightarrow 1000\ \mu\text{g}$

- ✓ $\text{OD} [\text{mg/L}] = 3.14$
- ✓ $\text{NO}_3 [\text{mg/L}] = 0.003 - \text{NO}_3 [\mu\text{g/L}] = 3$
- ✓ $\text{pH} = 8.51$
- ✓ $\text{PO}_4 [\text{mg/L}] = 0.0009 - \text{PO}_4 [\mu\text{g/L}] = 0.9$

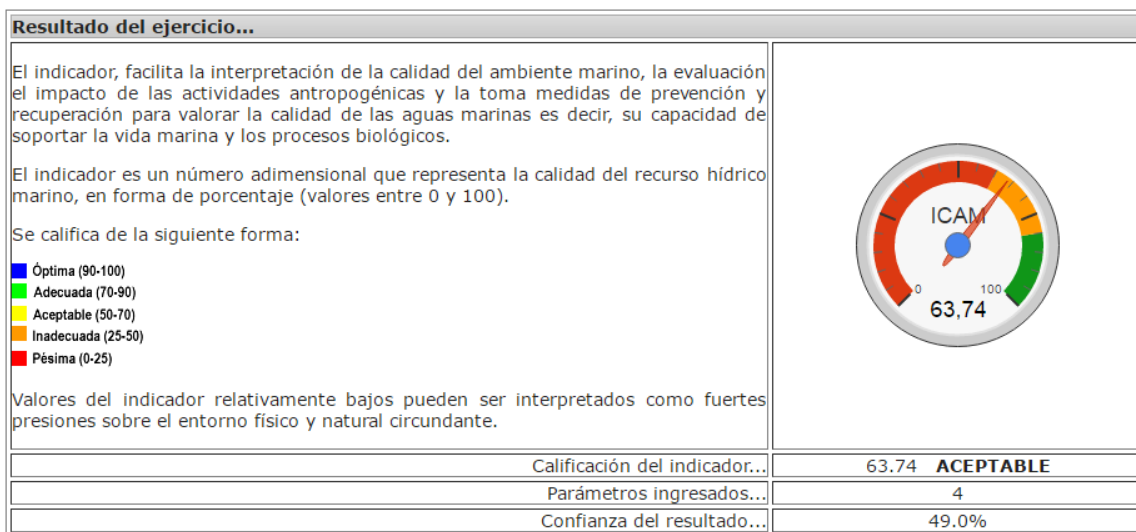
El cálculo del ICAM ajustado a los valores mínimo promedio de los parámetros de oxígeno disuelto, nitratos, pH y fosfatos del caso de estudio se aprecian en la (Figura 18 y Figura 18)

Figura 17. Calificación del valor ajustado de (a) Oxígeno Disuelto, (b) Nitritos; (c) pH y (d) Fosfatos



Fuente. [56]

Figura 18. Análisis del indicador de calidad aplicado a sustrato agua marina del caso de estudio.



Fuente. [56]

Al calcular el índice no se tuvieron en cuenta todas las variables que incluye el programa lo cuál afecta la confianza del resultado, sin embargo el sistema recalcula y ajusta el valor de cada parámetro en función de la importancia de cada uno para determinar la calidad del agua en el medio, al incluir todos los parámetros (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes) es posible mejorar el nivel de confianza del resultado, sin embargo la herramienta indica la información suficiente que permite analizar a partir de la información que se ingresó, a partir de esto fue posible ver el comportamiento de cada parámetro individualmente y aproximarse a conocer la calidad del dato en el mayor y menor escenario que se presenta.

El programa arrojó la calificación del parámetro y del indicador como se presentó anteriormente y el análisis de los parámetros de la siguiente manera:

- **Análisis del parámetro oxígeno disuelto [56]:** Este parámetro es necesario para la respiración de los microorganismos, así como para otras formas de vida, es una medida de la capacidad del agua para sostener vida acuática; esta variable es necesaria para medir y controlar los niveles de oxígeno, conocer la supervivencia de las especies y los procesos biológicos de producción. Las reducciones por debajo del porcentaje de saturación generan efectos negativos sobre la biodiversidad, el crecimiento, la reproducción y la actividad de éstas especies. El oxígeno disuelto determina si en los procesos de degradación dominan los organismos aerobios o los

anaerobios, lo que marca la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de auto purificación.

- **Análisis del parámetro nitratos [56]:** Variable que sirve para medir la concentración de nitratos procedentes de aguas residuales o de fertilizantes que contaminan el recurso hídrico provocando la eutrofización. La presencia de niveles altos de nitrato en algunos cuerpos de agua indica aportes antropogénicos como la contaminación del agua subterránea, ya que el nitrato es el producto final de estabilización de los desechos.
- **Análisis del parámetro pH [56]:** El pH es considerado una variable común entre los ICA por su potencial como indicador de la calidad del agua en general. El pH controla las cantidades en que se disuelven muchas sustancias, un mantenimiento del pH apropiado en el agua ayuda a prevenir el grado de afectación por agentes contaminantes y también sirve para conocer la subsistencia de las comunidades que habitan dentro de un sistema lagunar.
- **Análisis del parámetro fosfatos [56]:** Es un elemento necesario para la vida, los excesos de fosfatos causan desarrollo excesivo de las algas y la eutrofización de las aguas. El fosfato entra a las fuentes de agua por escurrimiento del suelo, operaciones industriales y aguas negras o residuales.

7. Conclusiones

- Para llevar los datos normalizados al sistema de información geográfica fue necesario realizar una revisión detallada de cada conjunto de datos; que de contar con una mejor organización y manejo de los documentos primarios, metadatos y los mismos datos normalizados, hubieran facilitado la identificación de los datos a utilizar, optimizando el tiempo empleado para la organización del archivo con el cual se generarían finalmente las capas de información.
- En el marco de la pasantía, una dificultad encontrada radicó en que a pesar de que el CECOLDO cuenta con los documentos de cadena de custodia y las guías de normalización y documentación para los conjuntos de datos y metadatos, se identificaron inconsistencias en la información normalizada según los lineamientos metodológicos de la guía, las cuales fueron reportadas en el diagnóstico y descritas en las recomendaciones; en el caso de las inconsistencias encontradas en las coordenadas geográficas fueron corregidas para la generación de capas de información.
- El desarrollo del trabajo de pasantía como opción de grado, ayudó al CECOLDO en la identificación de necesidades acerca de los posibles errores que se encuentran en los conjuntos de información normalizados, aportando nuevas ideas para el diseño y construcción de una herramienta de identificación y validación de errores presentes en información oceanográfica histórica y reciente de Colombia.
- En total fueron 10 los años de datos y 13 los cruceros oceanográficos que aportaron información representativa al área de estudio, con un buen número de estaciones distribuidas a lo largo del área el 200 millas marinas desde la línea costera del departamento del Magdalena, sin embargo hay otros estudios y series de datos producidos por Dimar y sus centros de investigación, que si se analizan en conjunto y detalladamente, complementarían en la definición de la zona adecuada para depositar las aguas de lastre, producto del tráfico de buques.
- A partir del procesamiento de información marino costera, fue posible generar aportes a los tomadores de decisiones para definir la aptitud de la zona de estudio para realizar el recambio de aguas de lastre en el Departamento de Magdalena, mediante la generación de capas de información y el análisis de datos fisicoquímicos históricos de las muestras recolectadas en los cruceros oceanográficos realizados en el caribe.

- En general las variables fisicoquímicas del agua en el área de estudio comparada con las fuentes bibliográficas citadas, mostraron que la temperatura [°C] y salinidad [UPS], tienen un comportamiento constante con pocas fluctuaciones en el tiempo, es decir que los parámetros de temperatura y salinidad tuvieron como rangos de variación 15.26 a 26.9 y 29.3 a 37.6 respectivamente. En el caso de los nutrientes [µg/L], el OD [µg/L] y el pH [Dmnless] no se puede ver una tendencia de la variable en el tiempo porque no hay mediciones secuenciales en las décadas evaluadas, sin embargo al comparar cada uno de los datos que se tienen con la bibliografía citada, indica bajas concentraciones de nutrientes, condiciones adecuadas de oxígeno disuelto a excepción de unas estaciones costeras y un pH a un nivel aceptable para el medio.
- Como producto de la pasantía se entrega una propuesta metodológica con el que se espera contribuir con la generación de productos de información geográfica a partir de los datos oceanográficos en custodia.

8. Recomendaciones

Para la preparación del archivo de datos para crear capas de información:

- Es fundamental y necesario revisar en detalle los datos normalizados para cada conjunto de datos del Caribe Colombiano, de manera que cumplan con lo estipulado en la guía de normalización del CECOLDO, es decir y a modo de ejemplo revisar que las banderas de calidad coincidan con los datos, que los códigos de los parámetros sean los indicados y estén completos.
- Es necesario unificar los nombres de los archivos de datos normalizados y los archivos de la cadena de custodia asociados, de modo que sea fácil identificar cual pertenece a cada conjunto de datos, ya que en algunos casos, no se encontró relación entre los documentos primarios normalizados y los metadatos.
- Manejar el mismo formato y cantidad de decimales de las coordenadas geográficas en los datos y en los documentos de la cadena de custodia asociados (Ej. informes de crucero), de esta manera se evita que las coordenadas presenten errores al momento de ubicarlas en el mapa.

Las recomendaciones basadas en el diagnóstico y manejo de los datos a tener en cuenta en la aplicación software del CECOLDO que se viene desarrollando para la validación de la estructura de datos normalizados, están relacionadas con:

Validación de contenidos.

1. Verificar que la primera fila cuente con las unidades de medida correspondientes.
2. Verificar que se use una única simbología [] para indicar las unidades de los contenidos de la primer fila de la matriz.
3. Verificar que no haya contenido alfabético a partir de la tercer fila, a excepción de la columna correspondiente a la estación
4. Verificar que los contenidos a partir de la tercera fila manejen en formato numérico.
5. Verificar que se encuentren dentro de la matriz de datos las cuatro columnas obligatorias (variables temporales y geográficas).

Validación de datos ausentes.

1. Verificar que no hayan campos vacíos en toda la matriz.
2. Señalar la cantidad de campos cuyo dato sea cero.
3. Definir y señalar la cantidad de datos ausentes permitidos, reportados con el valor -99999 en toda la matriz.

4. Definir y señalar la cantidad de datos ausentes permitidos, reportados en las columnas de latitud y longitud en toda la matriz.

Validación de formatos.

1. Verificar que las coordenadas geográficas cumplan con el formato de grados decimales.
2. Definir la cantidad de decimales que deben tener las coordenadas geográficas.

Validación de códigos y vocabularios.

1. Verificar ausencia de los códigos de identificación de los parámetros o contenidos ubicados en la segunda fila de la matriz de datos.
2. Verificar que las banderas de calidad IODE sean consecuentes con el valor reportado en cada campo.

9. Impacto social

En el día a día es importante enfrentar los retos y necesidades que demanda la sociedad actual y a su vez es obligatorio tener un control sobre el entorno en que vivimos, por esto, surge la necesidad de gobernar los recursos para su preservación y conservación, de esta manera a nivel educativo mediante la investigación y el desarrollo, los aportes y soluciones ingenieriles y con fines de alcanzar el desarrollo sostenible, se requiere mejorar las condiciones del país y de vida del ser humano, mediante la gestión del medio ambiente apoyado en la toma de decisiones acertadas y la definición de regulaciones que rijan las acciones que ejercen sobre las presiones externas sobre el medio en que vivimos.

Es necesario el fortalecimiento de la gestión de datos oceanográficos y para esto es importante establecer enlaces institucionales o con partes interesadas como las universidades dedicados a la búsqueda de conocimiento, innovación, investigación y desarrollo científico, los cuales cuentan con personal competente que aporten nuevo conocimiento, con el objetivo de fortalecer y fomentar el desarrollo del país mediante la aplicación de estudios que contribuyan a la toma de decisiones.

El intercambio entre las partes interesadas y el acceso público a la información, es fundamental para la generación de conocimiento que permita contextualizar a la población sobre temas de interés del medio en que se encuentra para conocer y comprender los fenómenos que ocurren y que pueden impactar sobre su calidad de vida, aparte de informar, permite que la población participe e intervenga en las decisiones de modo que se garantice su derecho a vivir en un medio ambiente sano, también permite a los órganos de control tomar acciones preventivas que reduzcan los riesgos a población directamente afectada.

10. Referencias bibliográficas

- [1] Dirección General Marítima, “CECOLDO | Centro Colombiano de Datos Oceanográficos.” [Online]. Available: <https://CECOLDO.dimar.mil.co/web/node/44>. [Accessed: 15-Aug-2016].
- [2] L. Hernandez Jaimes, R. V. Ortiz Martinez, R. C. Ochoa Torres, J. A. Landínez Mayorga, E. Rodríguez Rubio, *Gestión de datos e información oceanográfica Colombiana*, 5th ed. San Andrés de Tumaco, Nariño - Colombia, 2008.
- [3] Dirección General Marítima., “Proyecto CECOLDO 2014-2017.” [Online]. Available: <https://CECOLDO.dimar.mil.co/web/node/90>. [Accessed: 22-Aug-2016].
- [4] M. Fernández, D. Cucchi Colleoni, A. Roux, Á. Marcos, and E. Fernández, “Caracterización físico-química del sistema bentónico en el sector sur del Golfo San Jorge, Argentina,” *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, vol. 42, no. 2, pp. 177–192, Aug. 2007.
- [5] J. A. Posada G, G. Roldán P, and J. J. Ramírez R, “Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas , Antioquia , Colombia Parque Piedras Blancas,” *biol. Trop.*, vol. 48, no. 1, pp. 59–70, 2000.
- [6] D. Guzman and N. Silva, “Caracterizacion fisica y quimica y masas de agua en los canales australes de Chile entre Boca del Guafo y Golfo Elefantes (Crucero CIMAR Fiordo 4),” *Cienc. y Tecnol. del Mar*, vol. 25, no. 2, pp. 45–76, 2002.
- [7] N. Silva and D. Guzman, “Physical And Chemical Characteristics Between Boca Del Guafo And Aysén Fjord (Cimar 7 Fiordos Cruise),” *Cienc. Tecnol. Mar*, vol. 29, no. 1, pp. 25–44, 2006.
- [8] O. Vásquez, S. Pineda, E. Quiroga, B. Jara, and A. Montiel, “Relación entre Clorofila-A y las variables oceanográficas en el área preglaciar del Seno Gallegos (Cordillera Darwin, Chile): bajo condiciones invernales,” *An. del Inst. la Patagon.*, vol. 40, no. 1, pp. 139–151, 2012.
- [9] Y. M. Astor, K. Fanning, L. Guzman, X. Li, L. Lorenzoni, R. Masserini, F. Muller Karger, E. Tappa, and R. Varela, “Manual de métodos para el análisis de parámetros oceanográficos en la estación serie de tiempo CARIACO.” Serie Ciencia y Tecnología N° 12, Caracas, p. 103, 2013.
- [10] J. O. Pierini, M. G. Sassi, and G. M. E. Perillo, “Aplicación de un método de interpolación en regiones costeras,” *Geoacta*, vol. 33, pp. 81–90, 2008.
- [11] F. Rueda Calier, L. A. Peñaranda Mallungo, W. L. Velásquez Vargas, and S. A. Díaz Báez, “Application of a method of analysis of remote sensing data obtained by targeting the estimated productivity in cane for quantifying panela NDVI (normalized difference vegetation index),” *Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu.*, vol. 16, no. 1, pp. 25–40, 2015.
- [12] COMAP. Computer Systems Group (CSG), “Environmental protection of the Rio de la Plata and its Maritime Front: Pollution Prevention and Control and Habitat Restoration,” *Rep. - Doc. - IWScience*, p. 1, 2016.

- [13] M. Estrada, E. Álvarez, A. Barragán, Ó. Bermúdez, M. J. García, A. Lavín, P. Masqué, F. F. Pérez, and J. Piera, *Reflexiones sobre la gestión y custodia de datos oceanográficos en España. Recursos existentes y recomendaciones para el futuro*. España.
- [14] A. Bode, I. G. Herraiz, D. Garabana, P. Sampedro, and A. Celso, “Un mar de números: estadística y análisis de datos en el Instituto Español de Oceanografía,” pp. 32–36, 2015.
- [15] M. G. Y. M. H. M. ESPINO*, E. COMERMA*, A. S. ARCILLA*, “La predicción de la contaminación marina por vertido de hidrocarburos en la ingeniería portuaria.,” *I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*, p. 14.
- [16] ESCUELA NAVAL DE CADETES “ALMIRANTE PADILLA,” “Boletín Electrónico Facultad de Oceanografía Física,” *Boletín 10*, p. 16, 2014.
- [17] J. L. Hernandez Jaimes, “Arqueología y estudio del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) y de la meta-información oceanográfica del Pacífico Colombiano durante el periodo (1970-2004),” 2010.
- [18] R. V. Ortiz Martínez, M. Puentes Galindo, P. E. C. Romero Rojas, E. C. de N. Uribe Álzate, G. C. de F. Escobar Olaya, and J. E. C. de F. Orobio Sánchez, *Informe Anual Centro Colombiano de Datos Oceanográficos*, vol. 1. Bogotá, 2016.
- [19] Comisión Colombiana del Océano, “Datos e Información Oceánica.” [Online]. Available: <http://www.cco.gov.co/oficina-de-datos-e-informacion-oceanica.html>.
- [20] O. J. S. Parra, F. J. Puente, and R. V. Ortiz, “Control de Calidad de Datos Oceanográficos Mediante una Herramienta Computacional,” *Ingeniería*, vol. 13, no. 1, pp. 77–83, 2007.
- [21] FAO and ORGANIZACIÓN PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, “Sistemas de información geográfica, sensores remotos y mapeo para el desarrollo y la gestión de la acuicultura marina,” p. 140, 2009.
- [22] J. F. Mas, H. Puig, J. L. Palacio, and A. Sosa-López, “Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 19, no. 5, pp. 461–471, 2004.
- [23] Instituto superior del medio Ambiente, “SIG APLICADO A Estudios de Litoral y Medio Marino.,” 2016.
- [24] Instituto Español de Oceanografía, “Proyecto Sistema de Información Geografica Marino del IEO (SIGMARINO - IEO),” 2014. [Online]. Available: http://www.ieo.es/proyectos?p_p_id=ieoproyectosmain_WAR_IEOProyectosportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_ieoproyectosmain_WAR_IEOProyectosportlet_acronimo=SIGMARINO-IEO.
- [25] J. L. Parada, C. Bermudez Rivas, C. I. Payan Bastidas, and F. A. Castrillon Valencia, “Herramientas para la construcción y mejoramiento de las capacidades para la protección medio marino HERRAMIENTAS PARA LA

CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS CAPACIDADES PARA LA PROTECCIÓN MEDIO MARINO.”

- [26] C. SENALMAR, *Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar*. Santa Marta, 2015.
- [27] DIMAR, “Colombia le apuesta a la aplicación de mejores prácticas y estándares de datos e información oceánica | Portal Marítimo de Colombia,” 2015. [Online]. Available: <https://www.dimar.mil.co/content/Colombia-le-apuesta-la-aplicacion-de-mejores-practicas-y-estandares-de-datos-e-informacion>.
- [28] DIMAR and CECOLDO, “Comité Nacional CTN Diocean - Centro Colombiano de Datos Oceanográficos,” 2015. [Online]. Available: <https://CECOLDO.dimar.mil.co/web/es/node/51>.
- [29] DIMAR, “¿Qué es DIMAR? | Portal Marítimo de Colombia.” [Online]. Available: <https://www.dimar.mil.co/content/que-es-dimar-0>.
- [30] Dimar Portal Marítimo de Colombia, “Investigación Científica Marina,” 2016. [Online]. Available: <https://www.dimar.mil.co/content/investigacion-cientifica-marina-0>.
- [31] CIOH, “INFORMACIÓN GENERAL CIOH,” 2015. [Online]. Available: <https://www.cioh.org.co/index.php/quienes-somos.html>.
- [32] DIMAR, “Centros de Investigación, Portal Marítimo de Colombia.” [Online]. Available: <https://www.dimar.mil.co/node/292>.
- [33] Colciencias, “Ciencia y Tecnología Para Todos,” 2015. [Online]. Available: <http://scienti.colciencias.gov.co:8083/ciencia-war/busquedaGrupoXInstitucionGrupos.do?codInst=000000000304>.
- [34] DIMAR and CECOLDO, “Portal GeoNetwork para datos espaciales e información. Catálogo de metadatos,” 2007. [Online]. Available: <https://CECOLDO.dimar.mil.co/geonetwork/srv/spa/main.home>. [Accessed: 28-Oct-2016].
- [35] “Acerca de Inventario de Datos Oceanográficos.” [Online]. Available: <https://CECOLDO.dimar.mil.co/cclld/acercadeldo.php>. [Accessed: 28-Oct-2016].
- [36] DIMAR and CECOLDO, “Acerca de Inventario de Cruceros Oceanográficos Colombianos.” [Online]. Available: <https://CECOLDO.dimar.mil.co/cclld/Acercade.php>. [Accessed: 28-Oct-2016].
- [37] Dimar and CECOLDO, “Repositorio Digital del CECOLDO.” [Online]. Available: <http://CECOLDOdigital.dimar.mil.co/information.html>. [Accessed: 28-Oct-2016].
- [38] GEF-UNDP-IMO GloBallast Partnerships and Programme and WMU, “Identifying and Managing Risks from Organisms Carried in Ships’ Ballast Water. GloBallast Monograph No. 21.,” p. 129, 2013.
- [39] CIOH, “CIOH realiza monitoreo a estación Antares,” 2015. [Online]. Available: <https://www.cioh.org.co/index.php/noticias-antiores/1854-cioh-realiza-monitoreo-a-estacion-antares.html>.
- [40] R. V. Ortiz Martínez, “Dirección general marítima,” *M8-GUI-001 GUÍA PARA*

- LA Norm. CONJUNTOS DATOS Ocean.*, vol. 3, p. 29, 2016.
- [41] CCCP, J. A. Landinez Mayorga, and A. Castrillón Gálvez, “Los cruceros oceanográficos: historia, ciencia y desarrollo,” 2011. [Online]. Available: <http://www.cccp.org.co/index.php/component/content/article/100-imagen-corporativa/453-los-cruceros-oceanograficos-historia-ciencia-y-desarrollo>.
- [42] Instituto Español de Oceanografía Centro Oceanográfico de Santander España, “Investigación Definición de Oceanografía,” *Área de Medio Ambiente Marino y Protección Ambiental*, 2016. [Online]. Available: http://www.ieo-santander.net/investigacion_oceanografia.php. [Accessed: 03-Sep-2016].
- [43] G. M. Hallegraef, D. M. (Donald M. Anderson, A. D. Cembella, H. O. (Henrik O. . Enevoldsen, and Unesco., *The actual state of the study of harmful algal blooms in Mexico*. Mexico: UNESCO, 2003.
- [44] Web Page- Help - ArcGIS for Desktop, “What is a layer?” [Online]. Available: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/working-with-layers/what-is-a-layer-.htm>. [Accessed: 09-Oct-2016].
- [45] R. V. O. Martínez, “Senalmar2015_Simposio18_CECOLDO_arqueología y recuperación de datos.” 18 - 22 de Octubre de 2015, Santa Marta, p. 23, 2015.
- [46] Esri, “¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center.” [Online]. Available: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>. [Accessed: 20-Sep-2016].
- [47] G. Van Rossum, “El tutorial de Python,” 2009.
- [48] F. J. Baron Lopez and F. Tellez Montiel, *Regresión múltiple Apuntes de Bioestadística*. .
- [49] M. A. Cañon Ramos, “COMPARACION DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LA ESTIMACION DE DATOS FALTANTES DE PRECIPITACION EN LA SUBCUENCA DEL RÍO LENGUAZAQUE (COLOMBIA),” Universidad Santo Tomás, 2013.
- [50] M. A. Cañon Ramos, “Generación de campos hidrometeorológicos coherentes con base en el principio de interpolación óptima de Kolmogorov,” Pontificia Universidad Javeriana.
- [51] R. V. Ortiz Martinez, M. Puentes Galindo, and Dimar, “M8-GUI-003 Guía de documentación de metadatos de datos oceanográficos,” vol. 2, p. 22.
- [52] UNESCO PHI-LAC; UNEP, “Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe de la UNESCO.” [Online]. Available: <http://www.unesco.org.uy/phi/biblioteca/items/show/54>.
- [53] A. Franco Herrera, *Oceanografía de la ensenada de Gaira - El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe Colombiano* -. Santa Marta, Colombia, 2005.
- [54] J. L. Parada, C. Bermudez Rivas, C. I. Payan Bastidas, and F. A. Castrillon Valencia, “Herramientas para la construcción y mejoramiento de las capacidades para la protección medio marino,” p. 109, 2015.
- [55] D. L. Arévalo Martínez and A. Franco Herrera, “CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS DE LA SURGENCIA FRENTE A LA ENSENADA DE GAIRA, DEPARTAMENTO DE MAGDALENA, ÉPOCA SECA MENOR DE

- 2006,” *Boletín de Investigaciones marinas y costeras*, Santa Marta, Colombia, p. 162, 2008.
- [56] INVEMAR, “SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD AMBIENTAL MARINA DE COLOMBIA (REDCAM) - ICAM,” 2012. [Online]. Available: <http://siam.invemar.org.co/siam/redcam/indicadores/#fragment-1>. [Accessed: 22-Nov-2016].
- [57] ArcGIS for Desktop, “Extensiones de archivo de shapefile ArcMap 10.3,” 2016. [Online]. Available: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/shapefile-file-extensions.htm>. [Accessed: 26-Oct-2016].

Anexo A. Ejemplo matriz de datos normalizada del CECOLDO y metadato asociado

Aspecto de una matriz datos normalizada de parámetros físicos, químicos y biológicos recopilados durante la Expedición Científica de Colombia en la Antártica. Enero – Febrero de 2015

Fecha [aaaa-mm-dd UT5]	Hora [hh:mm:ss UT5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [#]	Profundidad [m]	SST [mg/L]	QF [IODE]	SiO3 [mg/L]	QF [IODE]	Clorofila A [mg/m3]	QF [IODE]	HDD[ug/L]	QF [IODE]
ADATA A01	AHMSA A01	ALATG P01	ALONG P01	ACYCA A01	DEPHP M01	RBYJL Y25	FLAGI ODE	SLCAM AZX	FLAGI ODE	CHLTV OLU	FLAGI ODE		FLAGI ODE
2015-01-17	22:20:00	63,98785	61,75088	1	5	3,2600	2	3,9802	2	1,00125	2	0,04370	2
2015-01-17	18:56:37	64,04482	61,55742	2	50	4,7000	2	3,3164	2	0,47118	2	-99999	9
2015-01-18	09:34:29	64,26780	61,95173	7	100	3,4000	2	3,6355	2	0,26700	2	-99999	9
2015-01-19	20:11:35	64,49421	61,69808	8	300	7,8000	2	4,3215	2	0,00000	2	-99999	9
2015-01-20	10:02:31	64,53415	62,78386	15	200	9,4300	2	2,9521	2	0,31412	2	-99999	9
2015-01-21	08:09:50	64,75806	62,88332	16	5	9,4600	2	4,3776	2	0,00000	2	0,06545	2
2015-01-22	11:25:12	64,97769	63,53608	19	5	7,5100	2	3,0619	2	0,14135	2	0,05033	2
2015-01-22	11:25:12	64,97769	63,53608	19	50	5,4200	2	3,1612	2	0,00000	2	-99999	9
2015-01-22	11:25:12	64,97769	63,53608	19	100	5,6800	2	2,4904	2	0,36124	2	-99999	9
2015-01-22	11:25:12	64,97769	63,53608	19	200	6,3400	2	4,0636	2	1,66482	2	-99999	9

Fuente. CECOLDO, Dimar.

De acuerdo a la metodología del CECOLDO, cada conjunto de datos tiene asociado un metadato que se documenta bajo el Perfil de Metadatos Oceanográficos ISO 19115. En el siguiente metadato se describe la información asociada al conjunto de datos recopilados durante la expedición de la Antártica de 2015 y contiene: Título, fecha, tipo de fecha, resumen, idioma, codificación del conjunto de caracteres, nivel jerárquico, categoría temática, palabras clave, extensión, envolvente geográfico, resolución espacial, antecedentes, restricciones del conjunto de datos y punto de contacto de la persona y organización.



CATÁLOGO DE METADATOS DEL CENTRO COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS (DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA)

Conjunto de datos físicos, químicos y meteorológicos recopilados durante la Expedición Científica de Colombia en la Antártica. Verano Austral 2014/2015. Enero – Febrero de 2015

[Página de Metadatos](#) | [Página de Metadatos \(XML\)](#)

Título	Conjunto de datos físicos, químicos y meteorológicos recopilados durante la Expedición Científica de Colombia en la Antártica. Verano Austral 2014/2015. Enero – Febrero de 2015
Fecha	2016-04-21T17:00:00
Tipo de fecha	Publicación
Resumen	El conjunto de datos de parámetros de oceanografía física, oceanografía química y meteorología marina, fueron obtenidos del muestreo realizado entre el 13 de enero y el 3 de febrero de 2015, durante la Expedición Científica de Colombia en la Antártica Verano Austral 2014/2015, a bordo del buque ARC 20 de Julio y cubriendo la región del Estrecho de Gerlache, limitada al sur por la Península Antártica y al norte por el Archipiélago.

Idioma de los metadatos	spa
Codificación del conjunto de caracteres de los metadatos	UTF8
Nivel jerárquico	Conjunto de datos
Categoría temática	Océanos

Palabra clave

Palabra clave	Oceans Ocean Temperature Water Temperature
Palabra clave	Oceans Salinity/Density Salinity
Palabra clave	Oceans Salinity/Density Conductivity
Palabra clave	Oceans Ocean Pressure Water Pressure
Palabra clave	Oceans Ocean Optics Turbidity
Palabra clave	Oceans Ocean Optics Fluorescence
Palabra clave	Oceans Ocean Acoustics Acoustic Velocity
Palabra clave	Oceans Ocean Circulation Ocean Currents
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Oxygen
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Ammonia
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Nitrite
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Nitrate
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Silicate
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Chlorophyll
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Phosphate
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Suspended Solids
Palabra clave	Oceans Ocean Chemistry Hydrocarbons

Palabra clave	Atmosphere Clouds Cloud Types
Palabra clave	Atmosphere Atmospheric Winds
Palabra clave	Atmosphere Atmospheric Temperature Surface Temperature Air Temperature
Palabra clave	Atmosphere Atmospheric Pressure Atmospheric Pressure Measurements
Palabra clave	Atmosphere Atmospheric Water Vapor Humidity
Palabra clave	Atmosphere Atmospheric Phenomena
Tipo	Tema
Palabra clave	Antártica
Palabra clave	Antártida
Palabra clave	Bahía Duarte
Palabra clave	Bahía Punta Eckener
Palabra clave	Bahía Frei
Palabra clave	Bahía Paraíso
Palabra clave	Bahía Wilhelmina
Palabra clave	Estrecho de Gerlache
Palabra clave	Palmer
Tipo	Lugar

Extensión

Descripción del cubrimiento	
-----------------------------	--

Envolvente geográfico

Límite de longitud oeste	-61.17559000000001
Límite de longitud este	-63.3241889
Límite de latitud sur	-64.94357
Límite de latitud norte	-64.14985

Resolución espacial

Denominador o Factor de Escala	N/A
--------------------------------	-----

Antecedentes

Descripción de la calidad	<p>La campaña oceanográfica se desarrolló a bordo del buque ARC 20 de Julio, durante el 17 de enero hasta el 5 de febrero de 2015, en el área ubicada entre los meridianos -61.18 y -63.54 ° W y -64.99 ° W y entre las latitudes -63.98 ° W y -64.99 ° N, en una malla de muestreo compuesta por 65 estaciones de observación.</p> <p>Se usaron tres instrumentos para las mediciones de parámetros físicos en la columna de agua: un CTDO modelo SBE-19 V2 y dos CTDO Sea Bird 25. Estos fueron lanzados a diferentes profundidades dependiendo de la morfología del fondo marino, midiendo los siguientes parámetros: Temperatura (grados centígrados), salinidad (Unidades Prácticas de Salinidad, PSU), oxígeno disuelto (mg/l), fluorescencia (mg/m3), turbidez (NTU), presión (dbar), conductividad (mS/cm), densidad (kg/m3), y velocidad del sonido (m/s).</p> <p>Para la medición de corrientes se empleó un perfilador acústico ADCP Workhorse marca Teledyne RDI. Con el fin de tener una lectura uniforme de los datos, estos se espaciaron temporalmente cada minuto y espacialmente cada dos metros (desde los 4 m y hasta los 50 m de profundidad), por lo que para este tamaño de celda el típico rango es de 600 KHz, y de acuerdo especificaciones del equipo este tiene una desviación estándar de 3.6 cm/s. Asimismo, el girocompás del equipo fue calibrado respecto al norte geográfico para las lecturas sobre la dirección de la corriente.</p> <p>De igual forma, en el Laboratorio de Química del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (Cioh), se analizaron las muestras recopiladas para la obtención de datos de los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura (°C) por el método APHA-AEEA-WEF, 2005. - Amonio (mg/l) por el método de azul de indo fenol. Parsons, Maita y Lalli (1989).
---------------------------	---

	<p>- Nitritos (mg/l) por el método de la sulfanilamida y diclorohidrato de n-(1-naftil) etilendiamina. Parsons, Maita y Lalli (1989).</p> <p>- Nitratos (mg/l) por el método de reducción con cadmio-sulfato, método de la sulfanilamida y diclorohidrato de n- (1-naftil) etilendiamina. APHA, AWWA, WEF. (2005).</p> <p>- Ortofosfatos (mg/l) por el método basado en la formación de un complejo de fosfomolibdato y la subsiguiente reducción a un compuesto azul. Parsons, Maita y Lalli (1989).</p> <p>- Silicato (mg/l) por el método de Parsons, Maita y Lalli (1989).</p> <p>- Clorofila (mg/m3) por el método tricromático – extracción con acetona al 90%. APHA-AEEA-WEF (1998).</p> <p>- Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/l), por el método APHA-AWWA-WEF, 2012.</p> <p>- Hidrocarburos disueltos y dispersos en el agua (µg/L), por el método de extracción con hexano.</p> <p>- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Aromáticos (HAP) (µg/L) por los métodos EPA 8270C, Rev. 3, 1996; EPA 3600C, EPA 8260B, Rev2, EPA 3510, Rev.3; CARIPOL, 1980.</p> <p>Los datos no reportados para los diferentes parámetros de oceanografía química corresponden a muestras que no fue posible procesar por condiciones ajenas al Laboratorio de Química del Cioh o bien a concentraciones inferiores al límite de detección, a saber: para amonio 0.0009 mg/l; para nitritos 0.0007 mg/l, para nitratos 0.0006 mg/l y para ortofosfato 0.0093 mg/l.</p> <p>En cuanto el aseguramiento de la calidad de los datos de oceanografía química, se destaca que los métodos de análisis de ortofosfatos, salinidad, nitratos, nitratos, y amonio, están acreditados ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) con Resolución No. 3207 de 2010, y el método de análisis de nitritos y amonio con la Resolución 1923 de 2011. Adicionalmente, se midieron parámetros meteorológicos mediante la estación propia del buque y de la estación meteorológica inalámbrica WS-1516 del Cioh. Los parámetros registrados fueron: temperatura ambiente (°C), humedad relativa (%), presión atmosférica (mb), dirección relativa del viento (grados) y velocidad relativa del viento (nudos), fenómenos atmosféricos predominantes como la cobertura de nubes (octas). Cabe aclarar que las observaciones meteorológicas fueron registradas aplicando las claves de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).</p> <p>Una vez obtenidos los datos, estos fueron normalizados aplicando los estándares y formatos del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (Cecoldo), recomendados por el programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE).</p>
--	---

Restricciones del conjunto de datos

Limitaciones de aplicación	No se conocen limitaciones de aplicación.
Clasificación de seguridad	Desclasificado
Identificador único de archivo	b09a2cfb-1d0e-4cdb-8b83-15dcf7ff1189
Idioma de los metadatos	spa
Codificación del conjunto de caracteres de los metadatos	UTF8

Punto de contacto de los metadatos

Nombre de la persona	Diana Esperanza Rodríguez Cuitiva
Nombre de la persona	
Nombre de la organización	Dirección General Marítima - Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (Dimar-Cecoldo)
Nombre de la organización	Dirección General Marítima - Centro Colombiano de Datos Oceanográficos
Rol	Procesador
Rol	Custodio
Fecha de creación del metadato	2016-05-20T16:24:50

Fuente. CECOLDO, Dimar.

Anexo B. Inventario de datos oceanográficos normalizados del Caribe Colombiano (1969-2014)

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Aguas de lastre	Bahía de Cartagena	2005	Agosto y Noviembre	x	x	x
Aguas de lastre	Puerto de Cartagena	2005	Agosto y Noviembre	x	x	x
Aguas de lastre	Bahía de Cartagena	2006	Febrero y Octubre	x	x	x
Aguas de lastre	Puerto de Cartagena	2006	Marzo	x	x	
Aguas de lastre	Puerto de Cartagena	2006	Abril y Octubre	x	x	x
Aguas de lastre	Puerto Bolívar y Bahía Portete. La Guajira	2007	Marzo y Noviembre	x	x	
Aguas de lastre	Puerto Bolívar y Bahía Portete. La Guajira	2008	Julio y Noviembre	x	x	x
Aguas de lastre	Golfo de Morrosquillo. Coveñas	2009	Abril, Septiembre y Noviembre	x	x	x
Aguas de lastre**	Puerto Bolívar. La Guajira	2010	Octubre	x	x	x
Aguas de lastre	Puerto Bolívar. La Guajira	2014	Marzo	x	x	
Antares	Oeste Isla de Tierra Bomba Cartagena	2009	Marzo y Mayo	x	x	x
Antares	Oeste Isla de Tierra Bomba Cartagena	2011	Febrero y Noviembre	x	x	x
Antares	Oeste Isla de Tierra Bomba Cartagena	2012	Abril y Noviembre	x	x	x
Antares	Oeste Isla de Tierra Bomba Cartagena	2013	Febrero y Mayo	x	x	x
Antares	Oeste Isla de Tierra Bomba Cartagena	2014	Febrero y Mayo	x	x	x

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	1979	Junio y Octubre	x	x	
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	1985	Mayo y Octubre		x	
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena.	1996	Marzo y Octubre	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	1997	Enero y Junio	x		
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	1997	Enero y Junio	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	1998	Julio y Agosto	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	1999	Marzo y Octubre	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	2000	Febrero y Septiembre	x	x	
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	2001	Mayo	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	2005	Agosto y Octubre	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	2005	Agosto y Noviembre	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Cartagena	2014	Marzo y Abril	x	x	x

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Caracterización físico-química	Ciénaga de La Virgen	1996	Julio y Septiembre	x	x	x
Caracterización físico-química	Ciénaga de La Virgen	1997	Abril y Octubre	x	x	x
Caracterización físico-química	Ciénaga de La Virgen	1998	Julio y Noviembre	x	x	x
Caracterización físico-química	Ciénaga de La Virgen	1999	Marzo y Noviembre	x	x	x
Caracterización físico-química	Ciénaga de La Virgen	2000	Febrero y Diciembre	x	x	x
Caracterización físico-química	Ciénaga de La Virgen	2001	Mayo	x	x	x
Caracterización físico-química	Isla de manzanillo - Bahía de Cartagena	2011	Noviembre	x	x	x
Caracterización físico-química	Isla de manzanillo - Bahía de Cartagena	2012	Febrero y Julio	x	x	x
Caracterización físico-química	Isla de manzanillo - Bahía de Cartagena	2013	Marzo	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Santa Marta	1995	Octubre	x	x	x
Caracterización físico-química	Bahía de Santa Marta	1996	Marzo	x	x	x
Caracterización físico-química	Ciénaga grande de Santa Marta	2000	mayo y octubre	x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Caracterización físico-química	Bahía de Santa Marta	2000	mayo y agosto		x	x
Caracterización físico-química	Golfo de Urabá	2006	Marzo y Octubre	x	x	
Caracterización físico-química	Barú e Islas del Rosario	1976		x	x	
Caracterización físico-química	Islas del Rosario	1977	Noviembre	x	x	
Caracterización físico-química	Islas del Rosario	1978	Junio	x	x	
Caracterización físico-química	La Guajira y zona costera de Venezuela	1989	Mayo	x	x	
Caracterización físico-química	La Guajira	1990	Abril y Septiembre		x	
Caracterización físico-química	La Guajira	2005	Julio y Octubre	x	x	
Caracterización físico-química	Rio Magdalena	2006	Mayo	x	x	x
Caracterización físico-química	Zona norte de Bolívar	2001	Mayo	x	x	x
Contaminación: Hidrocarburos	Bahía de Cartagena	1985	Mayo y Noviembre	x	x	
Contaminación: Hidrocarburos	Bahía de Cartagena	1992	Junio	x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Contaminación: Hidrocarburos	Bahía de Cartagena	1997	Febrero	x	x	x
Contaminación: Hidrocarburos	Bahía Barbacoas y Parque Tayrona	1986	Marzo y Octubre		x	
Contaminación: Hidrocarburos	Barbacoas Islas del rosario	2001	Mayo	x	x	
Contaminación: Hidrocarburos	Costa Caribe	2001	Mayo y Octubre	x	x	
Contaminación: Hidrocarburos	Costa Caribe	1988			x	
Contaminación: Hidrocarburos	Caribe Colombiano	1989	Diciembre		x	
Contaminación: Hidrocarburos	Caribe Colombiano	1992	Marzo y Octubre		x	
Contaminación: Hidrocarburos	Golfo de Morrosquillo	1990	Febrero		x	x
Contaminación: Hidrocarburos	Riohacha y Bahía Cispatá.	1987	Enero y Diciembre		x	
Contaminación: Metales pesados y pesticidas	Bahía de Cartagena	1982			x	
Contaminación: Físico-químicos y Metales pesados	Golfo de Morrosquillo	1990	Mayo	x	x	
Contaminación: Plaguicidas	Bahía de Cartagena	1998	Noviembre		x	
Crucero Océano I	Costa Caribe Colombiana Atlántico Noroeste	1969	Septiembre y Octubre	x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Crucero CICAR	Caribe Colombiano	1972	Abril	x	x	
Crucero Océano III	Santa Marta - Cabo de La Vela	1974	Abril y Mayo	x		
Crucero Océano IV - Área 4	Cartagena - Punta Arboletes	1975	Marzo	x	x	
Crucero Océano IV - Subáreas 2.1	Santa Marta - Cabo de La Vela	1975	Abril y Noviembre	x	x	
Crucero Océano V - Área 1. Fases I y II	Archipiélago San de Andrés Isla y los Cayos	1981	Agosto y Noviembre	x	x	
Crucero Océano V - Áreas 2 y 3	Litoral Atlántico Colombiano	1981	Agosto y Septiembre	x		
Crucero Océano VI	Archipiélago de San Andrés y providencia	1983	Junio	x	x	
Crucero Océano VII	Archipiélago de San Andrés y providencia	1983	Octubre	x	x	
Crucero Caribe 93	Litoral Atlántico Colombiano Costa Norte Caribe	1984	Abril	x		
Crucero Océano VIII	Litoral Atlántico Colombiano	1984	Febrero	x	x	
Crucero Caribe 92	Costa Caribe Colombiana	1992		x		
Crucero Caribe 2004	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Golfo de Morrosquillo	2004	Mayo y Junio	x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Crucero Caribe Junio 2006	Mar Caribe	2006	Junio y Julio	x	x	
Crucero Caribe Mayo 2006	Desembocadura del Río Magdalena, Bocas de Ceniza	2006	Mayo	x	x	x
Crucero Caribe Noviembre 2006	Mar Caribe	2006	Noviembre	x	x	
Crucero Spoa Abril 2007	Caribe Colombiano	2007	Abril	x	x	
Crucero Spoa Octubre 2007	Caribe Colombiano	2007	Octubre	x	x	
Crucero Spoa Agosto 2008	Caribe Colombiano	2008	Agosto	x	x	
Crucero oceanográfico San Andres y Providencia SAI 1-2010	San Andres y Providencia	2010	Julio	x	x	x
Crucero Golfo de Urabá 2010	Golfo de Urabá	2010	Abril	x	x	
Crucero Oceanográfico Caribe 2011	Costa Caribe Colombiano	2011	Febrero y Septiembre	x	x	
Crucero Oceanográfico Caribe 1-2011	Costa Caribe Colombiano	2011	Febrero y Marzo	x	x	
Crucero Seaflower	Reserva natural Seaflower	2014	Marzo	x	x	x
Derrames	Bahía de Cartagena	2005	Septiembre		x	
Derrames	Bahía de Cartagena	2013	Septiembre	x	x	
Derrames	Golfo de Morrosquillo	2014	Agosto	x	x	x
Estudio: Depresión Submarina	Providencia	2004	Junio		x	
Estudio: Crucero II	Islas del Rosario	1976	Marzo	x	x	
Estudio: Crucero I	Islas del Rosario	1977	Noviembre	x	x	
Estudio: Crucero III	Islas del Rosario	1978	Junio	x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos		
				Físicos	Químicos	Biológicos
Afloramiento Algal	Bahía de Cartagena	2010	Mayo y Julio	x	x	
Afloramiento Algal	Bahía de Cartagena	2013	Marzo	x	x	x
Afloramiento Algal	Bahía de Cartagena	2013	Marzo	x	x	x
Afloramiento Algal	Bahía de Cartagena	2014	Febrero y Marzo	x	x	x

Fuente. Autor

**** No se encuentra documento normalizado**

Anexo C. Inventario de datos oceanográficos normalizados del Pacífico Colombiano (1970-2014)

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2004	Julio y Septiembre	x	x	x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2009	Junio y Octubre			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2009	Mayo y Noviembre			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2009	Junio y Octubre	x	x	x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2010	Febrero y Octubre	x	x	x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2010	Marzo y Septiembre			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2010	Marzo y Septiembre			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2010	Febrero y Agosto			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2010	Febrero y Octubre			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2010	Febrero y Julio			x	
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2013	Mayo y Octubre	x	x		
Aguas de Lastre	Bahía de Tumaco	2014	Enero y Octubre	x	x		
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1990	Agosto y Diciembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1991	Enero y Diciembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1992	Febrero y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1993	Enero y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1997	Febrero y Diciembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1997	Febrero y Diciembre		x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1998	Enero y Diciembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1998	Enero y Diciembre		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1999	Junio y Diciembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	1999	Mayo y Diciembre		x		
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2000	Enero y Agosto	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2000	Enero y Agosto		x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2000	Octubre		x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2001	Abril y Agosto	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2001	Marzo y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2001	Mayo	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2001	Marzo y Octubre		x		
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2002	Abril y Diciembre			x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2002	Abril y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2002	Abril y Noviembre		x		
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2003	Marzo Y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2004	Junio y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2004	Abril		x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2005	Mayo y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2005	Julio y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2006	Mayo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2006	Mayo y Septiembre				x
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2006	Marzo	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Malaga	2006	Marzo	x	x	x	
Calidad de aguas	Malaga	2006	Marzo		x		
Calidad de aguas	Malaga	2006	Marzo		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Calidad de aguas	Malaga	2006	Marzo		x		
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2006	Mayo	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2007	Junio y Diciembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2007	Junio y Diciembre		x		
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2007	Junio y Diciembre		x		x
Calidad de aguas	Buenaventura	2007	Julio y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Buenaventura	2007	Julio y Noviembre		x		
Calidad de aguas	Buenaventura	2007	Julio y Noviembre		x	x	x
Calidad de aguas	Malaga	2007	Julio y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Malaga	2007	Julio y Noviembre		x		
Calidad de aguas	Malaga	2007	Julio y Noviembre		x	x	x
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2007	Junio	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2008	Febrero y Agosto	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2008	Febrero y Agosto		x		
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2008	Marzo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Malaga	2008	Marzo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Malaga	2008	Marzo y Septiembre		x		
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2008	Junio y Octubre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2008	Marzo y Septiembre		x		
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2009	Febrero y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2009	Febrero y Septiembre		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2009	Marzo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2009	Marzo y Septiembre		x		
Calidad de aguas	Bahía Malaga	2009	Marzo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Malaga	2009	Marzo y Septiembre		x		
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2010	Marzo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2010	Marzo y Septiembre			x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2011	Marzo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2012	Abril y Agosto			x	
Calidad de aguas	Bahía de Tumaco	2012	Abril y Agosto	x	x	x	
Calidad de aguas	Río Mataje	2012	Mayo y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Río Mataje	2012	Mayo y Noviembre			x	
Calidad de aguas	Río Mataje	2012	Mayo				x
Calidad de aguas	Bahía de Cúpica	2013	Mayo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Cúpica	2013	Mayo y Septiembre		x		x
Calidad de aguas	Bahía Solano	2013	Mayo y Septiembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Solano	2013	Mayo y Septiembre		x		x
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2013	Julio y Octubre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Tumaco	2014	Febrero y Octubre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2014	Mayo y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía de Buenaventura	2014	Mayo y Noviembre				x

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Calidad de aguas	Bahía Málaga	2014	Mayo y Noviembre	x	x	x	
Calidad de aguas	Bahía Málaga	2014	Mayo y Noviembre				x
Crucero: Pacífico I	Cuenca Pacífica Colombiana	1970	Marzo		x		
Crucero: Pacífico II	Cuenca Pacífica Colombiana	1972	Febrero y Marzo		x		
Crucero: Pacífico III	Cuenca Pacífica Colombiana	1972	Junio		x		
Crucero: Pacífico IV - ERFEN I	Cuenca Pacífica Colombiana	1975	Enero y Febrero		x		
Crucero: Pacífico V - ERFEN II	Cuenca Pacífica Colombiana	1976	Abril y Mayo		x		
Crucero: Pacífico VI - ERFEN III	Cuenca Pacífica Colombiana	1976	Septiembre y Octubre		x		
Crucero: Pacífico VII	Cuenca Pacífica Colombiana	1977	Octubre y Noviembre		x		
Crucero: ERFEN IV	Buenaventura, Isla Malpelo, Cabo Marzo y Tumaco, Cabo Manglares.	1978	Noviembre y Diciembre		x		
Crucero: Pacífico VIII - ERFEN V	Cuenca Pacífica Colombiana	1982	Noviembre y Diciembre		x		
Crucero: Pacífico IX - ERFEN VI	Cuenca Pacífica Colombiana	1986	Mayo y Junio		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Pacífico X - ERFEN VII	Cuenca Pacífica Colombiana	1987	Marzo y Abril		x		
Crucero: Pacífico XII - ERFEN IX	Cuenca Pacífica Colombiana	1988	Marzo		x		
Crucero: Pacífico XIII - ERFEN X	Cuenca Pacífica Colombiana	1988	Noviembre		x		
Lancha tipo Nelson	Cuenca Pacífica Colombiana	1989	Febrero y Octubre	x	x		
Crucero: Pacífico XIV - ERFEN XI	Cuenca Pacífica Colombiana	1989	Marzo y Abril		x		
Crucero: Pacífico XV - ERFEN XII	Cuenca Pacífica Colombiana	1989	Agosto		x		
Crucero: Pacífico XVI - ERFEN XIII	Cuenca Pacífica Colombiana	1990	Marzo y Abril		x		
Crucero: Pacífico XVII - ERFEN XIV	Cuenca Pacífica Colombiana	1990	Septiembre y Octubre		x		
Crucero: Pacífico XVIII - ERFEN XV	Cuenca Pacífica Colombiana	1991	Marzo y Abril		x		
Crucero: Pacífico XIX - ERFEN XVI	Cuenca Pacífica Colombiana	1991	Septiembre		x		
Crucero: Pacífico XX - ERFEN XVII	Cuenca Pacífica Colombiana	1992	Marzo y Abril		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Pacífico XXII - ERFEN XXI	Cuenca Pacífica Colombiana	1993	Septiembre y Octubre		x		
Crucero: Pacífico XXV - ERFEN XXIII	Cuenca Pacífica Colombiana	1996	Junio		x	x	
Crucero: Pacífico XXVI - ERFEN XXIV	Cuenca Pacífica Colombiana	1996	Octubre		x	x	
Crucero: Pacífico XXVII - ERFEN XXV	Cuenca Pacífica Colombiana	1997	Mayo		x	x	
Crucero: Pacífico XXVIII- ERFEN XXVI	Cuenca Pacífica Colombiana	1997	Noviembre y Diciembre		x		
Crucero: Pacífico XXIX - ERFEN XXVII	Cuenca Pacífica Colombiana	1998	Mayo		x	x	
Cruceros: Pacífico XXX - I Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXVIII	Cuenca Pacífica Colombiana	1998	Octubre		x	x	
Crucero: Pacífico XXXI - ERFEN XXIX II Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	1999	Mayo		x	x	
Crucero: Pacífico XXXII - ERFEN XXX	Cuenca Pacífica Colombiana	2000	Mayo		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Pacífico XXXIII - III Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXI	Cuenca Pacífica Colombiana	2000	Noviembre y Diciembre		x	x	
Crucero: Pacífico XXXIV - ERFEN XXXII	Cuenca Pacífica Colombiana	2001	Junio y Julio		x	x	
Crucero: Pacífico XXXV - IV Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXIII	Cuenca Pacífica Colombiana	2001	Agosto y Septiembre	x		x	
Crucero: Pacífico XXXVI - ERFEN XXXIV	Cuenca Pacífica Colombiana	2002	Febrero y marzo		x	x	
Cruceros: Pacífico XXXVII - V Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXV	Cuenca Pacífica Colombiana	2002	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XXXVIII - VI Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVI	Cuenca Pacífica Colombiana	2003	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XXXIX - VII Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVII	Isla Malpelo	2004	Septiembre y Octubre		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Pacífico XXXIX - VII Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVII	Cuenca Pacífica Colombiana	2004	Septiembre		x	x	
Cruceros	Isla Gorgona	2005	Mayo y Noviembre		x		
Cruceros	Isla Malpelo	2005	Junio		x	x	
Crucero: Pacífico XL	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Julio		x	x	
Crucero: Pacífico XL	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Julio		x	x	
Crucero: Pacífico XL	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Julio		x	x	
Pacífico XLI - VIII Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVIII	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Septiembre -		x	x	
Crucero: Pacífico XLI - VIII Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVIII	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLI - VIII Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVIII	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLI - VIII Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XXXVIII	Cuenca Pacífica Colombiana	2005	Septiembre		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero	Isla Gorgona	2006	Junio		x	x	
Crucero: Pacífico XLII - ERFEN XXXIX	Corriente Colombia	2006	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLII - ERFEN XXXIX	Cuenca Pacífica Colombiana	2006	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLII - ERFEN XXXIX	Isla Gorgona	2006	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLII - ERFEN XXXIX	Isla Malpelo	2006	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLIII - IX Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XI	Cuenca Pacífica Colombiana	2006	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLIII- IX Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XI	Isla Gorgona	2006	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLIII - IX Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XI	Isla Malpelo	2006	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLIV - ERFEN XLI	Corriente Colombia	2007	Enero y Febrero	x	x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Pacífico XLIV - ERFEN XLI	Cuenca Pacífica Colombiana	2007	Enero y Febrero	x	x	x	
Crucero: Pacífico XLIV - ERFEN XLI	Isla Gorgona	2007	Enero		x	x	
Crucero: Pacífico XLIV - ERFEN XLI	Isla Malpelo	2007	Febrero		x	x	
Crucero: Pacífico XLV - X Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLII	Corriente Colombia	2007	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLV - X Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLII	Cuenca Pacífica Colombiana	2007	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLV - X Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLII	Isla Gorgona	2007	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLV - X Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLII	Isla Malpelo	2007	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLVI - ERFEN XLIII	Cuenca Pacífica Colombiana	2008	Marzo		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Pacífico XLVI - ERFEN XLIII	Isla Gorgona	2008	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLVI - ERFEN XLIII	Isla Malpelo	2008	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLVII - XI Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLIV	Cuenca Pacífica Colombiana	2008	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLVII - XI Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLIV	Isla Gorgona	2008	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLVII - XI Crucero Regional Conjunto CPPS - ERFEN XLIV	Isla Malpelo	2008	Septiembre		x	x	
Crucero: Pacífico XLVIII - ERFEN XLV	Cuenca Pacífica Colombiana	2009	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLVIII - ERFEN XLV	Isla Gorgona	2009	Marzo		x	x	
Crucero: Pacífico XLVIII - ERFEN XLV	Isla Malpelo	2009	Marzo		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLVII - XII Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	2009	Septiembre y Octubre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLVII - XII Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Gorgona	2009	Octubre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLVII - XII Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Malpelo	2009	Septiembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLIX / XIII Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	2010	Septiembre y Octubre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLIX / XIII Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Gorgona	2010	Septiembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLIX / XIII Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Malpelo	2010	Septiembre		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XL/ XIV Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	2011	Octubre y Noviembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XL/ XIV Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Gorgona	2011	Noviembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XL/ XIV Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Malpelo	2011	Octubre y Noviembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLI/ XV Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	2012	Septiembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLI/ XV Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Gorgona	2012	Septiembre		x	x	
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLI/ XV Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Malpelo	2012	Septiembre		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLII/ XVI Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	2013	Octubre		x		
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLII/ XVI Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Gorgona	2013	Octubre		x		
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLII/ XVI Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Malpelo	2013	Octubre		x		
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLIII/ XVI Crucero Regional Conjunto CPPS	Cuenca Pacífica Colombiana	2014	Octubre		x		
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLIII/ XVII Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Gorgona	2014	Octubre		x		
Crucero: Cuenca Pacífica Colombiana XLIII/ XVII Crucero Regional Conjunto CPPS	Isla Malpelo	2014	Octubre		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2004	Marzo a Mayo y Septiembre	x	x	x	
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2005	Mayo y Diciembre	x	x	x	
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2005	Mayo y Diciembre		x		
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2005	Mayo y Diciembre		x		
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2005	Mayo y Diciembre		x	x	
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2006	Abril	x	x	x	
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2006	Abril		x		
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2006	Abril		x		
Derrame de crudo Ecopetrol	Bahía de Tumaco	2006	Abril		x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	1997	Enero a Diciembre	x	x		
Estación 5	Costa de Tumaco	1998	Enero a Diciembre	x	x		
Estación 5	Costa de Tumaco	1999	Enero a Diciembre	x	x		
Estación 5	Costa de Tumaco	2000	Enero a Septiembre	x	x		
Estación 5	Costa de Tumaco	2001	Enero a Agosto	x	x		
Estación 5	Costa de Tumaco	2002	Enero y Diciembre		x		
Estación 5	Costa de Tumaco	2003	Enero a Julio y Diciembre		x		
Estación 5	Costa de Tumaco	2004	Enero a Diciembre		x		
Estación 5	Costa de Tumaco	2005	Enero a Marzo y Agosto a Diciembre		x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2006	Enero a Diciembre		x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2007	Enero / Diciembre		x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2008	Enero / Noviembre		x	x	

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Estación 5	Costa de Tumaco	2009	Enero / Noviembre		x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2010	Enero / Diciembre		x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2011	Enero / Noviembre	x	x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2012	Enero / Diciembre	x	x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2013	Enero a Diciembre	x	x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	2014	Enero / Diciembre	x	x	x	
Estación 5	Costa de Tumaco	1993-1999	Enero a Diciembre	x			
Estación 5	Costa de Tumaco	1999-2010	Enero a Abril y Julio a Diciembre	x			
Estación 5	Costa de Tumaco	1999-2015	Enero a Diciembre	x			
Contaminación: Aceites y Grasas	Rio Mira Tumaco	1987	Febrero / Diciembre	x	x	x	
Contaminación: Metales Pesados	Bahía de Tumaco y Área de influencia	1994	Marzo y Abril	x	x		
Contaminación: Metales Pesados	Bahía de Tumaco y Área de influencia	1994	Marzo		x		
Contaminación: Metales Pesados	Bahía de Tumaco y Área de influencia	1994	Marzo		x		
Contaminación: Metales Pesados	Bahía de Tumaco y Área de influencia	1994	Marzo y Abril		x		
Contaminación: Metales Pesados	Bahía de Tumaco y Área de influencia	1994	Marzo		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Contaminación: Metales Pesados	Bahía de Tumaco y Área de influencia	1994	Abril		x		
Eutrofización	Bahía de Tumaco	1991	Enero a Agosto	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1985	Octubre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1985	Octubre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1985	Octubre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1985	Octubre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1986	Junio, Oct y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1986	Junio / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1986	Junio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1987	Septiembre y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1987	Febrero y Abril		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1987	Septiembre y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1987	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1987	Febrero / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1988	Marzo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1988	Junio y Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1988	Marzo / Noviembre		x		x
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1988	Marzo / Noviembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1989	Junio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1989	Junio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1989	Junio / Diciembre		x		x

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1989	Junio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1990	Marzo / Octubre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1991	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1991	Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1991	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1991	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1991	Febrero / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1992	Mayo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1992	Mayo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1992	Mayo / Noviembre		x	x	
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1992	Mayo / Noviembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1993	Abril y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1993	Abril y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1993	Abril y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía de Buenaventura	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1991	Marzo y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1991	Marzo y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1991	Marzo / Diciembre		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1991	Marzo / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1992	Mayo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1992	Mayo / Diciembre		x	x	
Hidrocarburos	Bahía Cupica	1992	Mayo / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1989	Junio / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1989	Junio / Diciembre		x		x
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1989	Junio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1990	Marzo / Septiembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1991	Febrero y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1991	Febrero / Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1991	Febrero / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1992	Mayo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1992	Mayo / Noviembre		x	x	
Hidrocarburos	Bahía Guapi	1992	Mayo / Noviembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1989	Junio		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1989	Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1989	Junio y Diciembre		x		x
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1989	Junio y Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1990	Marzo / Octubre	x	x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1991	Febrero y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1991	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1991	Febrero / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1992	Mayo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1992	Mayo / Noviembre		x	x	
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1992	Mayo / Noviembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1993	Abril y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1993	Abril y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1993	Abril y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Malaga	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1991	Marzo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1991	Marzo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1991	Marzo / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1992	Mayo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1992	Mayo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1992	Mayo / Diciembre		x	x	
Hidrocarburos	Bahía Solano	1992	Mayo / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Solano	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1985	Mayo		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1985	Mayo		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1985	Mayo	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1986	Junio / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1986	Junio / Octubre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1986	Junio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Febrero y Abril		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Septiembre y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1987	Febrero / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1988	Marzo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1988	Junio / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1988	Marzo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1988	Marzo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1988	Marzo / Noviembre		x		x
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1988	Marzo / Noviembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1989	Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1989	Julio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1989	Julio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1989	Julio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1989	Julio / Diciembre		x		x

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1989	Julio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1990	Junio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1990	Junio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1990	Junio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1990	Junio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1990	Junio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1990	Abril / Octubre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1991	Marzo y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1991	Marzo		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1991	Marzo y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1991	Marzo y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1991	Marzo y Julio		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1991	Marzo y Julio	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1992	Enero / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1992	Enero		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1992	Enero / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1992	Enero		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1992	Enero / Noviembre		x	x	
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1992	Enero / Noviembre	x	x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1993	Mayo y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1993	Mayo y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1993	Mayo y Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1993	Mayo		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	1994	Agosto		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	2000	Noviembre y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Bahía Tumaco	2001	Enero		x		
Hidrocarburos	Cabo Corrientes	1989	Diciembre		x		
Hidrocarburos	Cabo Corrientes	1989	Junio		x		
Hidrocarburos	Cabo Corrientes	1989	Junio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Cabo Corrientes	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Cabo Corrientes	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Cabo Corrientes	1990	Marzo y Mayo	x	x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1986	Marzo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1986	Marzo / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1986	Marzo / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1987	Febrero / Diciembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1987	Septiembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1987	Febrero		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1987	Septiembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1987	Febrero / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1988	Junio y Noviembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1988	Marzo / Noviembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1988	Marzo / Noviembre		x		x
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1988	Marzo / Noviembre	x	x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1989	Junio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1989	Junio y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1989	Junio y Diciembre		x		x
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1989	Junio / Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1990	Marzo / Septiembre	x	x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1991	Febrero y Julio		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1991	Febrero y Diciembre		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1991	Febrero y Julio		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1991	Febrero y Diciembre	x	x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1992	Mayo y Julio		x		
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1992	Mayo y Julio		x	x	
Hidrocarburos	Isla Gorgona	1992	Mayo y Noviembre	x	x		
Hidrocarburos: Sinopsis Bioecológica	Región IV Zona 3 del litoral Pacífico Colombiano.	1990	Mayo		x		
Hidrocarburos: Sinopsis Bioecológica	Región IV Zona 3 del litoral Pacífico Colombiano.	1990	Mayo		x		

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos			
				Físicos	Químicos	Biológicos	Granulometría
Hidrocarburos: Sinopsis Bioecológica	Región IV Zona 3 del litoral Pacífico Colombiano.	1990	Mayo	x	x		
Hidrocarburos Cruceros Pacifico XXIII, XXV y XXVI	Cuenca Pacífica Colombiana	1994 - 1996	Noviembre		x		
Hidrocarburos Cruceros Pacifico XXIII, XXV y XXVI	Cuenca Pacífica Colombiana	1996	Junio		x		
Hidrocarburos Cruceros Pacifico XXIII, XXV y XXVI	Cuenca Pacífica Colombiana	1996	Octubre		x		
Impacto: Monitoreo derrame ACPM pesquero Bettina	Costa Bahía Solano	2003	Octubre		x		
Monitoreo ambiental	Canal de Buenaventura	2006	Marzo	x	x		
Monitoreo ambiental	Canal de Buenaventura	2006	Marzo		x		
Monitoreo ambiental	Canal de Buenaventura	2006	Marzo		x		
Monitoreo ambiental	Canal de Buenaventura	2006	Marzo		x		x
Monitoreo ambiental	Canal de Buenaventura	2006	Marzo		x		
Pasantía: Monitoreo	Tumaco Playa El Morro	2009	Agosto	x	x	x	
Tesis: Biorremediación Hidrocarburos	Bahía de Tumaco	2008	Abril	x	x	x	

Fuente. Autor

Anexo D. Inventario de datos normalizados de la expedición científica en la Antártida, verano austral (2014-2015).

Tema general o macro	Nombre del área geográfica	Año	Periodo de tiempo	Datos medidos					
				Físicos	Químicos	Biológicos	Geológicos	Meteorológicos	Corrientes
Expedición científica de Colombia en la Antártida	Estrecho de Gerlache – Península Antártica	2014 / 2015	Diciembre a Marzo	x	x	x	x	x	x

Fuente. Autor

Anexo E. Revisión del cumplimiento de la metodología de normalización de datos del CECOLDO en algunos datos del Caribe

Escala numérica y simbólica para la clasificación de los documentos revisados en el diagnóstico.

ESCALA DE CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA		
5	Excelente	
4	Bueno	
3	Aceptable	
2	Regular	
1	Malo / No aplica.	

Fuente. Autor

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
CONTAMINACIÓN	1989	HDD	Caribe	Es necesario eliminar la carpeta correspondiente al año (1989) de la temática de Contaminación, contenida en las carpetas HDD, caribe, 1989 debido a que contiene la misma información encontrada para el año 1988 y que además tenía una segunda copia del mismo año con documentos que fueron eliminados. En	N/A	N/A	N/A	1 - N/A	

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
				base a lo anterior no se generó diagnóstico de la información y se dejó el que ya se había realizado para las carpetas Contaminación, HDD, caribe, 1988 al encontrarse bien normalizada.					

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	1985	Bahía de Cartagena	Bahía - Muestra de agua y playa Hidrocarburos Disueltos y Dispersos y Alquitrán	No se encontró reporte primario. El metadato parece no coincidir con la información reportada en la base de datos, el título del reporte hace referencia a un conjunto de datos de parámetros físico-químicos. Base de datos incompleta; se reportó datos de HDD ($\mu\text{g/L}$) y Alquitrán. No se encuentran datos de Latitud [deg] Longitud [deg]; no se registró el día de toma de las muestras. Para la fecha 1985-03 no se tienen datos.	60 Filas.	Azul: Datos ausentes.	Poca información y Falta Localización.	2	

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO O DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	1990	La guajira	Conjunto de parámetros fisicoquímicos de muestras agua marina colectadas en el norte del departamento de la Guajira, Colombia.	Se encontró catálogo de metadato en formato PDF y Word que coinciden con los datos normalizados, la información contenida en el formato Word presenta mayor información del muestreo y los datos. Se encontró imagen digital donde se llevó a cabo el muestreo. No se encontró información relacionada al envoltorio geográfico del muestreo en los datos brutos, en los datos normalizados ni en el metadato. Los datos brutos coinciden con los datos normalizados. Se encontró información normalizada de Fecha [aaaa-mm-dd UT-5], Hora [hh:mm:ss UT-5], Latitud [deg], Longitud [deg], Muestra [#], Estación [#], Profundidad [m], Temperatura [°C], NH4 [µg-at/L], NO2 [µg-at/L], NO3 [µg-at/L], PO4 [µg-at/L], SiO3 [µg-at/L] y OD [mg/L]. Se encontró ausencia de información en la base de datos normalizada de Hora [hh:mm:ss UT-5], Latitud [deg], Longitud [deg], Estación [#], Profundidad [m] y Temperatura [°C]; y ausencia	209 Filas.	Azul: Datos ausentes. Gris: Error de dígito del dato.	No registra localización. Contiene datos de parámetros químicos únicamente.	3	

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO O DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
				parcial de información para los parámetros NH4 [µg-at/L], NO2 [µg-at/L], NO3 [µg-at/L], PO4 [µg-at/L], SiO3 [µg-at/L] y OD [mg/L].					

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO O DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
AGUAS DE LASTRE	2005	Puerto de Cartagena	Aguas de lastre de tanques de los buques de tráfico internacional	Se verificó ausencia de datos Hora [hh:mm:ss UT-5], Latitud [deg], Longitud [deg], vacíos de información en CLOROFILA A [mg/m3], FEOPIGMENTOS [mg/m3], OD [mg/L], NO2 [mg/L], NH4 [mg/L], pH [DMNLESS]. Se verificó que no se tiene en cuenta datos de Transparencia [m] en la base de datos ya que hay registros en los reportes primarios. Se completó datos de localización (Latitud [deg], Longitud [deg]) con información de metadatos respecto al envolvente geográfico de la bahía de Cartagena ya que los buques no registran localización. Se completó unidades de FEOPIGMENTOS [mg/m3] en la base de datos según el reporte primario. Se encontró que no todos los buques de encuentran codificados adecuadamente. En los restantes no se encontró registro de información en los reportes primarios para completar ausencia en la base de datos normalizada.	14 Filas.	Azul: Datos ausentes. Rojo: Variación significativa del dato.	Poca información y vacíos de información. Para buques tener en cuenta pag, 22 de la GUÍA PARA LA NORMALIZACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS OCEANOGRÁFICOS.	4	

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO O DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
CRUCEROS	1981	N/A	Conjunto de datos de parámetros físico-químicos colectados durante el crucero V áreas 2 y 3, Colombia.	Se encontró base de datos normalizada "co_dimar_cioh_19810802_19810906_crucero oceano v_areas 1-2" la cual se encuentra sustentada con los reportes primarios denominados "Océano V Área 2 y 3_1981 (Excel) e "Informe de Crucero Océano V áreas 2 y 3 agosto 1981 (PDF)". Los reportes primarios concuerdan con la información normalizada. Se encontró documento en formato PDF escaneado, que corresponde al informe realizado de la expedición y contiene los datos de las observaciones oceanográficas "Informe de Crucero Océano V". Se encontró imagen del mapa de puntos del crucero "Océano V Área I" Se encontró metadato en formato PDF y Word, el documento en Word contiene mayor información asociada a los datos normalizados y los datos brutos; guardados con el nombre de "Metadato Agosto-Septiembre (PDF) y Metadato_19750401_19751124_crucero IV_1975 (Word)" Se encontró información	882 Filas.	Azul: Datos ausentes.	Gran volumen de información, contiene localización, ausencia mínima de datos en un parámetro.	5	

TEMA GENERAL O MACRO	AÑO DE MUESTREO	NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y/O TEMÁTICA	DIAGNÓSTICO	CANTIDAD DE FILAS O REGISTRO DE CADA ARCHIVO O DE DATOS	CONVENCIONES DE LOS ARCHIVOS DE DATOS NORMALIZADOS	OBSERVACIONES	CLASIFICACIÓN Rango (1 - 5)	ESCALA
				normalizada de Fecha [aaaa-mm-dd UT-5], Hora [hh:mm:ss UT-5,] Latitud [deg], Longitud [deg], Estación [#], Profundidad [m], Temperatura [°C], Salinidad [ups], OD [ml,/L] y pH [DMNLESS]. Se encontró ausencia parcial de información de Salinidad [ups].					

Fuente. Autor

Anexo F. Ejercicio práctico de generación de capas de información geográfica en ArcGIS.

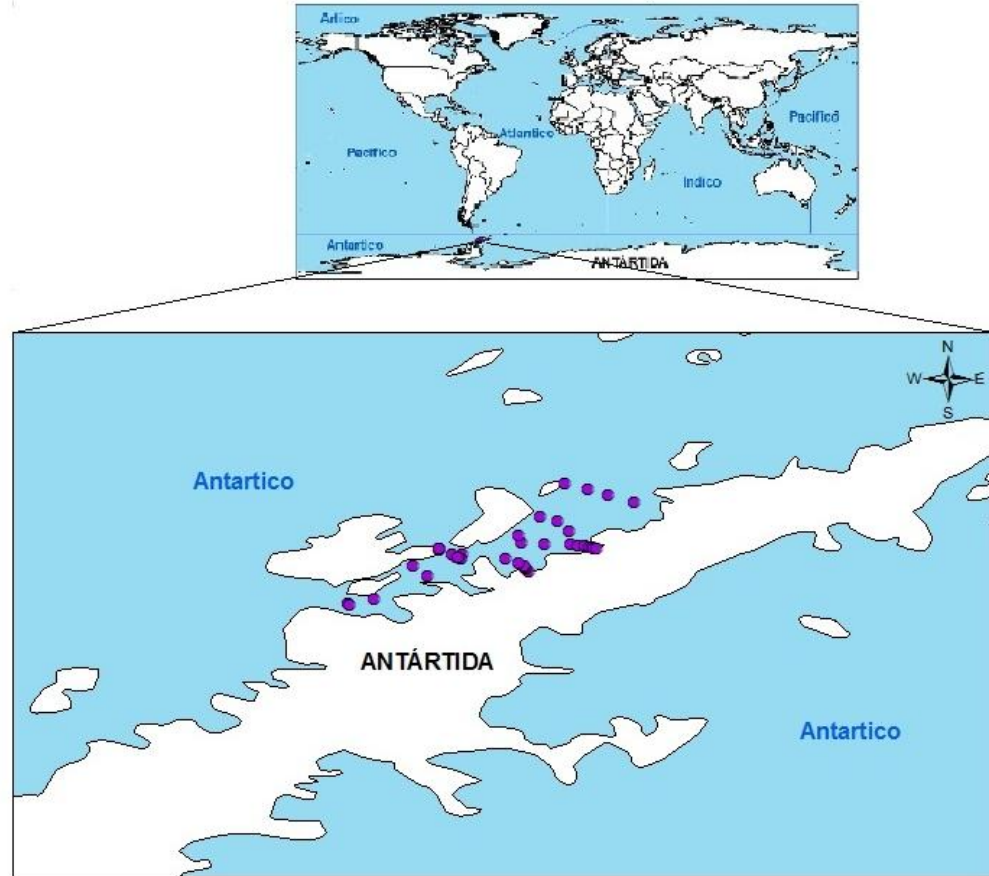
Como parte de la pasantía, se efectuó un ejercicio práctico en el que se representó la distribución espacial de los datos químicos obtenidos en cruceros oceanográficos realizados en el Caribe para los años 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2014 y datos químicos de la expedición realizada en la Antártida en el año 2015, que aunque no se encontraban en la zona de estudio, contribuyeron con la definición de la metodología para generar las capas de información geográfica.


Para generar las capas de información geográfica de dicho ejercicio práctico, se revisó cada matriz de datos normalizados aplicando la metodología descrita en el apartado 8.5, obteniendo como resultado una tabla de datos de Antártida 2015 y 7 tablas de datos para los demás cruceros. En la siguiente tabla se aprecia la estructura de la tabla de datos del Crucero Oceanográfico de 2014 para la generación de mapas en ArcGIS y en la figura se presenta el mapa de la distribución geográfica del conjunto de datos de oceanografía química recopilados en la expedición realizada por Colombia en la Antártida.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Fecha [aaaa-mm-dd UT-5]	Hora [hh:mm:ss UT-5]	Latitud [deg]	Longitud [deg]	Estación [#]	Parametro 1	Parametro 2	Parametro 3	Parametro 4	Parametro 5	Parametro 6
2	2014-03-21	12:15	12,95000	-81,60000	SF001	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
3	2014-03-21	17:15	12,95000	-81,30000	SF002	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
4	2014-03-21	8:00	12,93583	-80,40000	SF005	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
5	2014-03-21	10:50	12,95278	-80,10000	SF006	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
6	2014-03-21	15:20	13,32111	-80,10056	SF007	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
7	2014-03-21	11:00	13,54250	-80,08250	R2	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
8	2014-03-21	15:40	13,55333	-80,75194	R7	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
9	2014-03-26	15:50	13,52944	-80,07556	R22	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
10	2014-03-26	8:55	13,57361	-80,10556	RFRENTE	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
11	2014-03-26	8:00	13,66889	-80,60059	SF013	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
12	2014-03-26	11:17	13,65067	-81,31693	SF014	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
13	2014-03-26	15:50	13,98573	-81,31083	SF023	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
14	2014-03-26	9:00	14,44583	-81,12750	Q42	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
15	2014-03-28	7:20	13,57483	-80,09281	QF	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
16	2014-03-28	10:00	14,20056	-80,20528	Q60	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
17	2014-03-28	9:30	14,00000	-80,70000	SF21	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
18	2014-03-28	14:39	13,65000	-81,00000	SF15	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
19	2014-03-28	14:00	14,14278	-81,17194	Q65	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
20	2014-03-28	8:22	14,36194	-81,42644	SF29	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
21	2014-03-28	16:20	14,31111	-81,35250	S66	NH4 [mg/L]	NO2 [mg/L]	NO3 [mg/L]	PO4 [mg/L]	pH [Dmnless]	SiO3 [mg/L]
22											
23											
24											

Fuente. Autor

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DATOS DE OCEANOGRAFÍA QUÍMICA EXPEDICIÓN ANTARTIDA 2015




Proyecto de pasantía DIMAR - USTA
Centro Colombiano de Datos Oceanográficos
Mapa de Crucero Expedición Antártida
Elaborado por Stephany Novoa Diaz
Estudiante de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C., 2016

0 20 40 80 120 160 Miles

CONVENCIONES

- Datos de oceanografía química 2015
- Antártida
- Oceano Antártico

Fuente. Autor

Anexo G. Metodología propuesta para la creación de capas de información usando ArcGIS, a partir de datos físico-químicos almacenados en el CECOLDO

La metodología propuesta surgió a partir del procesamiento de datos para el caso de estudio de la presente pasantía utilizando el software ArcGIS Desktop en su versión 10.3, por lo que es posible que deba ajustarse para trabajar con otras disciplinas de datos y otras herramientas SIG.

La metodología consta de seis pasos que se describen detalladamente a continuación:

1. Preparación del archivo de datos
2. Preparación para crear las capas de información
3. Generar capas de información.
4. Agregar los datos al mapa
5. Recortar las capas de información.
6. Convertir al sistema de coordenadas proyectadas.

1. Preparación del archivo de datos .xlsx

El nombre del archivo de datos y metadato asociado debe cumplir con las especificaciones del CECOLDO

1.1. La estructura del archivo de datos debe ajustarse así::

1.1.1. El encabezado o parte superior:

Cumplir con las unidades: Fecha [aaaa-mm-dd UT-5], número o código de identificación de la estación [#], latitud [deg] “referente Norte-Sur”, longitud [deg] “referente Este-Oeste”, parámetros de interés (Temperatura, Salinidad, Nutrientes, etc...). Esto varía según las necesidades o disponibilidad de la información.

En este punto es importante verificar que las coordenadas coincidan con el punto o lugar donde se efectuaron las mediciones, en caso de presentar desfase es necesario ajustar apoyándose en los documentos de la cadena de custodia.

AÑO	ESTACIÓN	NORTE	ESTE	Temp_prom	Temp_max	Temp_min	Temp_med	Sal_prom	Sal_max
1975	52	1767231,455310	1012091,278394	22,307	24,290	10,130	23,890	36,818	36,935
1975	53	1745107,629240	988447,781590	22,609	22,670	22,500	22,660	36,784	36,895

1.1.2. En la parte inferior:

En cada libro la fecha en que se ejecutó el tema general o macro.

<	>	2014E	2011E	2011aE	2010E	2010aE	2008E	2007E	2006E	2006aE	2004E	1992 ...
---	---	-------	-------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	--------	-------	----------

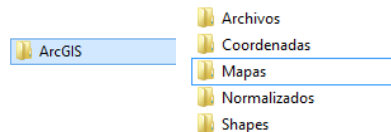
1.2. Ajustes de contenido:

El archivo que se va a cargar debe estar lo más limpio posible, por ejemplo:

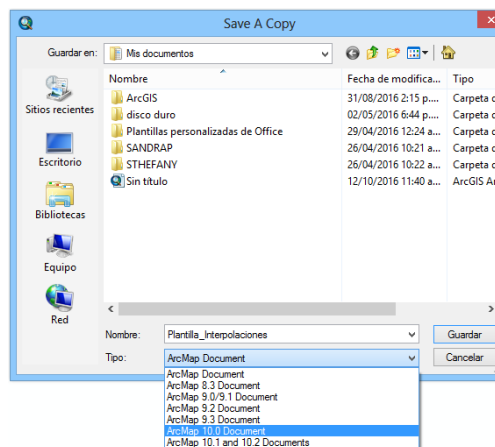
- ✓ Manejar espacios vacíos. Tener cuidado cuando se copia y pega de un archivo a otro no abarcar más allá de los datos, es decir donde haya espacios vacíos.
- ✓ Los datos deben contener la misma cantidad de decimales y deben estar en un único formato preferiblemente (numérico).
- ✓ Nombres abreviados y fácilmente identificables.
- ✓ No usar códigos ASCII en el encabezado ni en los datos, excepto el guion bajo (_).
- ✓ Usar como separador decimal la coma en vez del punto.

2. Preparación para crear las capas de información

2.1. Para crear capas de información es recomendable guardar todos los archivos en una misma carpeta de modo que todos los archivos sigan una misma ruta de origen y destino.




2.2. Es recomendable guardar el documento de trabajo, archivo .mxd como un tipo de documento ArcMAP en una versión anterior a las últimas actualizaciones de la plataforma para facilitar el acceso al archivo desde cualquier equipo que maneje una versión anterior. El archivo viaja con la ruta no con los datos.

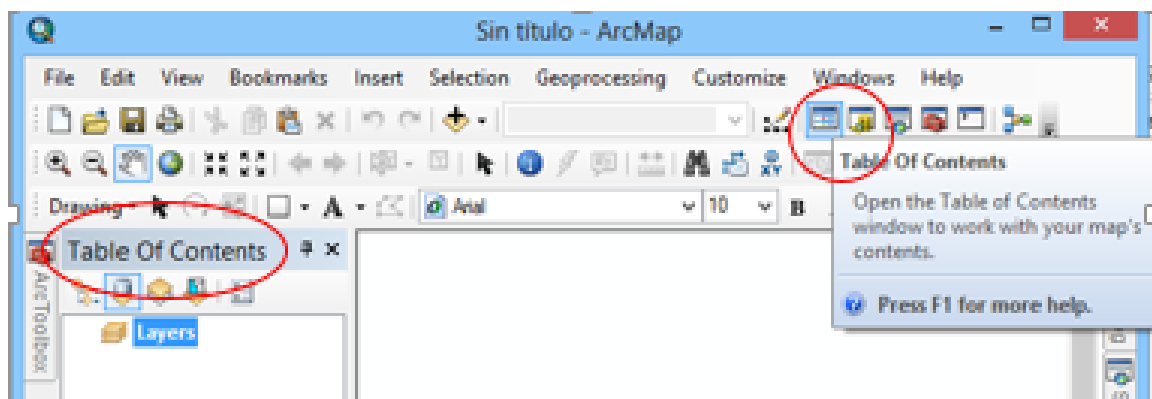


3. Generar capas de información.

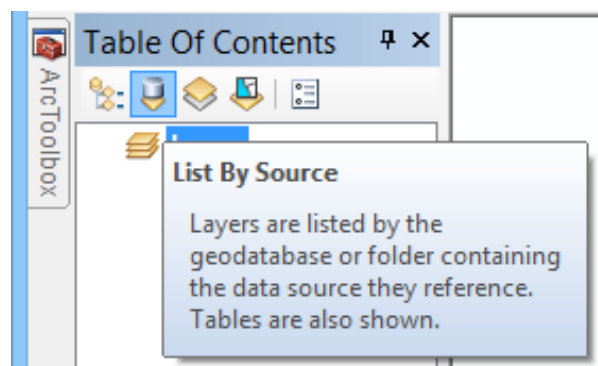
3.1. Abrir ArcMAP y trabajar sobre el documento de mapa vacío.



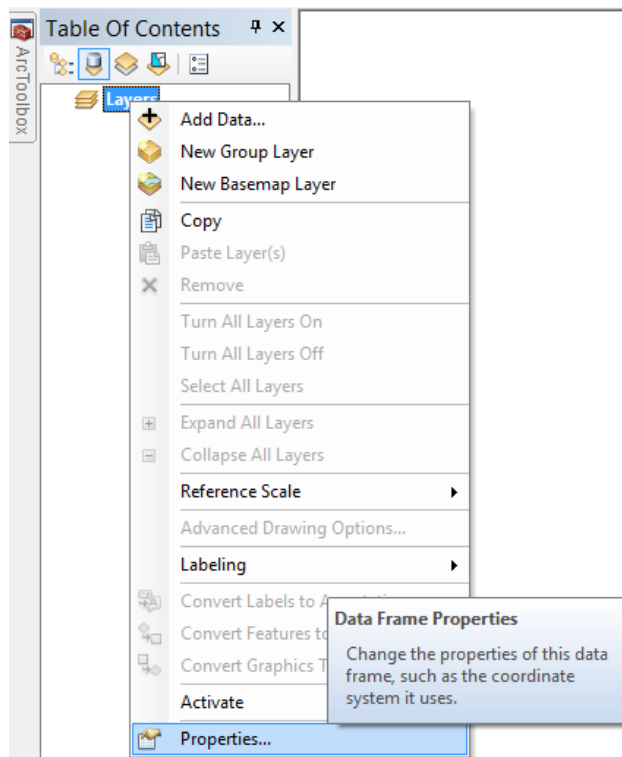
3.2. Doble clic en el icono “Table of contents” , desplegando la ventana con la tabla de contenido al costado izquierdo.



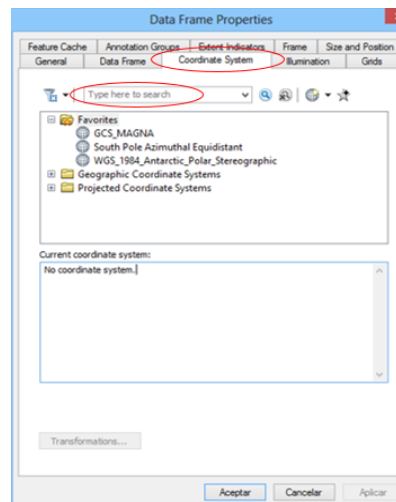
3.3. En la tabla de contenido dar clic sobre el icono “List By Source”, aquí se encuentran las capas o layers desde la carpeta de origen de donde se carga los datos.




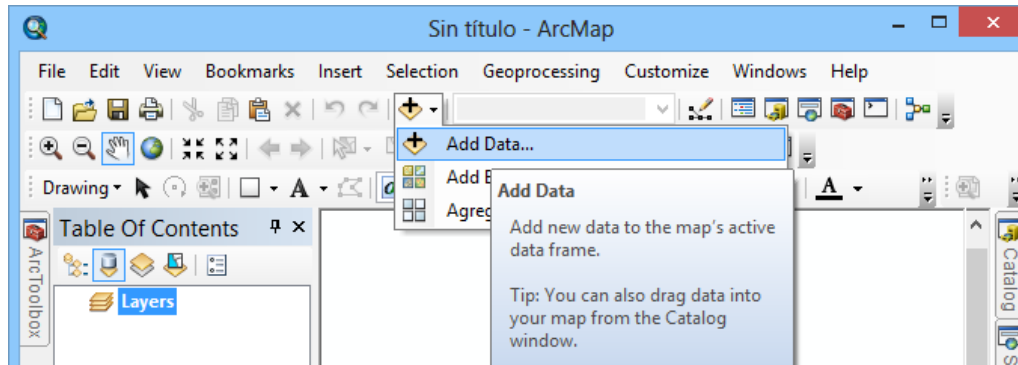
3.4. En la tala de contenidos dar clic derecho sobre la palabra “layers”, en la ventana que se despliega clic en “Properties”, aquí se puede cambiar las propiedades del grupo de datos.



- 3.5. Para definir el sistema de coordenadas, sobre la ventana que se despliega luego de dar clic en propiedades ir a “Coordinate System”, aquí en el campo “Type here to search” se busca y selecciona el sistema de coordenadas según la ubicación geográfica de los datos, puede ser de tipo geográfico o proyectado.



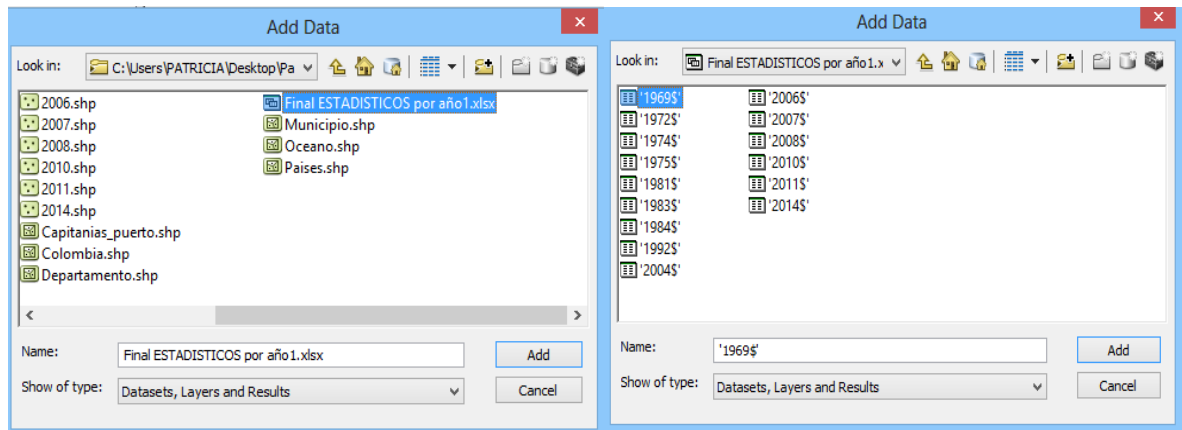
- 3.6. Luego para cargar tablas o capas con datos, dar clic sobre el icono “Add Data”  , opción Add Data.



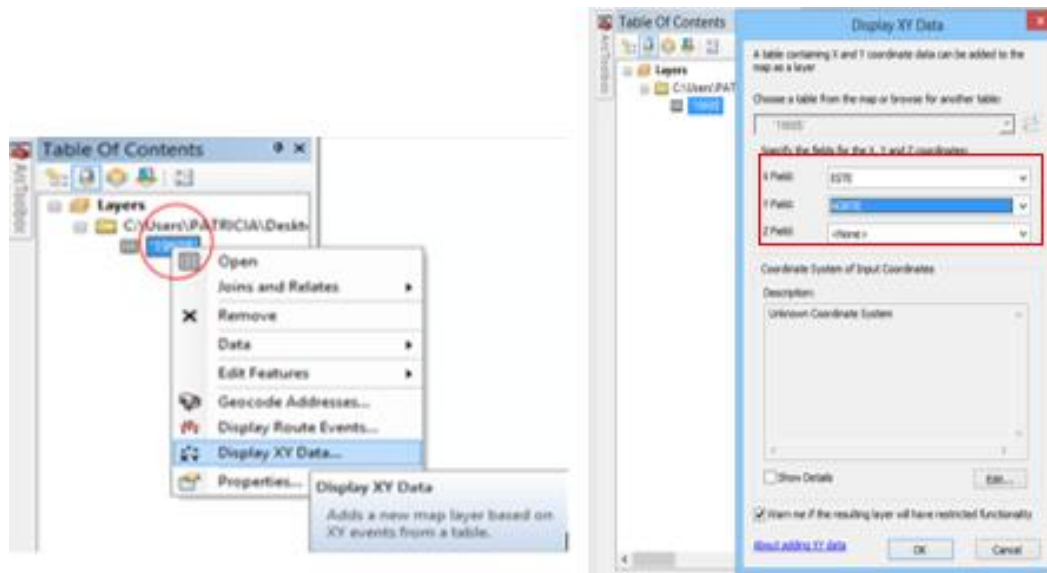
- 3.7. En la ventana que se despliega, en el icono “Connect to Folder” se busca la ruta a la carpeta contenedora de datos.



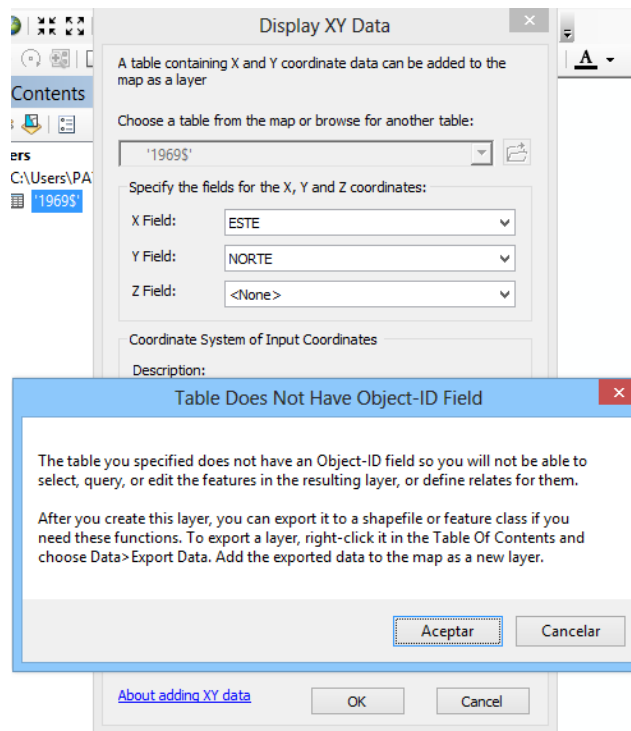
- 3.8. Luego de conectar con la carpeta de origen, se selecciona las capas y la tabla de datos a cargar.



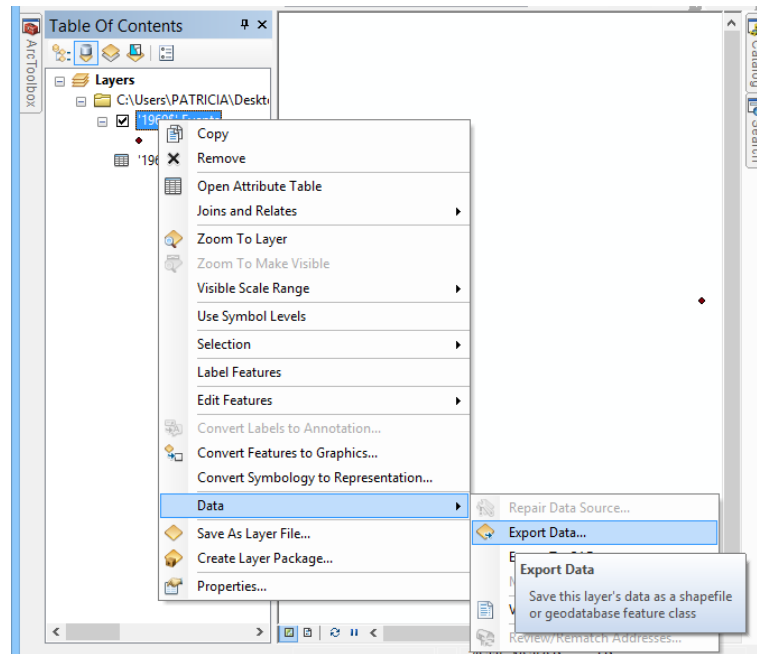
- 3.9. Finalmente se carga el libro de datos al sistema ArcGIS. Sobre la tabla de datos cargada dar clic derecho y en la ventana desplegada dar clic nuevamente sobre “Display XY Data..”, para especificar los campos de X, Y y Z de las coordenadas. Ej. X = longitud, Y = latitud, Z= profundidad.



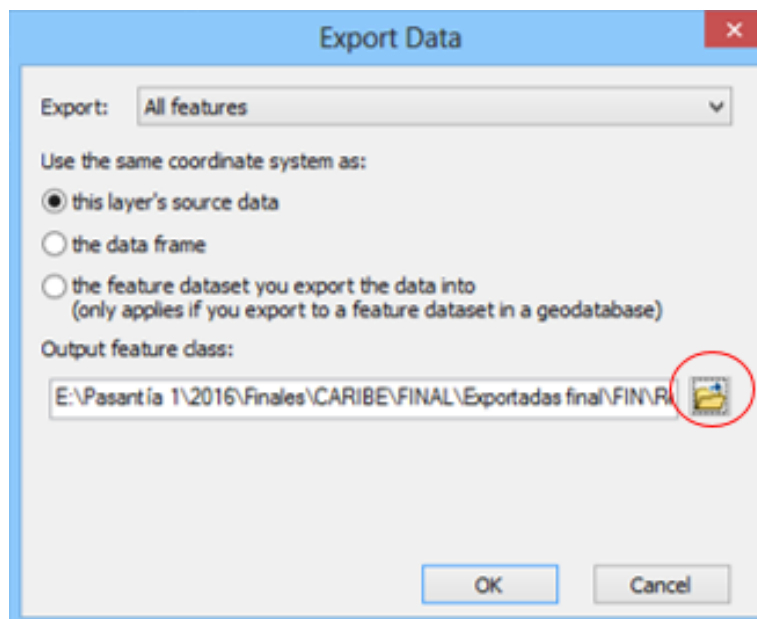
- 3.10. En la ventana emergente dar clic en aceptar y de esta manera se cargan los puntos al mapa, la advertencia del cuadro del dialogo indica que se creó una capa que no puede ser seleccionada, consultada o editada, para poder realizar estos cambios es necesario exportar a un archivo o shapefile.



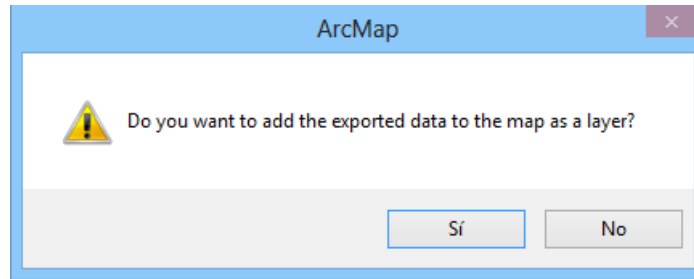
3.11. Sobre la nueva capa generada presionar clic derecho, “Data” “Export Data”



3.12. Se selecciona la carpeta de destino donde se guardara el shapefile, se le asigna el nombre y se guarda.



- 3.13. En la ventana emergente dar clic en si, de esta manera se agrega al mapa la capa exportada, la cual es posible seleccionar, consular, editar, etc.



- 3.14. A partir de esto se generan siete extensiones de archivo de shapefile (.cpg, .dbf, .prj, .sbn, .sbx, .shx, .shp), cada uno de estos almacena y define algo en específico que en conjunto conforman la referencia geográfica en el mapa así: [57].

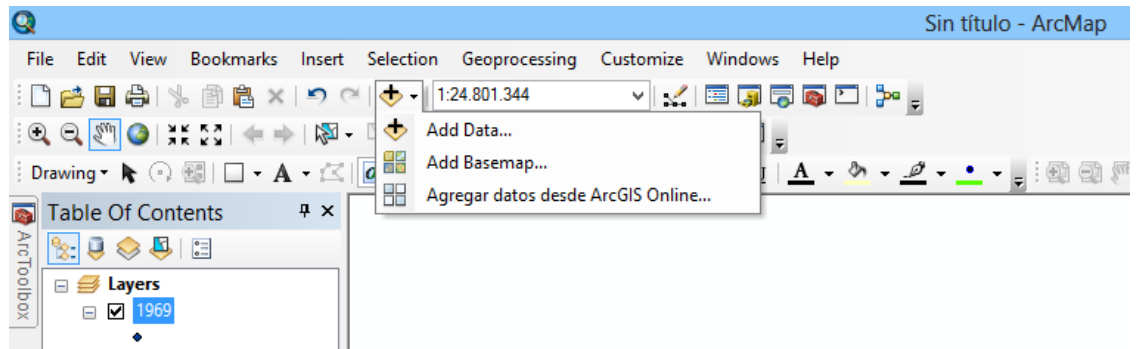
- ✓ .cpg: es un archivo opcional que se puede utilizar para especificar la página de código para identificar el conjunto de caracteres que se va a utilizar.
- ✓ .dbf: es la tabla dBASE que almacena la información de atributos de las entidades; necesaria.
- ✓ Entre la geometría y los atributos existe una relación de uno a uno, basada en el número de registro. Los registros de atributo del archivo dBase deben estar en el mismo orden que registros del archivo principal.
- ✓ .prj: es el archivo que almacena información del sistema de coordenadas; se utiliza en ArcGIS.
- ✓ .sbn y .sbx: son los archivos que almacenan el índice espacial de las entidades.
- ✓ .shx: es el archivo de índice que almacena el índice de la geometría de la entidad; necesario.
- ✓ .shp: es el archivo principal que almacena la geometría de la entidad; necesario.

4. Agregar los datos al mapa

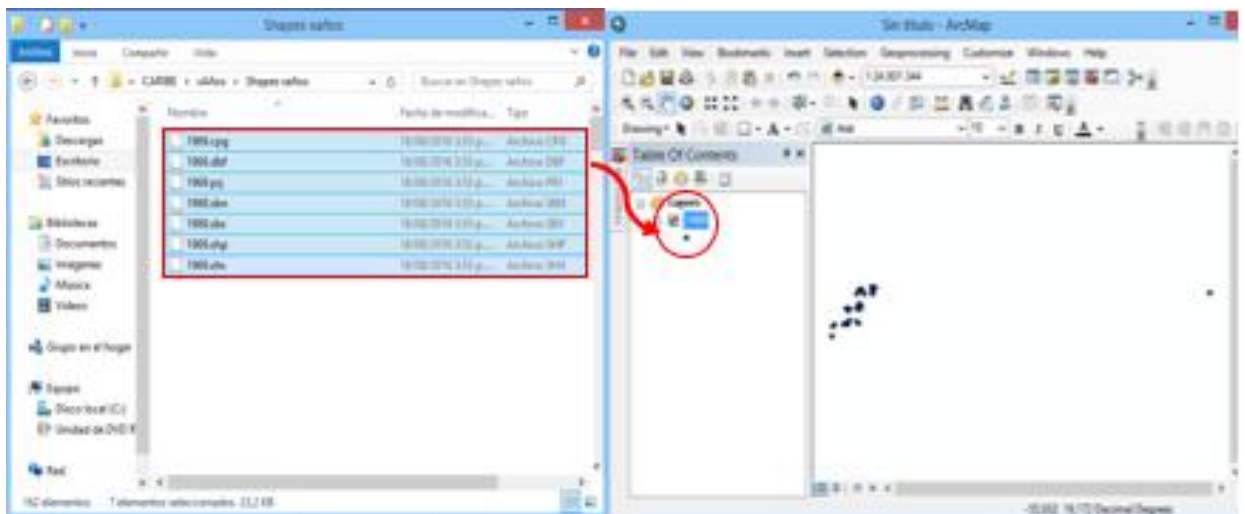
- 4.1. De la misma manera que se mencionó en el apartado “3. generar capas de información” paso 3.6 para cargar las tablas de datos con las cuales se generarían las capas de información.

4.2. Dar clic sobre el icono “Add Data”  :

- a. Opción “Add Data” (para agregar capas de datos desde una carpeta personal).
- b. Opción “Add Basemap” (para agregar un mapa base del mundo *desde internet*)
- c. Opción “Agregar datos desde ArcGIS Online” (para agregar datos desde la plataforma de ArcGIS Online como una capa, *es necesario iniciar sesión*)




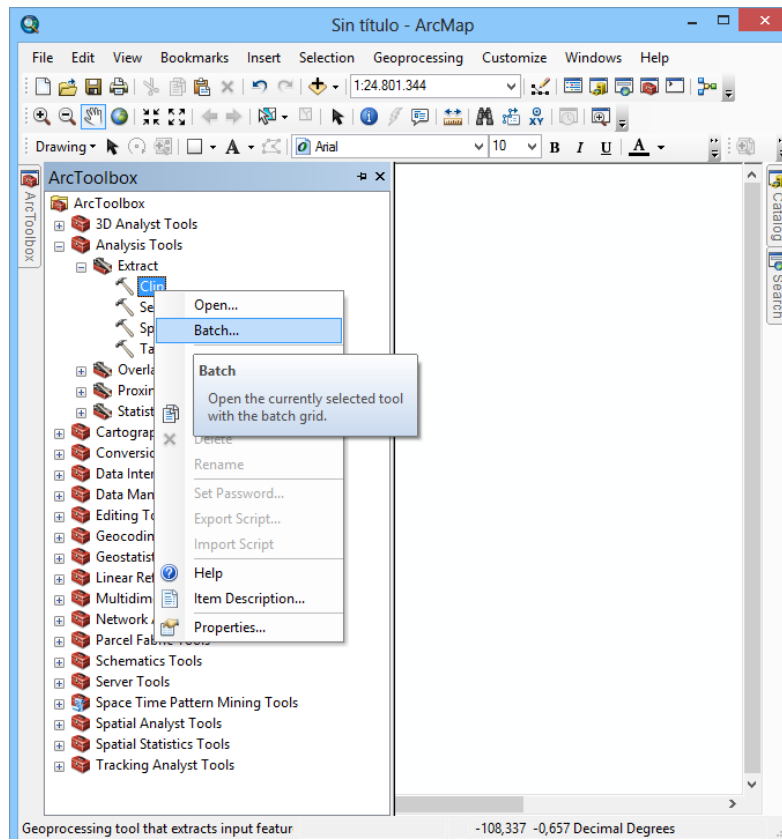
4.3. Se puede arrastrar desde la carpeta que contiene las extensiones de archivo de shapefile a la tabla de contenido de ArcMap.



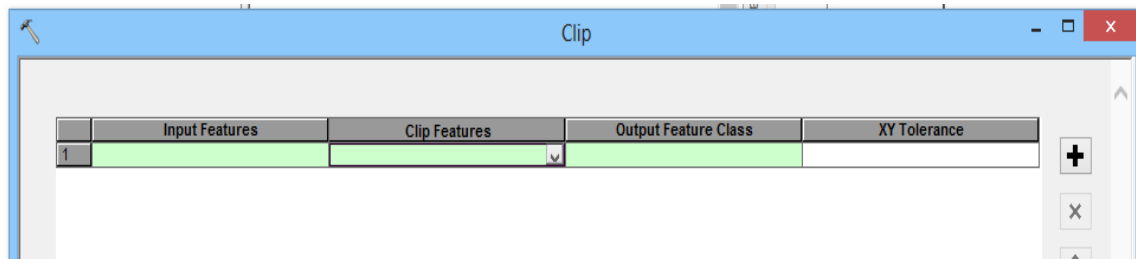
5. Recortar las capas de información.

Es necesario tener las capas de información de entrada y salida.

- 5.1. Para recortar las capas de información dar doble clic en ArcToolbox , sobre la ventana desplegada de ArcToolbox dar clic en Analysis Tools, Extract. Clip, clic derecho y Batch.




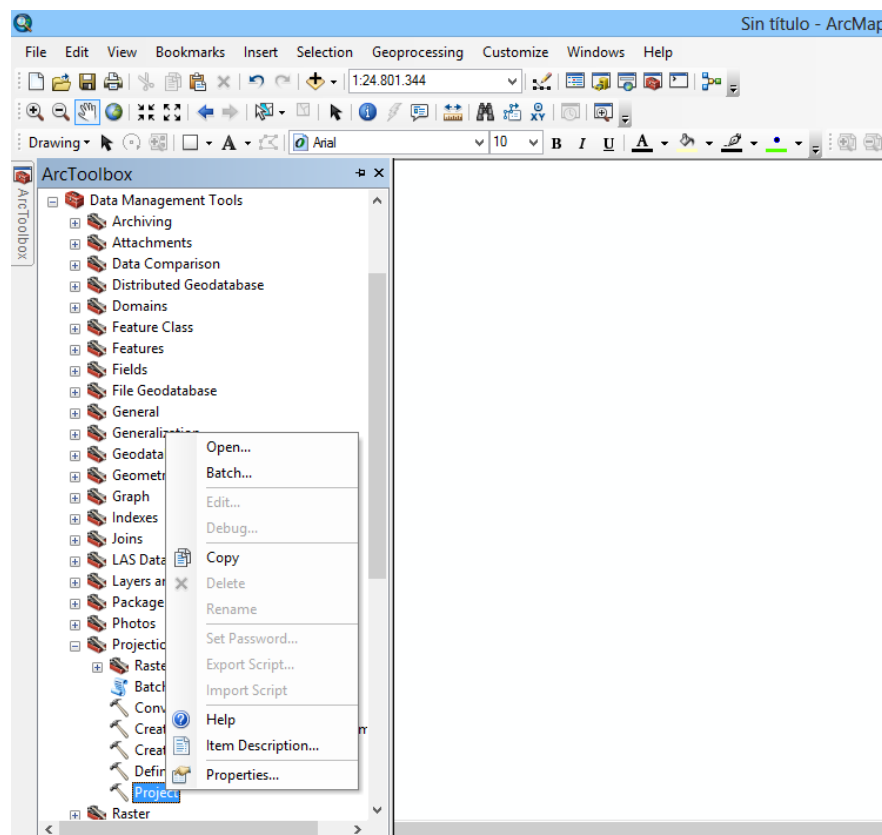
- 5.2. Sobre la ventana desplegada "Clip" ingresar las capas que se van a recortar en "Input Features", la capa con la cual se desea recortar en "Clip Features" y el nombre de las nuevas capas recortadas que se van a generar en "Output Feature Class", el campo "XY tolerance" es opcional.



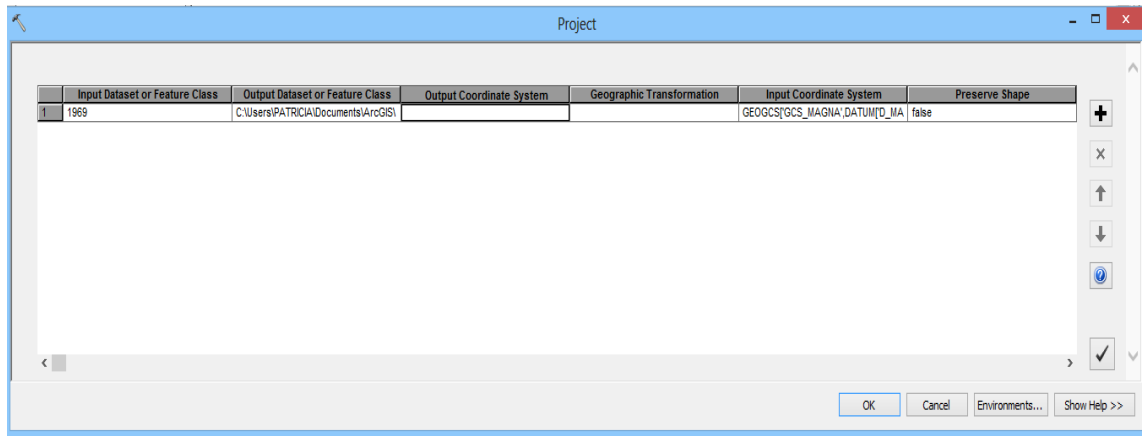
6. Convertir al sistema de coordenadas proyectadas.

Para convertir ubicaciones de entidades de la tierra esférica a un mapa plano y facilitar el trabajo dentro del software, la latitud y longitud de un sistema de coordenadas geográficas deben ser convertidas o proyectadas a un sistema de coordenadas planas.

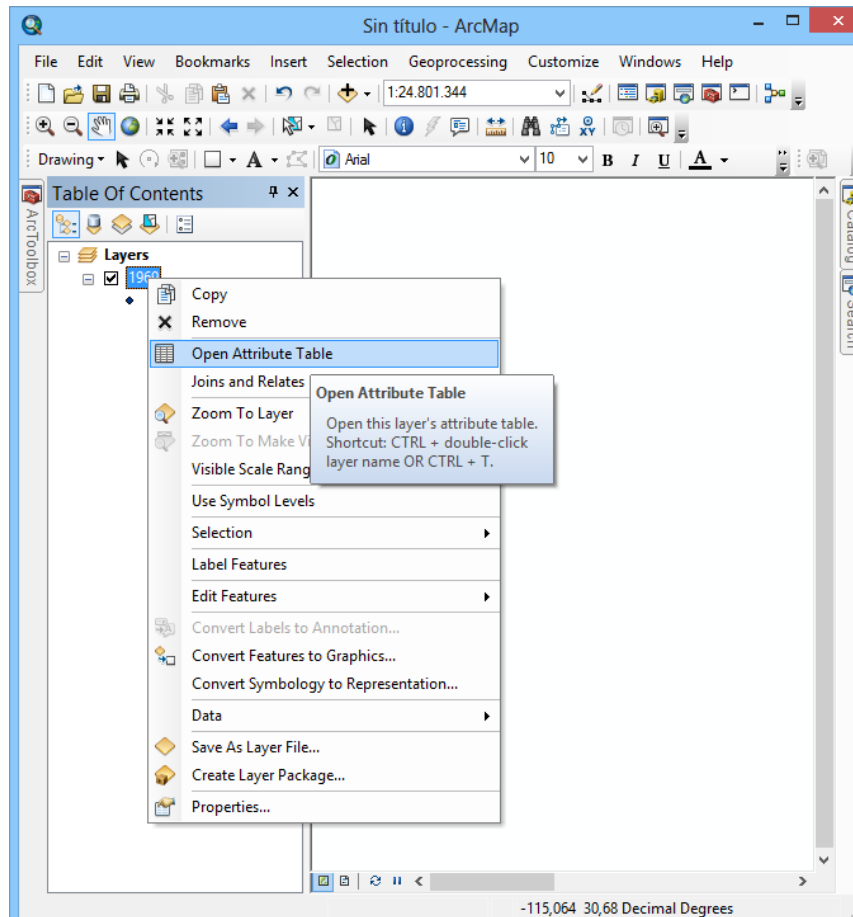
- 6.1. Para proyectar coordenadas ir a ArcToolbox  , sobre la ventana desplegada de ArcToolbox dar clic en Data Management Tools, Projections and Transformations, Project, clic derecho, Batch.



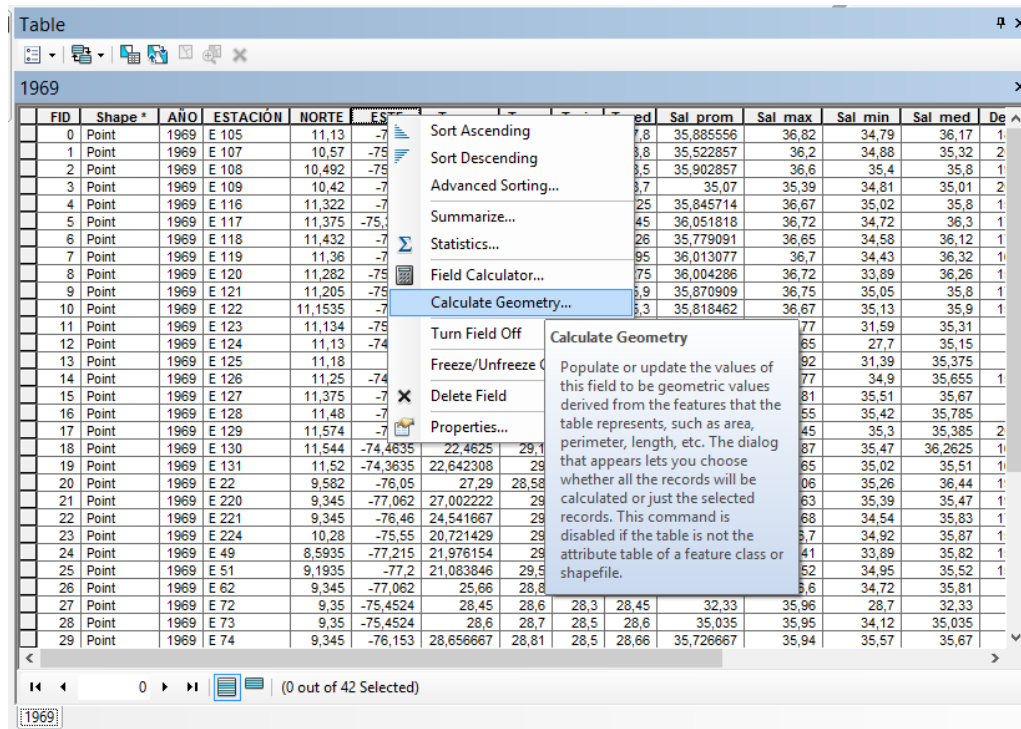
- 6.2. Sobre la ventana desplegada ingresar en el primer campo "Input Dataset or Feature Class" la capa de entrada que contiene las coordenadas que se quieran transformar, el segundo campo "Output Dataset or Feature Class" el nombre de la nueva capa de salida, en el tercer campo "Output Coordinate System" el sistema de coordenadas de salida con el cual se va a proyectar, los demás campos son opcionales o se completan por defecto.



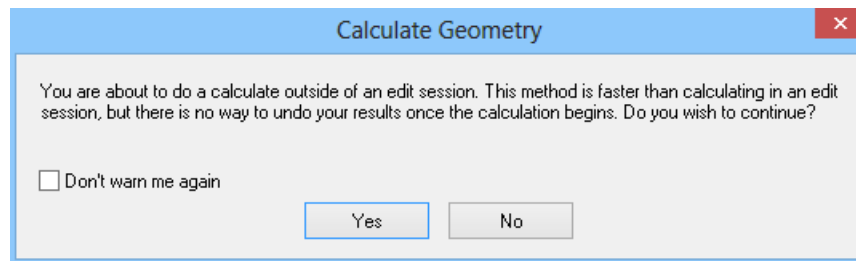
6.3. Sobre la tabla de contenido y la nueva capa generada dar clic derecho y “open Attribute Table”.



- 6.4. Luego de abrir la tabla de atributos sobre el encabezado de las columnas de Norte y Este dar clic derecho “Calculate Geometry”.



- 6.5. En la ventana emergente clic en “yes”.



- 6.6. En la ventana que se despliega se recalcula la geometría de las coordenadas ingresando en el primer campo “Property” la coordenada (X,Y) del punto dependiendo si es “Y latitud o norte” o “X longitud o este”, en el segundo campo “Coordinate system” el sistema de coordenadas por defecto y definido en el paso anterior y en el tercer campo “units” las unidades en que se expresaran las coordenadas, de esta manera se generó los valores proyectados.

Calculate Geometry ✕

Property: X Coordinate of Point ▼

Coordinate System

Use coordinate system of the data source:
GCS: MAGNA

Use coordinate system of the data frame:
GCS: MAGNA

Units: Decimal Degrees ▼

Calculate selected records only

[About calculating geometry](#) OK Cancel