

**ESTANDARIZACIÓN DE DATOS BIOLÓGICOS (2008-2015),
IDENTIFICACIÓN DE FITOPLANCTON Y DETERMINACIÓN DE
CLOROFILA α EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES
OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS DEL CARIBE -CIOH**

JESUS JAVIER HOYOS ACUÑA

**GISELA MAYO MANCEBO
INGENIERA QUÍMICA**



**PROGRAMA DE BIOLOGIA
FACULTAD DE CIENCIA BÁSICAS
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

2016

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	3
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Justificación.....	4
4. Generalidades de la empresa.....	5
4.1. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas	5
4.2. Misión	6
4.3. Visión	6
4.4. Convenios con otras entidades	6
4.5. Área de protección del medio marino.....	7
5. Propuesta.....	11
6. Desarrollo de la propuesta.....	11
6.1. Cronograma de actividades.....	11
6.2. Recopilación de los datos biológicos del laboratorio del CIOH	13
6.2.1. Inventario de datos	13
6.2.2. Catálogo de metadatos	13
6.3. Determinación de fitoplancton, clorofilas y feo-pigmentos.....	14
6.3.1. Metodología	14
7. Resultados.....	19
8. Conclusión.....	24
9. Referencias citadas.....	25
ANEXOS	28

1. Introducción

La práctica profesional es la forma como los estudiantes universitarios se vinculan en primera instancia con lo que será la vida laboral, aplicando los conocimientos impartidos durante su carrera profesional (Robles *et al.*, 2012). Su objetivo es reconocer las áreas laborales de la carrera y al mismo tiempo obtener experiencia laboral para el curriculum. Los beneficios que ofrece son: adquirir experiencia profesional, desarrollar aprendizaje complementario, conocer diferentes puesto de trabajo, experimentar la responsabilidad profesional y la posibilidad de tener acceso a diversas tecnología (ITESO, 2016).

La Universidad de Magdalena es una institución de educación superior, que a través de la Dirección de Prácticas Profesionales-DIPRO, gestiona la realización de las prácticas profesionales para los estudiantes y les brinda un acompañamiento que consiste en el seguimiento realizado por el tutor de prácticas, para que el estudiante se desenvuelva en el ámbito laboral aplicando lo aprendido a lo largo de su carrera (UNIMAG-DIPRO, 2016)

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-CIOH es una entidad encargada de cumplir con la protección de la vida marina en el mar y el desarrollo científico y tecnológico de la nación, mediante lo estipulado por la política de gobierno que ejecuta la Dirección General Marítima (DIMAR, 2016). Es así, como fomenta la investigación científica marina mediante estudios oceanográficos en los sistemas marinos y/o estuarinos, con el fin de contribuir con el desarrollo del conocimiento del mar y avances en la oceanografía colombiana, generando resultados como punto de referencia para posteriores proyectos con la necesidad de preservar y conservar el medio ambiente (CIOH, 2016).

El desarrollo de las prácticas profesionales tuvo como objetivo recopilar la información biológica, implementar técnicas de muestreos en las salidas de campo, identificar grupos de fitoplancton y determinar clorofilas y feo-pigmentos aplicando los métodos utilizados por el laboratorio de biología. El CIOH es un centro ideo para que el futuro biólogo realice sus prácticas profesionales, debido a que se fortalecen habilidades necesarias para el mercado laboral haciendo énfasis en las competencias investigativas del pasante.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Desarrollar las prácticas profesionales mediante la recopilación de la información biológica, implementación de técnicas de muestreos en las salidas de campo, determinación de fitoplancton, Clorofilas y feo-pigmentos; aplicando los métodos utilizados por el laboratorio del CIOH, para el estudio de ecosistemas marinos y estuarinos.

2.2. Objetivos específicos

- Recopilar y estandarizar bajo los lineamientos CECOLDO - IODE-UNESCO la información biológica (fitoplancton, zooplancton), obtenida por el laboratorio del CIOH en el lapso 2008-2015.
- Observar las muestras de fitoplancton del proyecto Antares.
- Apoyar la validación del método de clorofilas a y feo-pigmentos por espectrofotometría bajo los lineamientos NTC/ISO 17025.
- Apoyar en actividades que se deriven de las tareas propias del laboratorio y que se encuentren dentro de su competencia.

3. Justificación

El desarrollo de las prácticas profesionales parte de la estrategia para avanzar hacia el conocimiento de las ciencias del mar por parte del pasante, generando responsabilidad social y ambiental. Por lo tanto, en el marco de la convención de las Naciones Unidas sobre el derecho al mar (CONVEMAR, 1978), establecido en el artículo 145, La Protección al Medio Marino *“pretendiendo prevenir, reducir, y controlar, la contaminación del medio marino y otros riesgos para éste, incluidas las costas, y la perturbación del equilibrio ecológico del medio marino, prestando especial atención a la necesidad de protección contra las consecuencias nocivas de actividades tales como perforación, dragado, excavación, evaluación de desechos, la construcción y el funcionamiento de instalaciones y otros dispositivos relacionados con tales actividades”*.

Para conocer y administrar adecuadamente los recursos naturales en los ecosistemas marinos, se hace necesario entender tanto su estructura y funcionalidad. Para estos fines,

se hace menester el conocer los diferentes grupos taxonómicos del ecosistemas, en donde se hizo énfasis en el presente informe en los fitoplanctónicos; dada su capacidad de bioindicación en cambios naturales o de origen antropogénico (Rimet y Bouchez, 2012). Bajo esta premisa, las clorofilas y feo-pigmentos, son empleados para parametrizar la biomasa fitoplanctónica en las poblaciones naturales, además puede dar una indicación del estado fisiológico del fitoplancton y del estado trófico de los sistemas acuáticos en general. (Gregor y Marsalek, 2004).

4. Generalidades de la empresa

4.1. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas



Figura 1. Foto del Centro de Investigaciones Oceanográficas e hidrográficas.

Tomada de: <http://www.cioh.org.co/index.php/iquienes-somos>

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, fue creado mediante la resolución 238 del 9 de julio de 1975, como una dependencia de la Dirección General Marítima, su estructura fue modificada mediante la Resolución 5057 del 2009 (Figura 1). El CIOH tiene como finalidad realizar investigaciones básicas y aplicadas en las diferentes disciplinas de la Oceanografía, Hidrografía, Protección del Medio Marino y Manejo de Zonas Costera, particularmente en el Caribe colombiano (MGC, 2015)

Durante los últimos años de labor investigativa, el CIOH ha tenido un amplio reconocimiento a nivel local, nacional y regional. Cuenta con grupos de investigación reconocidos y categorizados por Colciencias en las áreas de Oceanografía Operacional, y Manejo Integrado de Zonas Costeras (CIOH, 2016).

4.2. Misión

Desarrollar los programas de investigación científicas marinas básica y aplicada de la Dirección General Marítima y la Armada Nacional; Suministrar asesoría técnica y científica a otros entes nacionales, con el propósito de contribuir al conocimiento y el aprovechamiento de nuestros mares, así como a la seguridad de la vida humana en el mar.

4.3. Visión

El centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe-CIOH será el más avanzado en el conocimiento de los cuerpos de agua marinos en las áreas de sus competencia oceanográficas e hidrográficas, de tal forma que facilite la protección del medio ambiente marino, el manejo integral de la zona costera, contribuyendo de esta forma al desarrollo sostenible del país.

4.4. Convenios con otras entidades

Para tener un mejor reconocimiento, el CIOH ha trabajado con instituciones nacionales e internacionales mediante convenios de cooperación que ha hecho significativo al estudio de los mares colombianos. En el ámbito internacional se destacan la Oficina Naval Oceanográfica de los Estados Unidos (NAVOCEANO), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos (NOAA), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), La Organización Hidrográfica Internacional (OHI), la Universidad de Miami, la Universidad de Harvard, entre otras (CIOH, 2016).

Mientras que en el ámbito nacional, se han desarrollado múltiples actividades con el Centro de Control de Contaminación del Pacífico -CCCP, así como con instituciones de educación superior como la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Nacional, Escuela Naval "Almirante Padilla", Universidad Javeriana, Universidad del Valle, Universidad de los Andes, Universidad Industrial de Santander, entre otras (CIOH, 2016).

Finalmente el CIOH presta servicios marinos especializados, destinados a apoyar la acción de las entidades nacionales e internacionales vinculadas al estudio y explotación de los océanos en los cuales vincula mediante contrato a especialistas, profesionales y tecnólogos externos (CIOH, 2016).

El Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), cuenta con 6 áreas y se encuentra organizado de la siguiente manera:

- Área de Oceanografía Operacional.
- Área de Manejo Integrado de Zonas Costera.
- Área de Hidrografía.
- Área Técnica.
- Área de servicio de buques oceanográficos.

4.5. Área de protección del medio marino.



Figura 2. Área de Protección del Medio Marino. Tomada: <http://www.cioh.org.co/index.php/proteccion-al-medio-marino>

El Área de Protección del Medio Marino del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (Figura 2), de la Dirección General Marítima se encuentra en la capacidad de realizar la evaluación de la calidad de agua de ecosistemas marinos costeros integrando los componentes fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos. APROM se torna más eficaz por someterse al Sistema de Gestión de Calidad del laboratorio, mediante el cual, se encuentra acreditado bajo la NTC ISO 17025: 2005 en los siguientes ensayos: pH, salinidad, nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos, sólidos suspendidos totales, Coliformes totales, *Escherichia coli*, clorofila a y oxígeno disuelto. Sin embargo el laboratorio está en la capacidad de desarrollar ensayos adicionales validados acuerdo con la norma y que están pendientes de acreditación, entre los cuales están: Enterococos, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), silicatos e hidrocarburos aromáticos. Adicionalmente, se complementa la información técnica con parámetros de: transparencia del agua, temperatura, turbidez, fitoplancton y zooplancton. Teniendo en cuenta la

capacidad técnica y profesional de los funcionarios del área, se han podido llevar a cabo diferentes investigaciones a lo largo del litoral marino colombiano (MGC, 2015).

4.6. Laboratorios

La Dirección General Marítima (DIMAR) con miras a cumplir con sus funciones y atribuciones plasmadas en el Decreto 2324 del 18 de septiembre de 1984 por el cual fue reorganizada la DIMAR. Creó a través de su resolución 0238 de 1975 el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-CIOH, donde brinda apoyo a la DIMAR en el cumplimiento del ítem 19 de su artículo 5 del decreto 2324/84 “Aplicar, coordinar, fiscalizar y hacer cumplir las normas nacionales e internacionales tendientes a la preservación y protección del medio marino” (MGC, 2015).

Los laboratorios son una dependencia técnica para el desarrollo de investigaciones del CIOH que hace parte de sus instalaciones, caracterizado por contar con los equipos, la infraestructura, el personal competente y los métodos de ensayos necesarios para la realización de toma de muestras, análisis de hidrocarburos y pesticidas, caracterizaciones fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas de aguas, sedimentos y organismos marinos (MGC, 2015).

De acuerdo con el Manual de Gestión de Calidad mediante la revisión N° 8 de 2015, la organización interna del laboratorio en el centro, ha definido las responsabilidades y funciones clave para su funcionamiento adecuado, tales como:

1. El Director del CIOH (DCIOH) actúa como delegado del representante legal del Centro, y se encarga de orientar, proyectar y conducir el Centro en aspecto científicos y administrativos; solicita, ejecuta y controla los recursos del personal, materiales y económicos que demande la operación del Centro, fija los objetivos orientados al desarrollo y fortalecimiento del Centro, entre otras funciones.
2. El Responsable del área (RARTEC) funciona como ejecutivo para la conducción y dirección de las secciones a cargo dl área entre la dirección y el laboratorio.
3. El Jefe del Laboratorio (JLAB) es el responsable directo del laboratorio, programa, dirige y controla los trabajos y actividades del laboratorio. Adicionalmente tiene la responsabilidad general sobre las operaciones técnicas y disposición de recursos para las operaciones del laboratorio, atiende las solicitudes de clientes internos y coordina requerimiento de clientes externos

previas aprobación de la dirección (DCIOH), además supervisa el personal en formación.

4. El Supervisor de Calidad del Laboratorio (SCAL) responde por la implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión de calidad.
5. Los analistas del Laboratorio responden por desarrollar los análisis, además realizan funciones operativas y técnicas en el laboratorio, enmarcadas y organizada en el sistema de calidad.
6. Los auxiliares del laboratorio responden por la limpieza del laboratorio, materiales y desarrollan funciones de apoyo a las operaciones generales del laboratorio.

El laboratorio se encuentra a cargo de Área técnica, sin embargo los ensayos y pruebas son realizadas por el área de protección al medio marino, dependencia del CIOH (Figura 3), dividido en tres áreas interna, tales como: laboratorios de Química, Microbiología y Biología, a su vez se encuentran acreditado mediante la implementación del sistema de gestión de calidad SGS que se basa en la norma técnica colombiana ISO IEC 17025, requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (MGC, 2015).

Para la realización de los ensayos, el CIOH cuenta con laboratorios de Química, Microbiología y Biología. El laboratorio de Biología, cuenta con una capacidad instalada para la caracterización y monitoreo de ambientes marinos costero, Análisis de Clorofila a en presencia de Feofitina, Análisis de coeficientes de absorción, Identificación y análisis de Fitoplancton y Zooplancton. Por otro lado, estos laboratorios tiene la capacidad de determinar la calidad y el nivel de contaminación de los cuerpos de agua, así como de prestar servicios de apoyo a unidades en tierra y a flote de la Armada República de Colombia con el objeto de caracterizar s0075s aguas de consumo y que así cumplan con lo establecido con el Ministerio de Salud en su Decreto 475 de 1998 (CIOH, 2016).

El CIOH través de Área de Protección del Medio Marino, viene participando directamente en el desarrollo de investigaciones que han generado resultados para proyectos de gran importancia local y nacional en lo referente a la preservación y protección del medio marino (CIOH, 2016).

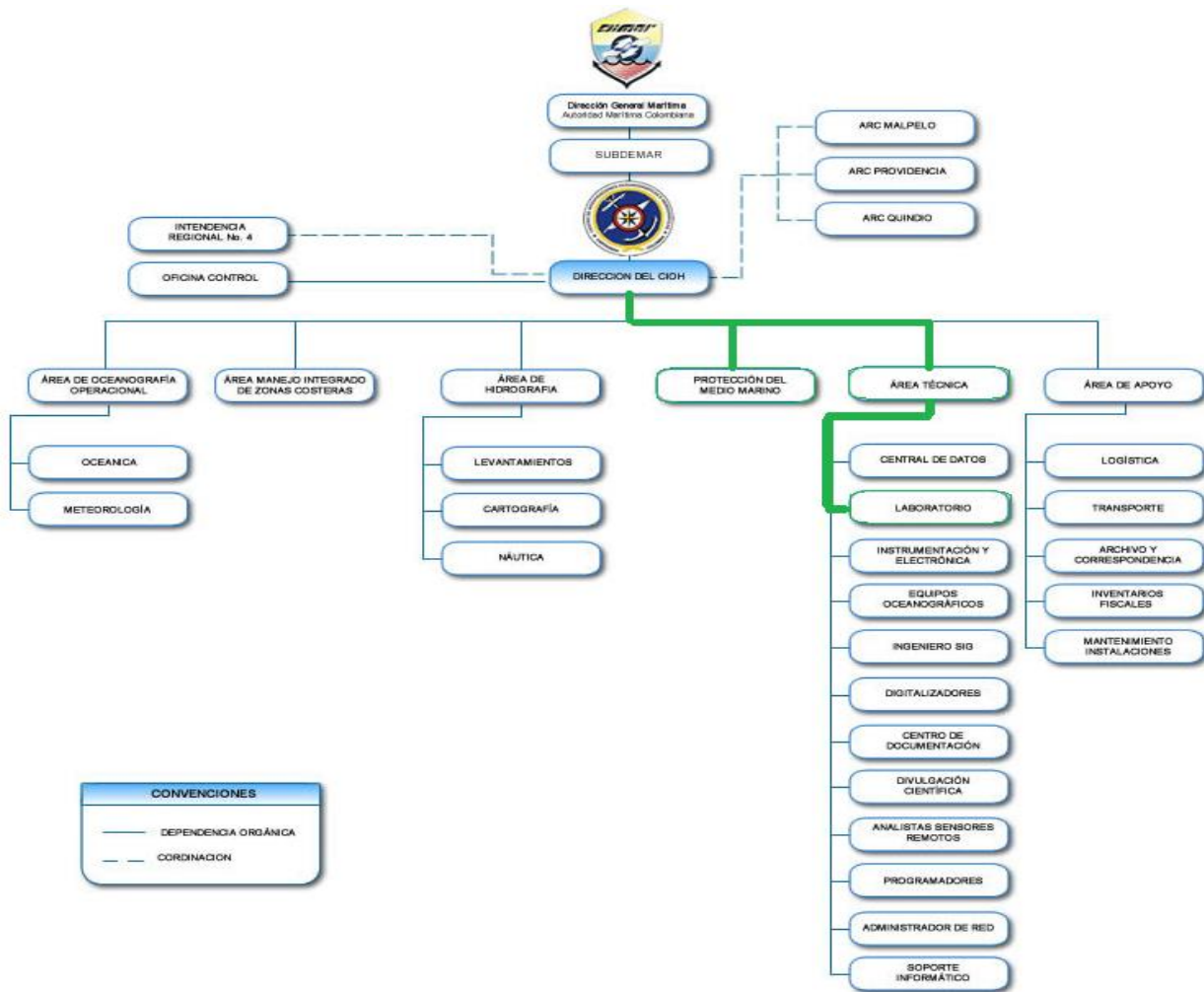


Figura 3. Organigrama del centro de investigaciones oceanográfico e hidrográfico (CIOH).

5. Propuesta

En el laboratorio de Biología del área de protección al medio marino, se realizaron las prácticas profesionales entre los meses de enero - julio de 2016, basados en los objetivos propuestos, fueron ejecutadas las siguientes funciones:

- ✓ Apoyo en la toma de temperaturas y humedad del laboratorio de Biología.
- ✓ Recopilar la información biológica obtenida por el laboratorio del CIOH, durante 2008-2015.
- ✓ Apoyo en alistamiento de los materiales y equipos previos a las salidas de campo.
- ✓ Apoyo en la determinación y validación de clorofila y feo-pigmentos.
- ✓ Apoyo en la determinación de fitoplancton por conteo en placa Sedgewick Rafter.
- ✓ Apoyo en la determinación de fitoplancton por conteo mediante el método de Utermöhl.

6. Desarrollo de la propuesta

6.1. Cronograma de actividades

Tabla 1. Cronograma de Actividades.

Objetivos propuestos	Funciones Asignadas	7-29 Ene	2-29Feb	1-31Mar	1-29 Abr	3-31May	1-30 Jun	1-7Jul
Recopilar información biológica (fitoplancton) obtenida por el laboratorio del CIOH durante 2008-2015.	Búsqueda de la información biológica histórica (fitoplancton).							
	Organización de datos biológicos según base de datos CECOLDO							
	Elaboración metadatos.							
	Capacitación: manejo de							

Observación de muestras de fitoplancton	equipos (microscopio, cámaras), metodología (fitoplancton)							
	Revisión formato para el registro de especies identificadas de fitoplancton							
	Revisión de muestras							
	Resultados							
	Análisis de resultado							
Apoyar la validación de clorofilas a y feo pigmentos por espectrofotometría.	Capacitación							
	Participación en Ensayos de verificación del método determinación de clorofila (preparación de materiales y desarrollo del ensayo)							
Apoyo en actividades que se deriven de las tareas propias del laboratorio y que se encuentren dentro de su competencia.	Apoyar el alistamiento de materiales para salida de campo.							
	Medición de condiciones ambientales del laboratorio (área biología) y muelle CIOH.							
	Entrega del informe final							

	de las prácticas profesionales correspondientes al 100%							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

6.2. Recopilación de los datos biológicos del laboratorio del CIOH

La Dirección General Marítima (DIMAR) presenta a la comunidad la aplicación "Inventario de Datos Oceanográficos (IDO)", una aplicación prototipo desarrollado para el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) a cargo de DIMAR, que hace parte de la red nacional del programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI)- (CECOLDO, 2016).

Esta aplicación extrae información del “Catálogo de Metadatos Oceanográficos del Cecoldo” a partir de criterios básicos para generar un inventario de primer nivel sobre las mediciones y muestras recopiladas en expediciones lideradas por la DIMAR en el Pacífico y Caribe colombiano, para datos de las disciplinas de oceanografía, meteorología marina y geología marina (CECOLDO, 2016).

6.2.1. Inventario de datos

Esta consulta le permite al usuario obtener una lista de los conjuntos de datos que han sido sometidos a un proceso de normalización y catalogación, aplicando estándares y mejores prácticas internacionales para la gestión de datos oceanográficos. Los resultados de la consulta mostrarán: nombre del proveedor de los datos, nombre del conjunto de datos, parámetros medidos, nombre de la cobertura geográfica, fecha de inicio y fecha de finalización, así como la profundidad mínima y máxima del muestreo (CECOLDO, 2016)

6.2.2. Catálogo de metadatos

Es una adaptación del catálogo "Geonetwork Open Source" para la gestión de metadatos del Cecoldo, y la implementación del Perfil de Metadatos Geográfico ISO 19115 para la Documentación de Conjuntos de Datos Oceanográficos, basado en el *Marine Community Profile* (MCP) of ISO 19115 desarrollado por el Centro Australiano de Datos Oceanográficos (AODC). En el Catálogo de Metadatos del Cecoldo encontrará información sobre importantes conjuntos de datos producidos en proyectos nacionales,

en temáticas como cambio climático, aguas de lastre, calidad de aguas, fenómeno El Niño/La Niña, erosión costera, entre otros (CECOLDO, 2016).

Este servicio del Cecoldo le permitirá acceder a una completa descripción de conjuntos de datos oceanográficos del país. A la fecha se cuenta con metadatos proporcionados por:

- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (Cccp).
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andéís" (Invemar).
- Universidad del Valle – Departamento de Biología.
- Universidad Militar Nueva Granada – Biología Aplicada.
- Fundación Malpelo.
- Fundación Yubarta.

6.3. Determinación de fitoplancton, clorofilas y feo-pigmentos

En el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), se realizaron tres salidas de campos para la determinación de fitoplancton y clorofilas, denominadas Floraciones algales, Isla Barú y Corales de Profundidad. Por otra parte se procesaron muestras fitoplanctónicas obtenidas del proyecto Antares en el año 2014.

6.3.1. Metodología

6.3.1.1. Fase de Campo

En los días 21 y 22 de Diciembre de 2015, se desarrolló un evento de floración algal en la Bahía de Cartagena; las muestras fueron recolectadas directamente al recipiente de plástico ámbar, se tomaron cinco puntos de muestreos, de los cuales uno representaba las condiciones naturales sin el fenómeno.

En otra campaña de colecta de información desarrollada el 22 de febrero de 2016, 11 muestras fueron tomadas en la Isla Barú (PNN Islas del Rosario) usando la botella Niskin siguiendo Manual de Procedimientos Operativos-MPO 05.03, Anexo 2 “Toma de muestra en la columna de agua y sedimentos en los numerales I y II”. Posteriormente el 17 de mayo de 2016, 21 muestras de agua de mar fueron colectadas en siete estaciones del PNN Corales de Profundidad, con un diseño de cinco estaciones a uno, 20 y 40 m de profundidad, mientras que las estaciones faltantes a otras tres profundidades (uno, 10 y

20 m). Todas fijadas empleando el método sugerido por (Hasle, 1978), con formaldehído al 4% y neutralizada con tetraborato de sodio.

6.3.1.2. Fase de laboratorio

6.3.1.2.1. Floraciones algales

Las floraciones algales son un fenómeno natural de cambio de color del agua por la proliferación excesiva y a corto tiempo en especies de microalgas, principalmente de dinoflagelados (Mancera *et al.*, 2013). El análisis cuantitativo se realizó siguiendo la metodología en Hasle (1978) de conteo por cámara Utermöhl, sedimentando las muestras en un intervalo de tiempo entre 1-3 horas, se utilizó un cilindro de 10 ml debido a la alta concentración de organismos fitoplanctónicos. La observación fue realizada en microscopio invertido con observaciones de la cámara completa a 200X, con el fin de determinar las especies causantes de la floración y las especies acompañantes, posteriormente se hicieron transectos verticales y horizontales alcanzando un conteo mínimo de 400 células (Figura 4), generando un porcentaje de precisión del 10% (Edler y Elbrachter, 2010).

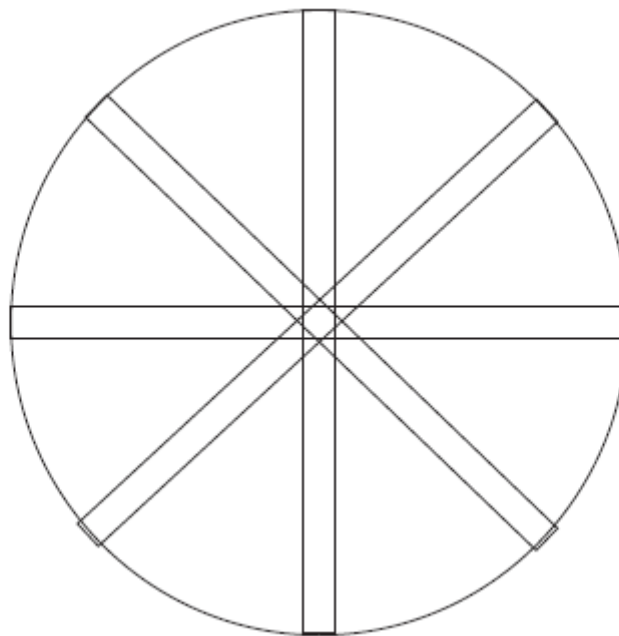


Figura. 4. Conteo de transectos verticales, horizontales y transversales. (Tomado de Edler & Elbrachter,

6.3.1.2.2. Corales de Profundidad

Siguiendo la metodología sugerida por Hasle, (1978), las muestras fueron sedimentadas por un periodo de tiempo de 24 horas con un volumen de 100 mL, debido a la baja concentración de microorganismos en áreas oceánicas. Posteriormente, se observó por medio del microscopio invertido la cámara completa con una magnificación de 200X, con el fin de identificar microfitoplancton ($>20\ \mu\text{m}$).

6.3.1.2.3. Isla Barú

En Isla Barú (PNN del Rosario), se colectaron muestras con Red de fitoplancton de 20 μm , implementando el método de recuento de fitoplancton en placa Sedgewick Rafter (Figura 5). La identificación y el análisis de fitoplancton se realizó mediante el conteo de un mínimo de 400 y máximo 1000 individuos, identificando hasta el nivel más bajo taxonómicamente. Finalmente esta metodología es la más adecuada para la cuantificación de muestras con altas concentraciones de células, además tiene la ventaja de obtener mejores resultados en organismos fitoplanctónicos de gran tamaño (UNESCO, 2010).



Figura 5. Identificación de fitoplancton mediante el método de Sedgewick Rafter en microscopio óptico.

6.3.1.2.4. Red Internacional Antares

La Dirección General Marítima y Centro de Investigaciones oceanográficas e Hidrográficas del Caribe- CIOH, manifestaron el interés de unirse a la Red Internacional

Antares - NANO, que tiene como objetivo principal el estudio de los cambios a largo plazo en los ecosistemas costeros de toda Latinoamérica, identificando cuales son ocasiones por la variabilidad natural y cuales por perturbaciones externas producidas por el hombre (CholoGIN-Antares, 2013).

La estación fija Antares se encuentra en las coordenadas $10^{\circ}24'32''$ N y $75^{\circ}45'34''$ W y está localizada a 10 km de distancia de la costa oeste de Tierra bomba en Cartagena, Colombia (Figura 6), (CholoGIN-Antares, 2013).

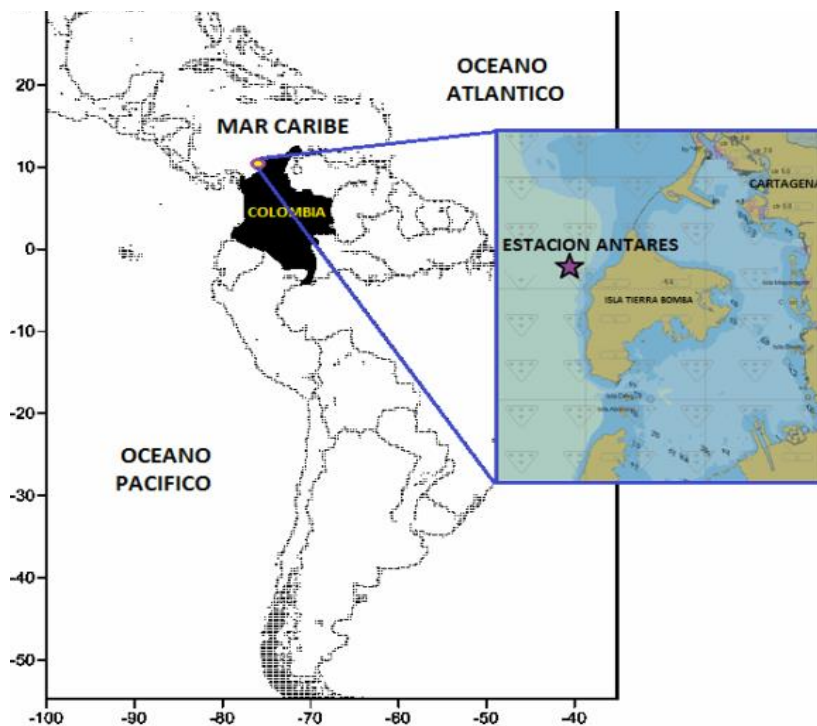


Figura 6. Localización de la estación Antares.

Se procesaron muestras almacenadas en el laboratorio de biología correspondiente a las solicitudes de salidas de campo del año 2014, mediante la metodología de cuantificación en cámara Utermöhl propuesta por Hasle, (1978), se sedimentaron por 48 horas, por ser de naturaleza oceánicas. El conteo se realizó mediante el microscopio invertido (Figura 8) visualizando toda la cámara con magnificaciones de 200X y 600X (Figura 7), el objetivo de este performance fue la determinación de grupos Microfitoplanctónicos ($>20 \mu\text{m}$) y Nanofitoplanctónicos (>2 y $< 20 \mu\text{m}$).

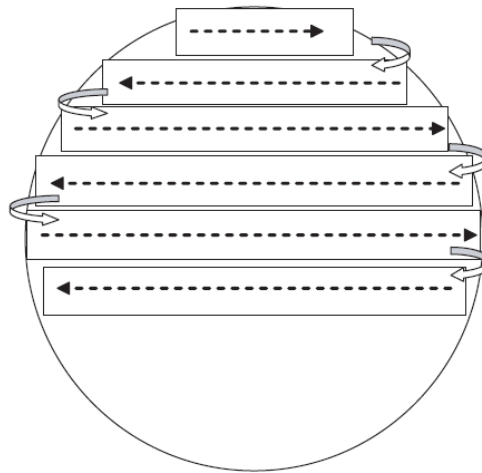


Figura. 7. Conteo de cámara completa (Tomado de Edler & Elbrachter, 2010)

Los grupos taxonómicos de fitoplancton fueron identificados con las guías especializadas de (Taylor, 1976); (tomas, 1996); (Tenenbaum *et al.*, 2004); (Al-Yamani, Al-Rifaie y Al-Kandari, 2009) y (DIMAR-CIOH, 2011).



Figura 8. Identificación de fitoplancton por el método Utermöhl en microscopio invertido.

La extracción de los pigmentos en la determinación de clorofilas y feo-pigmentos, fue realizada siguiendo la metodología APHA (2012) y Parson y Maita (1984). Posteriormente la lectura en el espectrofotómetro fue según lo establecido en Millan y Alvarez (1978), realizando la lectura de las muestras a longitudes de ondas de 750, 665, 645 y 630 nm; luego a las mismas longitudes de ondas con acidificación con HCL a 0.1 N en el espectrofotómetro VARIAN CARY 100 (Figura 9).



Figura. 9. Lectura de clorofila y feo-pigmentos por espectrofotometría.

7. Resultados

Durante la realización de las prácticas profesionales comprendidas entre el 7 de enero y 7 de Julio del 2016, se recopilaron información de datos biológicos. Asimismo, se analizaron muestras de fitoplancton y clorofilas generadas en las diferentes salidas de campos por parte de los miembros del laboratorio a cargo del Área de Protección al Medio Marino en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe – CIOH,

Para el procesamiento de los datos biológicos primeramente, fue recopilada la información en formatos físicos y digitales de las salidas de campo realizadas por

APROM en el intervalo de años 2008 – 2015. Posteriormente se verificó la generación de datos biológicos en las solicitudes para cada año; los parámetros tenidos en cuentas fueron: fitoplancton, zooplancton, clorofilas y feo-pigmentos.

La organización de datos fue gestionada bajo el entorno de tablas de *Microsoft Excel* (Formato .xlsx) con modificaciones acuerdo a las de las actividades implementadas en las solicitudes. Finalmente se realizaron 3 formatos denominados clorofila, metadatos y Cecoldo; en cada uno de ellos se ingresaron descripciones básicas de los muestreos, mencionado en el ítem 8.2. Inventario de datos, codificados mediante el lenguaje asignado por el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos.

De igual manera, en la identificación y análisis de fitoplancton se realizó un catálogo de entrenamiento con 37 especies identificadas de los diferentes grupos taxonómicos entre los que encontramos 17 diatomeas, 15 dinoflagelados, 3 cianobacterias y 1 silicoflagelados. Consecutivamente se analizaron 50 muestras a lo largo de las prácticas, se encontraron taxa sobresalientes: 7 diatomeas centrales pertenecientes a los géneros *Bacteriastrum sp* Shadbolt, 1854, *Coscinodiscus sp* Ehrenberg, 1839, *Chaetoceros sp* Enrenberg, 1844, *Guinardia sp* H. Peragallo, 1892, *Hemiaulus sp* Enrenberg 1844, *Rhizosolenia sp* Brightwell, 1858 y *Skeletonema* Greville, 1865 (Figura 10); 5 diatomeas Pennadas tales como *Cylindrotheca sp* Rabenhorsht, 1859, *Diploneis sp* Ehrenberg ex Cleve, 1894, *Navicula sp* Bory, 1822, *Nizstchia sp* Hassall 1845 y *Thalassionema sp* Grunow ex Mereschkowsky, 1902 (Figura 11). Seguido 8 dinoflagelados constituidos por *Alexandrium sp* Halim, 1960, *Amphisolenia sp* Stein, 1833, *Gonyaulax sp* K.M. Diesing, 1866, *Prorocentrum sp* Enrenberg, 1834, *Protoperidium sp* R.S. Bergh, 1881, *Ornithocercus sp* Stein, 1883, *Oxytoxum sp* Stein, 1883 y *Tripos sp* F. Schrack (Gomez, 2013) denominado anteriormente como *Ceratium sp* F. Schrack, 1793 (Figura 12). Posteriormente 10 flagelados conformados por *Crysochromulina sp* Lackey, 1939, *Croomonas sp* Hansgirg, 1885, *Eutreptia sp* Perty, 1852, *Eutreptiella sp* A.da Cuhna, 1914, *Hemiselmis sp* M.W. Parke, 1949, *Phaeocystis sp* Lagerheim, 1893, *Pyramimonas sp* Schmarda, 1849, *Rhodomonas sp* G. Karsten, 1898, *Pyramichlamys sp* H. Ettl y O. Ett, 1959 y *Micromonas sp* I. Manton y M. Parke, 1960 (Figura 13). Finalmente otros grupos que corresponde a los silicoflagelados siendo el único miembro *Dictyota sp* J. V. Lamouroux, 1809 y cianobacterias con un representante *Oscillatoria sp* Vaucher ex Gomont, 1892 (Figura 14).

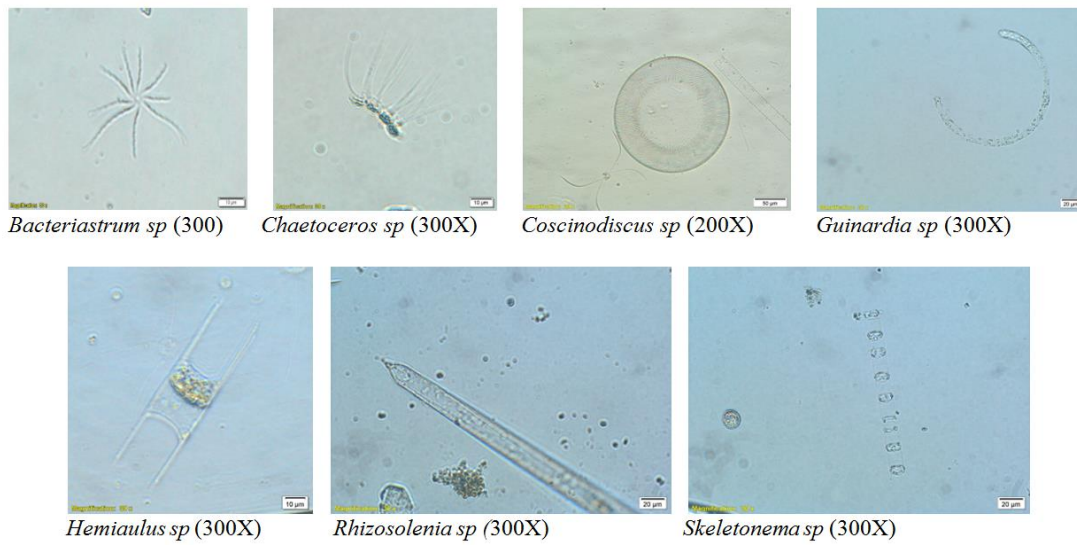


Figura 10. Diatomeas Centrales.

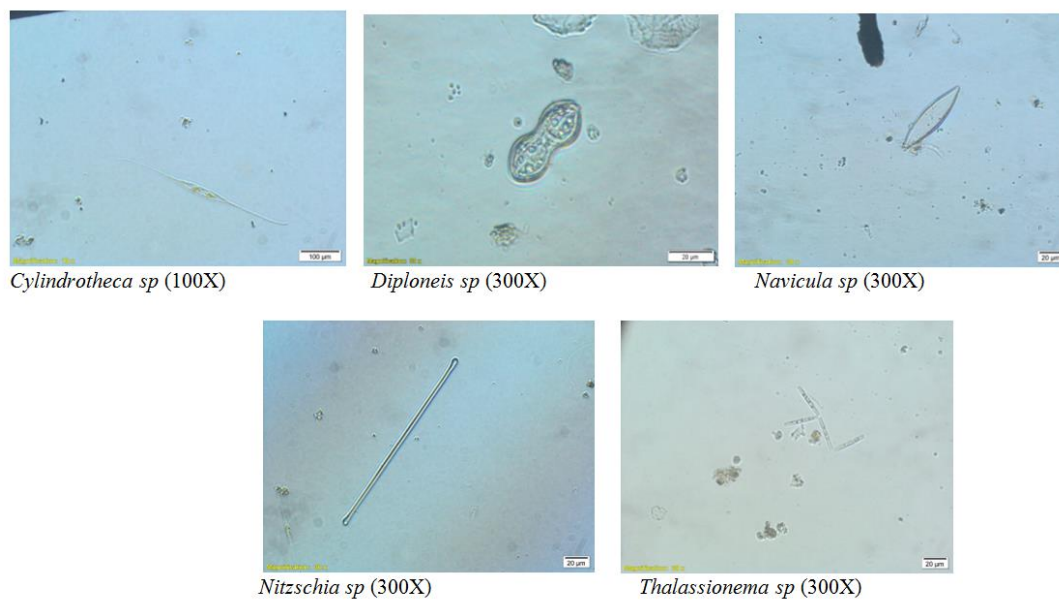


Figura 11. Diatomeas Pennadas

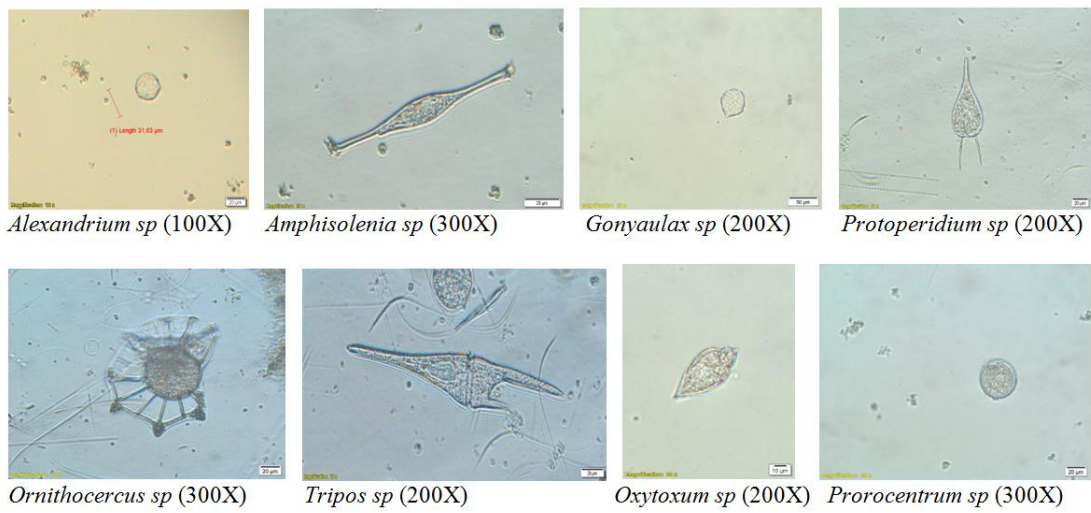


Figura 12. Dinoflagelados.

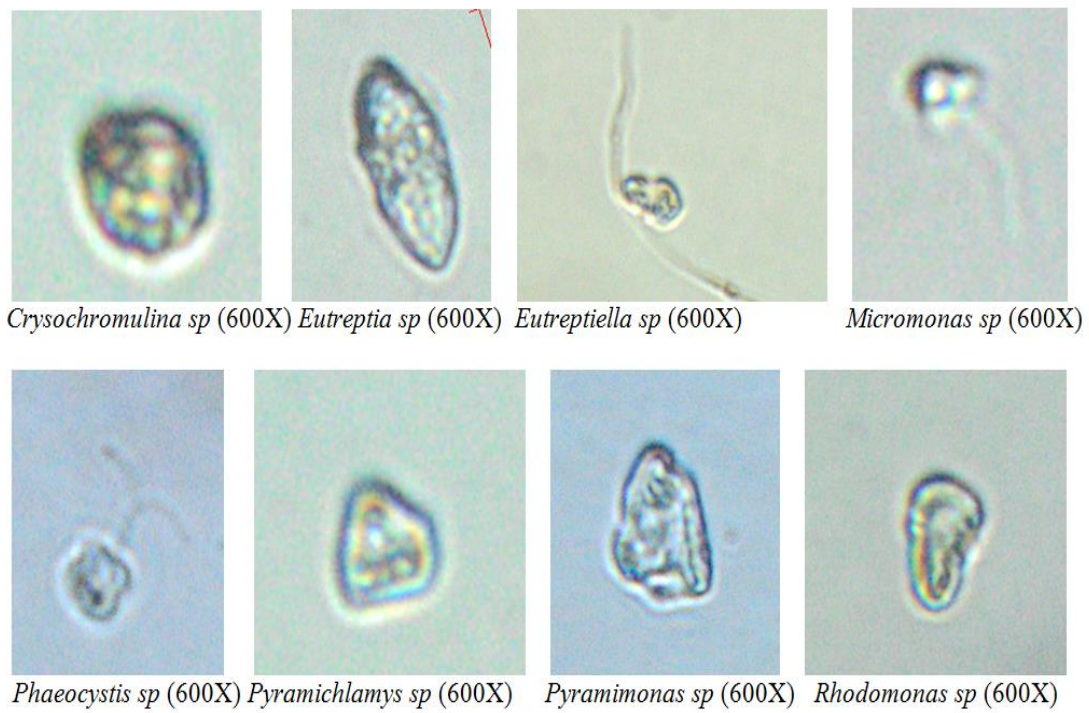


Figura 13. Flagelados.

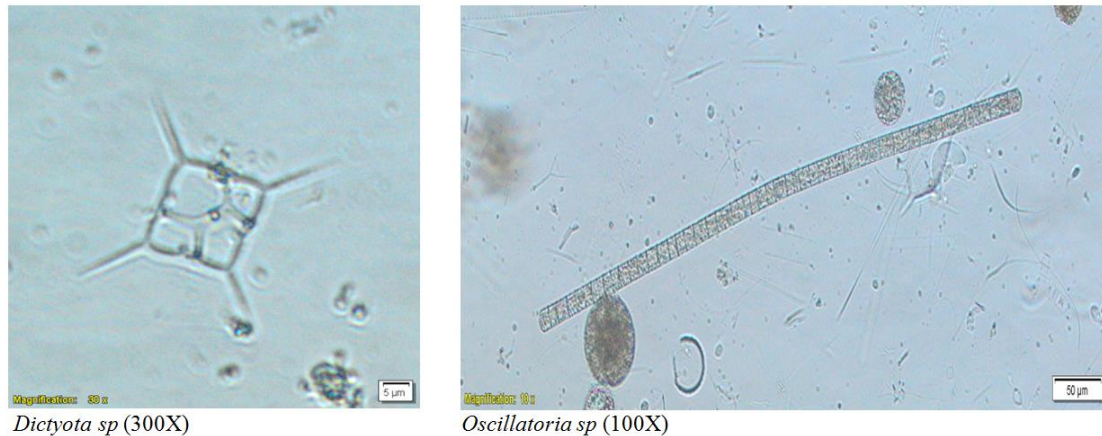


Figura 14. Otros (Silicoflagelados y Cianobacterias).

La concentración de pigmentos fotosintéticos se usa para estimar la biomasa del fitoplancton (Gregor y Marsalek, 2004) Todas las plantas verdes contienen clorofila-a, lo que constituyen aproximadamente el 1-2 % del peso seco de microalgas planctónicas (López, 2005). Otros pigmentos encontrados en el fitoplancton incluyen clorofila b y c, xantofilas, ficobilinas y carotenos, además existen procesos de degradación importantes encontrados en el ambiente acuático son las clorofilidas, feoforbicos y feofitinas, con base a estos pigmentos secundario se determinan usadas para separación de los grupos principales de algas (García, 2015).

En la determinación de clorofilas y feo-pigmentos se analizaron 43 muestras, 6 de estas para la capacitación del método por parte del jefe inmediato, 30 provenientes de la salida de campo corales de profundidad, 7 del seguimiento mensual de la red internacional Antares. Por otro parte, el laboratorio de biología del CIOH ha llevado a cabo el proceso de validación mediante el análisis de clorofila-a en presencia de Feofitina, con la finalidad de garantizar una calidad en los resultados emitidos

Finalmente, se puso en práctica las técnicas de muestreos e identificación del fitoplancton en la salida de campo realizada por el CIOH en la bahía de Cartagena denominada “Floraciones Algales”, generando la producción de un material científico denominado *Prorocentrum lima* and *Prorocentrum balticum* blooms in Cartagena de Indias, Colombian Caribbean publicado en la revista científica *Harmful Algae News*. Disponible en <http://www.e-pages.dk/ku/1217/>. Página 9. ANEXO 1.

El CIOH dentro su programa de capacitación anual de sus funcionarios, permite participar a los pasantes mediante capacitaciones y aportar en su formación académica. En el mes

de Marzo de 2016 con una intensidad de 2 horas fue realizado el curso “Evaluación de la Conformidad y fundamentos ISO/ IEC 17025 (ANEXO 2) y el Curso modelo OMI: Control, Monitoreo y Ejecución (CME), con énfasis en la inspección por el estado rector del puerto y muestreo y análisis a bordo de buques” fue llevado a cabo el mes de Abril, en la Escuela de Cadetes Almirante Padilla de la ciudad de Cartagena con una duración de 24 horas. (ANEXO 3).

8. Conclusión

Las prácticas profesionales en el Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-CIOH permitió realizar distintas actividades basadas en los objetivos propuestos, complementando la formación académica generada en la institución de educación superior fomentando experiencia en el ámbito técnico, investigativo y laboral, con la finalidad de tener un conocimiento especializado en el campo profesional, sobresalen los siguientes:

La estandarización de los datos biológicos generó fortalecimiento en el conocimiento de las herramientas ofimática mediante la tabulación y organización de estos en medio digital, contribuyendo a facilitar el acceso de la información bajo estándares de alta calidad.

La implementación de técnicas de microscopia para la determinación de fitoplancton, como son los métodos de Utermöhl y Serdgewick Rafter, utilizados para la cuantificación de organismos fotosintéticos, donde se adquirió destreza en el reconocimiento de las estructuras celulares para diferenciar los grupos fitoplanctónicos, mediante la consulta de guías especializadas en esta área investigativa.

De igual modo, se desarrollaron habilidades en el manejo del espectrofotómetro mediante la determinación de clorofilas y feo-pigmentos, con la puesta en práctica de este método se afianzó el aprendizaje de la técnica aplicada en laboratorio de biología, a cargo de Área de Protección al Medio Marino- APROM del Centro de investigaciones oceanográficas e hidrográficas del Caribe.

9. Referencias citadas

- Al-Yamani, F., Al- Rifaie, K., & Al- Kandari, M. (2009). *Marine phytoplankton atlas of kuwait's waters*. Copyright © Kuwait Institute for Scientific Research.
- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of water and waster water*. New York.
- Bastidas-Salamanca, M., Rodriguez-Rubio, E., & Ortiz Galvis, J. (2006). Obtencion y Validacion de Clorofila en la Cuenca Pacifica Colombiana a Partir de Imagenes de Satelites. *Boletin Cientifico- CCCP*.
- CECOLDO. (2016). *Centro Colombiano de Datos Oceanograficos*. Obtenido de <http://cecoldo.dimar.mil.co/cclld/acercadeIdo.php>
- CholoGIN-Antares. (2013). *Variability in phytoplankton pigments at the Antares-ChloroGIN times-series-stations*. NF- POGO Alumn Network for oceans.
- CIOH. (2016). *Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas*. Obtenido de <http://www.cioh.org.co>
- CONVEMAR. (1978). *Convencion de las Naciones Unidas sobre el derecho del mar*. Obtenido de http://www.un.org//depts/los/convention_agreements/text/unclos/convemar_es.pdf
- DIMAR. (2016). *Direccion General Marítima*. Obtenido de <https://www.dimar.mil.co/content/que-es-dimar-0>
- DIMAR-CIOH. (2011). *Catalogo de fitoplancton de bahía de Cartagena, bahía porteté y agua de lastre*. (Vol. 5). Cartagena de India, Colombia: Dimar, Serie de publicacones especiales.
- Edler, L., & Elbrachter, M. (2010). The Utermöhl methods for quantitative phytoplakton analysis. En B. Karlson, C. Cusack, & E. Bresnan, *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis intergovernmental* (Vol. 55, pág. 110). Paris: IOC Manuals and guides.

- Garcia, G. (2015). *Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica*. Obtenido de Universitat de les illes Balears: <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Usos-y-aplicaciones-de-macroalgas-microalgas-y.cid221515>
- Gregor, J., & Marsalek, B. (2004). "Freshwater Phytoplankton Quantification by Chlorophyll a: A Comparative Study of in vitro and in situ Methods. *Water Research Journal*, 38, 517-522.
- Hasle, G. (1978). Using the inverted microscope. En Sournia, *Phytoplankton Manual* (págs. 191-196). Paris.
- ITESO. (2016). *Universidad Jesuita de Guadalajara*. Obtenido de https://www.iteso.mx/web/general/detalle?group_id=25797
- Lopez, R. (2005). *Phytoplankton dynamics in permanent and temporary waters of Salt Marshes*. España: Universitat de Girona.
- Mancera, J., Gavio, B., & Arencibia C., G. (2013). Floraciones algales nocivas, intoxicación por microalgas e impactos en el desarrollo regional: El caso San Andrés, Caribe Colombiano. *Universidad Nacional de Colombia*.
- MGC. (2015). *Manual de gestión de calidad del laboratorio*. Cartagena de India: Dirección General Marítima. Ministerio de Defensa.
- Millan, R., & Alvarez, S. (1978). Ecuaciones espectrofométricas tricómicas para la determinación de clorofila a, b y c y sus feofitinas. En *Ciencias Marinas Ensenadas/ México* (Vol. 5, págs. 47-54).
- Parson, T., Maita, Y., & Lalli, C. (1984). *Manual of chemical and biological. Methods for seawater analysis*. Gran Bretaña.
- Pineda, M. (2015). *Desarrollo del Método para la cuantificación de la clorofila-a en muestra de agua, por espectroscopia ultravioleta visible*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Rimet, F., & Bouchez, A. (2012). Biomonitoring river diatoms: implications of taxonomic resolution. *Ecological Indicators - Journal*, 15(1), 92-99.

- Robles, L., Maldonado, M., & Gallegos, V. (2012). *Las prácticas profesionales como estrategia para contribuir al desarrollo de la formación académica*. Chihuahua.
- Sournia, A. (1978). *Phytoplankton manual*. Paris: UNESCO.
- Taylor, F. (1976). *Dinoflagellates from the international Indian Ocean Expedition* (Vol. 132). Stuttgart: Bibliotheca Botanica.
- Tenenbaum, D., Villac, S., Matos, M., Hatherly, M., Lima, I., & Menezes, M. (2004). *Phytoplankton atlas of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil*. London: GloBallast Monograph series.
- Tomas, C. (1996). *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. California: Academic Press.
- UNESCO. (2010). *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*. (Karlson, B., Cusack, C and Bresnan, E., Ed.) Paris: UNESCO, Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and guides.
- UNIMAG-DIPRO. (2016). *Dirección de Prácticas Profesionales, Universidad del Magdalena*. Obtenido de <http://www.unimagdalena.edu.co/dependencias/Paginas/DetalleDependencia.aspx?DependenciaID=26>

ANEXOS

ANEXO 1.

Artículo científico publicado en Harmful Algae News de floraciones algales en la Bahía de Cartagena.

Prorocentrum lima and *Prorocentrum balticum* blooms in Cartagena de Indias, Colombian Caribbean

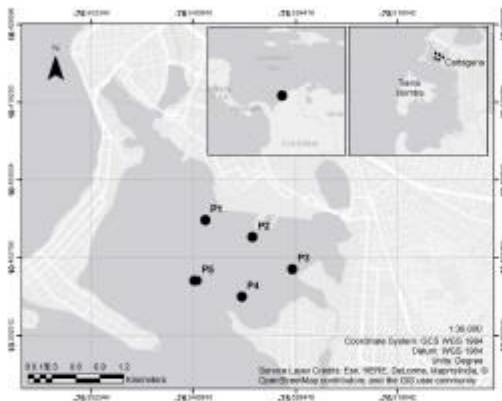


Fig. 1. Cartagena de Indias sampling sites during the algal bloom on December 2015.

Cartagena de Indias, declared as "Heritage of Humanity" by UNESCO in November 1984, is situated in the Caribbean, and represents the most important tourist and historic district of Colombia. Due to its geographical location, different industrial and port activities take place there. However, its architectural, cultural and gastronomic richness positions it as a preferred national and international tourist destination.

Cartagena Bay ($10^{\circ} 26' - 10^{\circ} 16' N$ and $75^{\circ} 30' - 75^{\circ} 35' W$) is part of a semi-closed estuarine system of 82 km^2 and 16 m average depth [1]. Tierra Bomba island separates the bay from the Caribbean Sea, leaving two communication channels: "Bocagrande" in the northeast and "Bocachica" to the southeast. The northern end, called internal bay, has no direct communication with the Caribbean Sea. Cartagena Bay receives water rich in nutrients and sediments through the Dique Canal, an artificial branch of the Magdalena River [2].

During late December 2015, a red water discoloration occurred in the northern part of Cartagena bay (internal bay, Fig.1). On December 21 and 22, five surface phytoplankton samples were collected each day and fixed with neutral formaldehyde (4%, with sodium tetraborate) solution. Samples (10 mL) were examined using an inverted

microscope (X600) according to the Utermöhl quantitative method.

No unpleasant odors or dead organisms were observed or reported during the algal bloom. On December 21, the total phytoplankton cell density ranged from 1.67×10^6 to 7.56×10^6 cells L^{-1} (Fig. 2). Blooms of *Prorocentrum lima* and *Prorocentrum balticum*, with population densities of $0.72 - 3.56 \times 10^6$ cells L^{-1} and $0.70 - 3.58 \times 10^6$ cells L^{-1} respectively, were identified as the cause of the discoloration. Other accompanying species were *Tripos furca*, *Prorocentrum gracile*, *Protoperdinium pellucidum*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros curvisetus*,

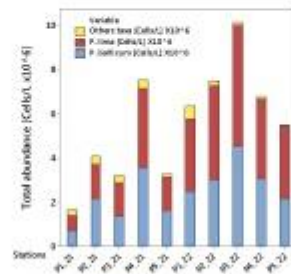


Fig. 2. Phytoplankton population densities during the algal bloom on December 2015. Each bar corresponds to an observation. Samples collected on December 21 and 22.

Ch. compressus and *Guinardia striata*; which presented a total population density between 0.41×10^6 and 0.1×10^6 cells L^{-1} (Fig. 2).

On December 22, the bloom remained in the same area but the cell density was greater than before, ranging from 10.16×10^6 to 5.51×10^6 cells L^{-1} . *P. lima* and *P. balticum* population densities, $2.1 - 4.5 \times 10^6$ cells L^{-1} and $3.2 - 5.4 \times 10^6$ cells L^{-1} respectively, were also higher. Of the species found, only *P. lima*, usually a benthic species, has been reported as a potentially toxic dinoflagellate, causing diarrhea in humans. This algal bloom should serve as a warning to the environmental authorities and the tourist industry of Cartagena de Indias. Only in the last tourist season of 2015, it is estimated that the city hosted about 450,000 tourists, 11% of which were international visitors coming from Europe, the United States, the Caribbean and South America.

The causes of the algal bloom in Cartagena are unclear, but dredging activities in Bocachica and the main channel during December 2015, along with high water temperatures ($30.2^{\circ} C \pm 0.12$ SD), may have been the factors promoting such a *P. lima* bloom. It is important to increase the local understanding of the dynamics of algal blooms in the region in order to improve the ability to cope with its impacts which could be highly negative for the population and industry.

Acknowledgments

We are grateful to CIOH, Dirección General Marítima - DIMAR, for their support during sampling and laboratory analyses.

References

- Tuchkovenko Y et al 2002. Boletín científico CIOH 20: 28-44
- Cañón Páez M et al 2005. Boletín científico CIOH, 25, 120 - 134

Authors

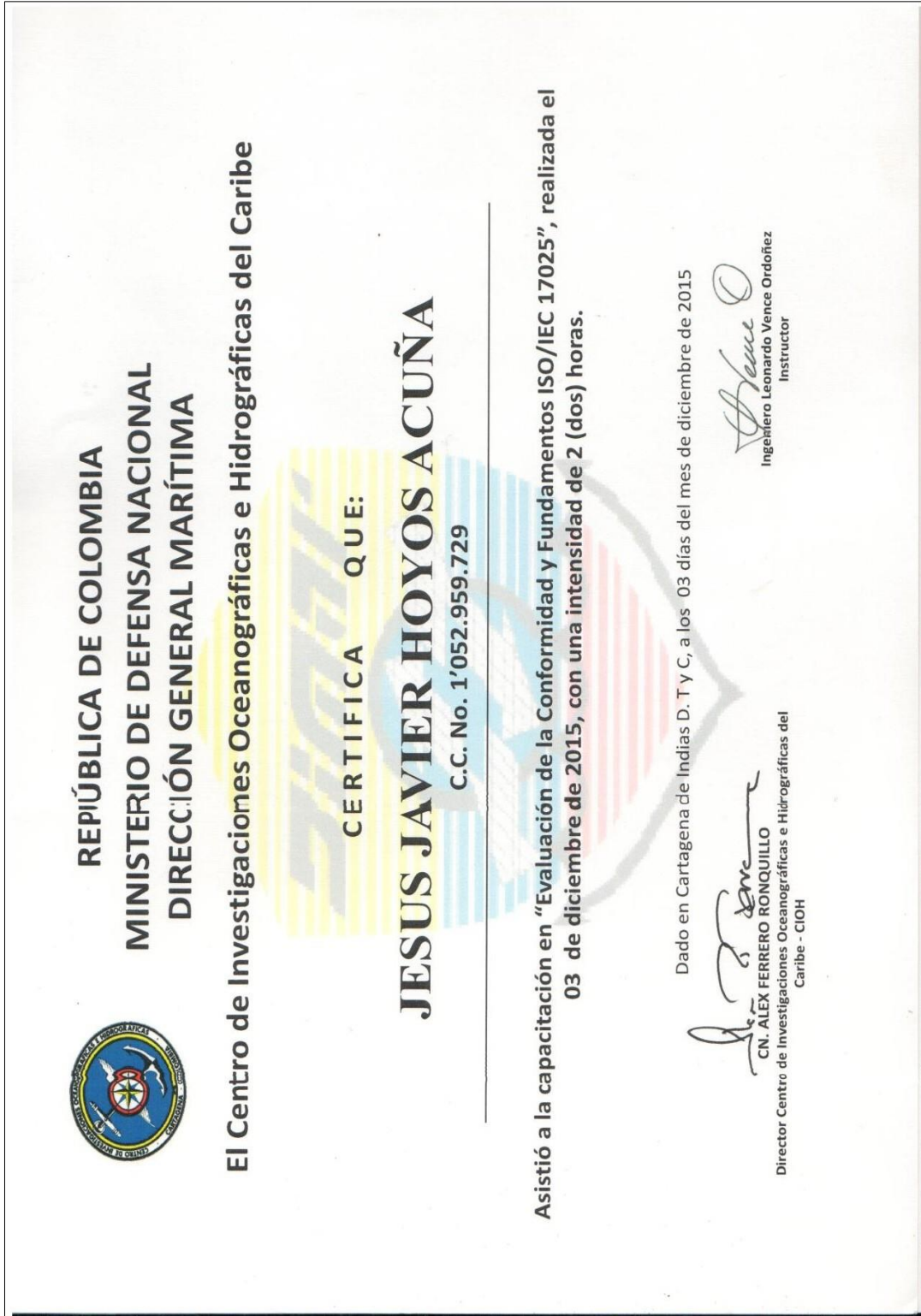
Jhon Salas-Barras & Liseth Arregoces, Dirección General Marítima (DIMAR), Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), Cartagena, Colombia
Jesus Hoyos-Acuna, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

J. Ernesto Mancera-Pineda, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Email: jermancerap@una.edu.co


ANEXO 2.

Curso de capacitación “Evaluación de la Conformidad y Fundamentos ISO/IEC 17025”.



ANEXO 3.

Curso modelo OMI: Control, Monitoreo y Ejecución (CME), con énfasis en la inspección por el estado rector del puerto y muestreo y análisis a bordo de buques.



REPÚBLICA DE COLOMBIA
REPUBLIC OF COLOMBIA

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
MINISTRY OF NATIONAL DEFENSE

LA DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA
GENERAL MARITIME DIRECTORATE

ESCUELA NAVAL DE CADETES "ALMIRANTE PADILLA"
NAVAL ACADEMY "ALMIRANTE PADILLA"

CERTIFICAN QUE:
CERTIFY THAT:

JESÚS JAVIER HOYOS ACUÑA

Señor (Mr): identificado con C. C. (I.D. Card No.): 1.052.959.729 de Magangue
El titular ha completado y aprobado satisfactoriamente el "CURSO MODELO OMI: CONTROL, MONITOREO Y EJECUCIÓN (CME), CON ÉNFASIS EN LA INSPECCIÓN POR EL ESTADO RECTOR DE PUERTO Y MUESTREO Y ANÁLISIS A BORDO DE BUQUES", en la Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" en Cartagena, con una intensidad horaria de 24 horas/ The holder has successfully completed "The IMO Model Training Course: Compliance Monitoring and Enforcement (CME), with emphasis on port state control inspection and sampling and analysis on-board vessels", conducted at the Naval Academy "Almirante Padilla" in Cartagena with a duration of 24 hours.

Fecha de Nacimiento/D.O.B: 16/Nov/1988

Desarrollado los días 27, 28 y 29 de abril de 2016/ Held on 27, 28 and 29 April, 2016.
Registrado en folio No. 5 del libro 07 de Diplomas bajo el No. 5653.
Registered: 5653
Dado en Cartagena, a los 29 días del mes de abril de 2016.

OMAR ANTONIO RODRIGERS MUÑOZ
Instructor Líder
Instructor Leader

Contralmirante ANTONIO JOSÉ MARTÍNEZ OLMOS
Director Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla
Naval Academy "Almirante Padilla" Director

Vicealmirante PABLO EMILIO ROMERO ROJAS
Director General Marítimo
General Maritime Director