



## Anexo “8”

# Proyecto: “COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA ASOCIADA A MASAS DE AGUA DEL GRADIENTE LATITUDINAL DESDE EL OCÉANO PACÍFICO COLOMBIANO HASTA LA PENÍNSULA ANTÁRTICA 2016-2017”

### 1. Relación con la Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035

La Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035, tiene como visión principal constituirse en el documento base para el direccionamiento estratégico de las acciones de ciencia, tecnología e innovación del país, con el fin de coadyuvar con los proyectos de investigación científica mundiales, la paz y la seguridad en el continente blanco, a través de su propia estación permanente de investigación. En ese sentido, este proyecto de investigación se enmarca en dos áreas temáticas definidas por la Agenda:

- Biodiversidad de organismos antárticos (línea de investigación: Biología): específicamente en el componente de oceanografía biológica, y con mayor detalle al conocimiento básico de las comunidades planctónicas vegetales (i.e. fitoplancton), animales (i.e. zooplancton), así como el componente de peces a nivel de huevos y larvas (i.e. ictioplancton). De esta manera, se busca alcanzar el objetivo orientar las actividades científicas al conocimiento de biodiversidad marina en la columna de agua, específicamente de las comunidades claves del sustento alimenticio de la red trófica marina.
- Relaciones entre Suramérica y la Antártica (línea de investigación: Oceanografía): Como lo indica la Agenda Científica, los proyectos pertenecientes a esta área temática, buscan caracterizar la interrelación existente entre la Antártica y Suramérica, desde las diversas ramas de la oceanografía, biología marina, climatología, meteorología, geología, biogeografía e hidrografía. En ese sentido, esta investigación busca evaluar las comunidades planctónicas desde 600 m de profundidad, lo que incluye masas de agua que comparten el Pacífico y el Caribe colombiano con el continente blanco, por lo cual, se esperaría que existan comunidades planctónicas similares que sirvan de vector de conectividad, más allá de los grandes mamíferos como las ballenas, quienes han sido históricamente los vectores biológicos de conectividad entre sistemas marinos tropicales y polares.



## **2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto:**

Investigador principal: Andrés Franco Herrera, B.Sc., Ph.D.

Entidad que representa: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Actividades desarrolladas en el buque ARC 20 de Julio en la colecta de muestras de comunidades planctónicas, así como en su respectivo análisis en laboratorio y tratamiento de la información.

Co-investigador: Lina María Mejía Quiñones, B.Sc., M.Sc.

Entidad que representa: Aquabiósfera, S.A.S.

Actividades desarrolladas en análisis de muestras en laboratorio y tratamiento de la información.

## **3. Otras entidades participantes**

N/A

## **4. Objetivo general del proyecto**

Determinar los cambios en la composición estructural de la comunidad planctónica asociada a las masas de agua presentes a lo largo del gradiente latitudinal desde Colombia hasta la Península Antártica, como indicadores de conexión biogeográfica entre el trópico y aguas polares.

## **5. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral 2015-2016.**

### Objetivo particular 1.

- Identificar las masas de agua presentes en el Pacífico desde Colombia hasta la península Antártica con base en diagramas T-S.

### Objetivo particular 2.

- Identificar la variación estructural y la diversidad de las comunidades planctónicas a medida que aumentan la latitud hacia el sur (0°-65° S) y cómo se relaciona con las características fisicoquímicas de las masas de agua presentes.



### Objetivo particular 3.

- Establecer la conexión entre Colombia y la Península Antártica con respecto a las comunidades planctónicas presentes en ambos niveles latitudinales.

## 6. Base o buque donde desarrollaron los objetivos particulares

Buque: OPV ARC 20 de Julio.

Coordenadas de muestreo: La tabla 1 resume las estaciones de muestreos realizadas a lo largo del Océano Pacífico y en el Estrecho de Gerlache en la Península Antártica.

**Tabla 1.** Estaciones oceanográficas muestreadas en el ARC 20 de Julio. F: Fitoplancton, Z: Zooplancton, I: Ictioplancton.

	<b>Código UTADEO</b>	<b>Código DIMAR</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Muestras colectadas</b>
OCEANO PACIFICO	2A	S1	3°58'28.1" N	81°14'21.1"W	F
	12A	S3	4°43'22.9" S	83°38'32.5"W	F+Z+I
	11B	S4	13°18'30.9" S	79°35'12.2"W	F+Z+I
	12B	S6	21°17'59.4" S	75°37'18.4"W	F+Z+I
	13A	S9	37°22'34.1" S	73°59'19.4"W	Z+I
ESTRECHO DE GERLACHE, ANTÁRTICA	1AG	G16	64°45'57.3"S	62°51'23.0"W	F+Z+I
	1BG	G17	64°39'57.0"S	62°53'44.5"W	F+Z+I
	2AG	G18	64°59'35.3"S	63°25'52.6"W	F+Z+I
	2BG	G28	63°56'42.2"S	60°47'16.2"W	F+Z+I
	3AG	G4	64°04'48.8"S	61°12'34.9"W	F+Z+I
	3BG	G6	64°17'44.0"S	61°51'57.7"W	F+Z+I
	4AG	G11	64°27'05.8"S	62°13'36.5"W	F+Z+I
	4BG	G13	64°34'10.2"S	62°36'33.8"W	F+Z+I
	5BG	G10	62°34'51.1"S	62°15'39.0"W	F
	5/5BG	G1	63°56'32.1"S	61°43'13.9"W	F+Z+I
	6AG	G3	64°05'21.8"S	61°22'13.3"W	F+Z+I

## 7. Descripción de equipo científico y de apoyo

El equipo científico en buque estuvo conformado por 18 investigadores quienes conformaron un equipo interdisciplinar e interinstitucional y apoyaron directa o indirectamente la ejecución de las actividades de toma de muestras de plancton en campo, ya sea desde el punto de vista técnico y/o investigativo (**Tabla 2**).



**Tabla 2.** Equipo de investigadores que apoyaron la actividad de toma de muestras de plancton a bordo del ARC 20 de Julio en la Expedición Antártica Almirante Padilla, Verano Austral 2016-2017.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Institución</b>	<b>Actividad realizada</b>
CN Ricardo Torres	CIOH Caribe	Jefe Científico de la Expedición.
Manuel Garrido	INVEMAR	Arrastres de fito-zoo-ictioplancton.
Christian Díaz	CCO	Preservación, rotulación y embalaje de muestras.
Andrés Franco	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	Preservación, rotulación y embalaje de muestras. Soporte logístico a la operación de arrastres verticales de redes.
Adrián Vásquez	Fundación Omacha	Apoyo fotográfico.
TE John Hernández	GCOMES	Apoyo fílmico y fotográfico.
S3 Christian Suárez	GCOMES	Apoyo fílmico y fotográfico.
CS José Acosta	GCOMES	Apoyo fílmico y fotográfico.
Paola Suárez	DIMAR	Toma de muestras de fitoplancton mediante roseta oceanográfica.
John Salom		
Ana Lucía Caicedo		Apoyo a actividades de winche y draga para la realización de los arrastres de plancton.
SJ Fernando Oviedo		
S2 Alexander Guzmán		
S3 Gabriel Antolinez		
S2 Néstor Avellaneda		
S3 Rafael Barceló		
S2 José Iriarte		
José Payares		

## 8. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

### Área de estudio:

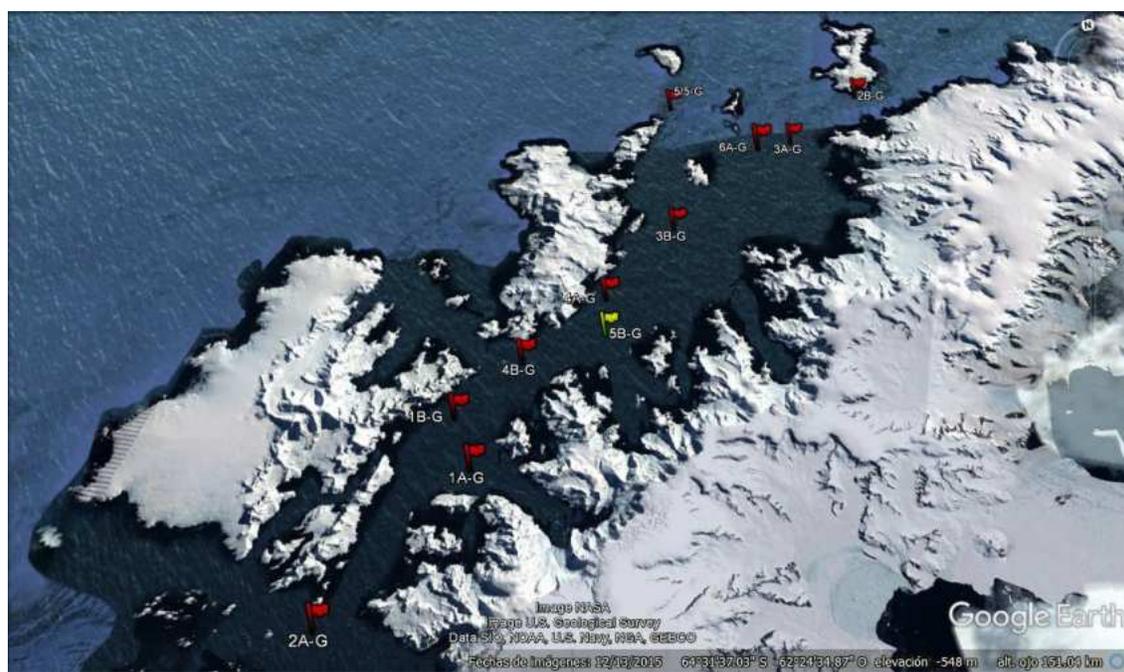
El área de estudio comprendió el gradiente latitudinal del sur en el Océano Pacífico, desde los 0° hasta los 65° S, además del Estrecho de Gerlache. Se realizaron 5 estaciones a lo largo del Pacífico (**Figura 1**) y 11 más en el continente antártico en el estrecho de Gerlache (**Figura 2**).



a.



b.



**Figura 1.** Estaciones muestreadas en el gradiente latitudinal a lo largo del Océano Pacífico (a) y en el Estrecho de Gerlache (b), el marco de la Expedición Antártica Almirante Padilla 2016-2017.



#### Información meteorológica:

Se registró al inicio de cada muestreo información meteorológica/oceanográfica obtenida de la estación del buque ARC 20 de Julio, a saber: temperatura del aire y superficial del agua (°C), humedad relativa (%), dirección (°) y velocidad del viento (knt) y presión atmosférica (mb), información que se ha digitalizado en una base de datos primaria en Microsoft Excel®.

#### Información oceanográfica:

En cada estación los investigadores de la Dirección General Marítima (DIMAR), lanzaron CTDO hasta profundidades máximas de 1500 m. Esta información será solicitada directamente al Jefe Científico de la expedición, Capitán de Navío Ricardo Torres, con el fin de obtener los perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, así como para la construcción de los diagramas *t-s* e identificación de masas de agua presentes.

Adicional a la información de campo, se revisará la información histórica de 50 años atrás para las diferentes áreas de estudio, a partir del software Ocean Data View® (AWI, 2016) y la World Ocean Atlas Database (NOAA, 2016), con el fin de establecer perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos, y en consecuencia diagramas *t-s*, que permitan complementar la caracterización oceanográfica de la columna de agua y las condiciones fisicoquímicas de desarrollo del plancton marino. El mismo análisis histórico se hará para capas de profundidad, a partir de mapas de isolíneas por variable.

#### Obtención y análisis de muestras de fitoplancton:

Para la obtención de muestras de fitoplancton se realizaron muestreos cualitativos y cuantitativos, de la siguiente manera:

- **Muestreo cualitativo:** se utilizó una red bongo con mallas de 20  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro y diámetro de boca de 60 cm. Se realizaron arrastres verticales desde los 200 m de profundidad hasta la superficie. Posteriormente se realizó un lavado de la red con agua de mar filtrada y se almacenaron las muestras en recipientes plásticos de 250 mL, fijadas con formol al 4% en base agua de mar. Las muestras serán llevadas a los laboratorios de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y Aquabiósfera S.A.S., quienes serán los custodios de las muestras.



- **Muestreo cuantitativo:** utilizando botellas de Niskin de 10 L, adosadas a la roseta oceanográfica, se tomaron muestras de agua a tres profundidades estándar diferentes (50, 100 y 200 m). Dichas muestras se almacenaron en frascos plásticos de 900 mL y fijadas con Lugol alcalino en relación 1:10 (Báez-Polo, 2013). Se seguirá la misma cadena de custodia definida para el muestreo cualitativo.

Una vez llevadas las muestras a los laboratorios indicados, se observarán sobre placas en microscopio invertido, cubriendo toda la superficie y determinando presencia/ausencia de organismos. Se construirá una figura de alícuotas acumuladas contra número de morfotipo/especies para determinar el número mínimo de alícuotas muestrales. La identificación de organismos del fitoplancton se realizará utilizando guías taxonómicas y bibliografía de Schmidt (1874-1959), Sournia (1967), Balech (1988), Dodge (1988), Rines y Hargraves (1988), Round *et al.* (1990), Tomas (1997) y Vidal (2010).

#### Obtención y análisis de muestras de zooplancton e ictioplancton:

Los muestreos cualitativos y cuantitativos de zooplancton e ictioplancton se llevaron a cabo mediante arrastres verticales utilizando una red bongo con malla de 250  $\mu\text{m}$  y 500  $\mu\text{m}$  de diámetro, respectivamente y con un sistema de apertura/cierre. Se adelantaron arrastres desde 0 a 200 m de profundidad, con lectura de flujómetro inicial y final, para determinar la distancia recorrida. Posteriormente, se realizó el lavado de la malla con agua de mar filtrada y se almacenaron las muestras en frascos de 125 mL con adición de formol al 8 %, en base de agua de mar y neutralizado con bórax.

Una vez llevadas las muestras a los laboratorios de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y la Empresa Aquabiósfera S.A.S., se realizará el conteo de organismos a partir del fraccionamiento de la muestra en un separador Folsom y se realizará el montaje en cajas de Petri, placas Bogorov y/o en placas cubre-portaobjetos para su observación en microscopio invertido y estereoscopio. Se realizará la identificación de organismos a nivel de género, con el previo conocimiento que en algunos casos no es posible. Las densidades se reportarán en  $\text{ind} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ . Para la identificación de individuos se utilizarán claves taxonómicas y bibliografía de Owre y Foyo (1967), Boltovskoy (1981), Campos y Suárez (1994), Deboyd y Johnson (1996) y Boxshall y Halsey (2004).



## Impacto Ambiental

Se realizó la evaluación ambiental de impacto ambiental para el proyecto en mención de acuerdo a los lineamientos del Tratado Antártico sobre la Protección al Medio Ambiente y su correspondiente aval otorgado por la Dirección General Marítima – DIMAR, como autoridad marítima colombiana.

### Trayectoria y capacidad en investigación:

La Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano cuenta con 33 grupos de investigación avalados en Colciencias y relacionados con el estudio de las comunidades planctónicas. Específicamente el grupo de Dinámica y Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros (Grupo A-Medición 2015-COLCIENCIAS) posee experiencia demostrada en el estudio de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas marinas. Actualmente cuenta con 45 integrantes activos, una trayectoria de investigación en asuntos marinos y costeros desde el año 2003, 14 publicaciones en revistas especializadas, tres libros resultados de investigación, tres capítulos en libros publicados, tres documentos de trabajo, y otras publicaciones divulgativas todas relacionadas con el plancton y la oceanografía, además de la participación en simposios y congresos. Asimismo, las instalaciones de la universidad cuentan con laboratorios equipados para el análisis de muestras en microscopio y estereoscopio que estarán a disposición del proyecto.

Por su parte la empresa Aquabiósfera S.A.S además de estar incursionando en el tema de la Antártida como empresa privada, cuenta con la experiencia de haber realizado muestreos de arrastre para obtención de fitoplancton y zooplancton, conociendo la metodología y la presentación de informes con respecto a resultados obtenidos en este campo. En la actualidad, Aquabiósfera como consultora ambiental desde el año 2013 ha presentado más de 20 informes técnicos con descripciones de comunidades planctónicas en diferentes puntos del Caribe colombiano donde se realiza exploración petrolera.

## **9. Resultados preliminares**

Esta investigación presenta como resultados preliminares la colecta de muestras de fito+zoo+ictioplancton. La **tabla 3** resume el total de muestras colectadas por cada uno de los componentes y técnicas de muestreos utilizadas, llegando a un total de 80 muestras.



**Tabla 3.** Total de muestras de plancton colectadas a bordo del ARC 20 de Julio en la Expedición Antártica Almirante Padilla, Verano Austral 2016-2017. UTADEO: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. AQB: Aequabiósfera S.A.S. Ict/plancton: Ictioplancton.

Estación		Fitoplancton				Zooplancton	Ict/plancton	Custodia
Código UTADEO	Código DIMAR	Red	Botellas (m)					
			50	100	200	0-200 m		
2 <sup>a</sup>	S1		1*					UTADEO-AQB
12 <sup>a</sup>	S3	1	1 <sup>++</sup>	1 <sup>+++</sup>	1 <sup>++++</sup>	1	1	UTADEO-AQB
11B	S4	1	1 <sup>++</sup>	1 <sup>+++</sup>	1 <sup>++++</sup>	1	1	UTADEO-AQB
12B	S6	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
13 <sup>a</sup>	S9					1 <sup>&amp;</sup>	1 <sup>&amp;</sup>	UTADEO-AQB
1AG	G16	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
1BG	G17	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
2AG	G18	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
2BG	G28	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
3AG	G4	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
3BG	G6	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
4AG	G11	1				1	1	UTADEO-AQB
4BG	G13	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
5BG	G10		1		1			UTADEO-AQB
5/5BG	G1	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
6AG	G3	1	1	1	1	1	1	UTADEO-AQB
<b>Total</b>		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	

\*Muestra a 0 m de profundidad. ++Muestra a 1 m de profundidad. +++Muestra a 50 m de profundidad. ++++Muestra a 100 m de profundidad. &Muestra de baja calidad dividida entre UTADEO e INVEMAR.



Se menciona además, que de todas las muestras de fitoplancton colectadas con red, se entregó una réplica al investigador John Salom de la Dirección General Marítima (DIMAR), a quien con el tiempo se le solicitará la información obtenida de sus análisis (composición y abundancia), para cruzarla con aquella obtenidas por la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y Aquabiósfera, S.A.S.

## 10. Resultados Esperados

Con las muestras fitoplancton, zooplancton e ictioplancton colectadas en el marco de la III Expedición Antártica Almirante Padilla, se esperan obtener al menos 9 tipos diferentes de productos académicos y científicos, que van desde informes preliminares, trabajos de tesis de pregrado/postgrado, así como publicaciones científicas en revistas tipo ISI/Scopus (**Tabla 4**), una vez ellas hayan sido analizadas en los laboratorios de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta y de la Empresa Aquabiósfera S.A.S.

**Tabla 4.** Productos esperados a alcanzar en el marco del proyecto de investigación realizado a bordo del ARC 20 de Julio en la Expedición Antártica Almirante Padilla, Verano Austral 2016-2017.

	<b>Horizonte de tiempo</b>	<b>Producto a alcanzar</b>	<b>Personal involucrado</b>
1	Febrero/2018	Informe preliminar de grupos fito-zoo e ictioplanctónicos.	Estudiantes tesistas de pregrado y postgrado en ciencias marinas.
2	Diciembre/2018	Tesis de pregrado en caracterización abiótica del Océano Pacífico y el Estrecho de Gerlache, Antártica, de la columna de agua a partir de diagramas <i>t-s</i> (0-200 m)	Tesista de pregrado.
3	Diciembre/2018	Tesis de pregrado/maestría en biodiversidad del fitoplancton en el Estrecho de Gerlache (0-200 m)	Tesista de pregrado/maestría en ciencias marinas.
4	Diciembre/2018	Tesis de pregrado/maestría en biodiversidad del zooplancton en el Estrecho de Gerlache (0-200 m)	Tesista de pregrado/maestría en ciencias marinas.
5	Diciembre/2018	Tesis de pregrado/maestría en biodiversidad del ictioplancton en el Estrecho de Gerlache (0-200 m)	Tesista de pregrado/maestría en ciencias marinas.
6	Marzo/2019	Artículo científico en Biodiversidad de las comunidades planctónicas en	Tesistas + Director de Proyecto**



		el Estrecho de Gerlache (0-200 m) (Sometido)	
7	Diciembre/2019	Tesis maestría/doctorado en variación latitudinal de la comunidad fitoplanctónica desde sistemas tropicales a polares.	Tesista maestría/doctorado
8	Diciembre/2019	Tesis maestría/doctorado en variación latitudinal de la comunidad zoo+ictioplanctónica desde sistemas tropicales a polares.	Tesista maestría/doctorado
9	Marzo/2020	Artículo científico en Variación latitudinal de las comunidades planctónicas en el Océano Pacífico (Sometido)	Tesistas + Director de Proyecto**

\*\* El Director de Proyecto es el Profesor Andrés Franco Herrera, Ph.D.

## 11. Actividades de divulgación

- a) Se apoyó la visita al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), en la ciudad de Valparaíso, el día 29 de Diciembre de 2016 (**Figura 2**), donde se presentó a la comunidad científica los diferentes proyectos de investigación a realizarse en el marco de la Expedición Antártica Almirante Padilla, y de esta forma retroalimentarse de la experiencia chilena en aguas polares y de sus recomendaciones frente a los proyectos a adelantar.
  
- b) Taller de intercambio de investigaciones en la Universidad de Playa Ancha de Valparaíso (**Figura 3**), el día 30 de Diciembre de 2016, donde igualmente se presentaron los proyectos de investigación colombianos a realizar a lo largo de la expedición científica, así como los proyectos que actualmente se adelantan por parte de esta institución, como por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y el Instituto Antártico Chileno (INACH), en temas como el atlas de oleaje, ciclos biológicos de especies ícticas de importancia comercial, respuesta fisiológica de las macroalgas a condiciones polares extremas, entre otras.



**Figura 2.** Visita oficial al SHOA de la Armada chilena, por parte del equipo científico de la Expedición Almirante Padilla, el 29 de Diciembre de 2016, Valparaíso, Chile.



**Figura 3.** Taller de intercambio de saberes de proyectos científicos en la Antártica, entre investigadores chilenos y colombianos participantes en la Expedición Almirante Padilla, el 30 de Diciembre de 2016, Valparaíso, Chile.



- c) Visita oficial al Instituto Antártico Chileno (INACH), en Punta Arenas, Chile, el día 9 de Enero de 2017 (**Figura 4**), donde el Jefe Científico de la expedición colombiana, Capitán de Navío Ricardo Torres, presentó a parte del *staff* científico de esa institución las investigaciones a realizarse por parte del equipo científico colombiano.
  
- d) Visita a la Estación Palmer Antártica de los Estados Unidos, el 16 de Enero de 2017 (**Figura 5**) en compañía del Capitán de Navío Jorge Espinel y el Capitán de Navío Ricardo Torres para conocer las instalaciones de investigación americana, así como lograr posibles redes de investigación con pares internacionales que estén trabajando en temáticas similares a aquellas desarrolladas por la Expedición Antártica.



**Figura 4.** Visita oficial al Instituto Antártico Chileno por parte de los investigadores de la Expedición Antártica Almirante Padilla, el 9 de Enero de 2017, Punta Arenas, Chile.



**Figura 5.** Visita oficial a la Base Palmer de Estados Unidos en el continente Antártico, el 16 de Enero de 2017.

## 12. Recomendaciones

- Se recomienda que en el proceso de selección de personal científico a las expediciones antárticas del futuro, se hagan como primer paso de selección los exámenes médicos y las pruebas de polígrafos, con el fin de definir con anterioridad la viabilidad de embarque los investigadores, y que esto no se dé a semanas del zarpe cuando ya se ha hecho una inversión en tiempo y dinero significativa por parte de los investigadores y las entidades que representan.
- Es recomendable que en próximas actividades de investigación en el continente blanco, se empiecen a abordar otras áreas temáticas de investigación de la Agenda Científica Antártica de Colombia que aún no se han abordado con propiedad, como también priorizar aquellos proyectos de investigación que tengan continuidad de expediciones pasadas.
- En términos de equipos a bordo del buque, se recomienda la revisión del winche, con el fin de que tenga la velocidad necesaria para los arrastres planctónicas, que disminuya la evasión de los organismos, así como el estado de la güaya, la cual en esta expedición presentó varios hilos rotos.



### 13. Bibliografía

- Antezana, T. 1999. Plankton of southern Chilean fjords: trends and linkages. *Scientia Marina*, 63 (1): 69-80.
- Arcos, F. y Bonilla, M. 1989. Composición y distribución de la abundancia relativa de zooplancton en el Estrecho de Bransfield (Antártica) durante el verano austral de 1987-1988. *Acta Antártica Ecuatoriana*, 1 (1): 103-109.
- AWI (Alfred Wegner Institut). 2016. Ocean Data View. Disponible *on-line*: <https://odv.awi.de/en/home/>. Fecha de consulta: 29 de Enero de 2016.
- Báez-Polo, A. (ed) 2013. Manual de métodos de ecosistemas marinos y costeros con miras a establecer impactos ambientales. Convenio para fortalecimiento de los métodos de investigación marina para actividades costa afuera por parte del sector de hidrocarburos. Invemar-ANH. Santa Marta, D.C.T.H. 212 p. + anexos.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Madrid. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía N° 1. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 310 p.
- Bances, S., Carbajal, W. y García, W. 2007. Monitoreo a través de balsa biológica en las islas Lobos de Afuera, Lambayeque, septiembre-diciembre de 2006. Instituto del mar de Perú. Laboratorio costero de Santa Rosa. 20 p.
- Blackburn, M. 1966. Biological oceanography of the Eastern Tropical Pacific: summary of existing information. U.S.Fish and Wild.Serv.Special Scient.Report Fish No.540.
- Boltovskoy, D. (Ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata, Argentina. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. 936 p.
- Bonicelli, J., López, D., Ochoa, N. y Shreeve, R. 2008. Estructura comunitaria del zooplancton asociada con el fitoplancton y las masas de agua del Estrecho de Bransfield y la Isla Elefante durante el verano austral del 2006. *Ecología Aplicada*, 7 (1,2): 159-164.
- Boxshall, G. y Halsey, S. 2004. An introduction to copepod diversity: Part I-II. The Ray Society. Londres. 970 p.
- Campos, A. y Suárez, E. 1994. Copépodos pelágicos del golfo de México y mar Caribe. I Biología y Sistemática. Centro de investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). México. 353 p.
- Castillo, F. y Vizcaíno, Z. 1993. Observación del fitoplancton del Pacífico colombiano durante 1991-1992 en condiciones El Niño. *Bull. Inst. fr. études andines*, 22 (1): 179-190.
- Criales, M.I. y Fernández, C.E. 2001. Distribución de la biomasa planctónica en la costa pacífica colombiana entre noviembre de 1997 y noviembre de 1998. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 25 (96): 371-380.



- Deboyd, S. y Johnson, K. 1967. Guide to marine zooplankton and marine invertebrate larvae. 2nd ed. Dubuque, Iowa. Editorial Kendall/Hunt. 221 p.
- Dodge, J.D. 1982. Marine dinoflagellates of British Isles. London. Her Majesty's stationery office. 303 p.
- Dufour, P. y Stretta, J.M. 1973. Fronts thermiques et thermohalins dans la région du cap Loper (golfe de Guinée), juin-juillet 1972: phytoplancton, zooplancton, micronecton et pêche thomière. Doc.Scient.Centre Rech.Océanogr.Abidjan. IV (3): 99-142.
- Gabellone, N., Solari, L., Casco, M. y Claps, M. 2013. Conservación del plancton y protección de las cuencas hídricas. El caso de la cuenca inferior del río del Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista UNLP, Vol. 1: 100-119.
- Giraldo, A. y Gutiérrez, E. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). Investigaciones Marinas, 35 (1): 117-122.
- Giraldo, A y Ramírez, D.G. 2010. Fitoplancton costero en Cabo Marzo y Punta Cruces, margen nororiental del océano Pacífico colombiano. Boletín Científico CIOH, 28: 173-203.
- Giraldo, A., Valencia, B. y Ramírez, D. 2011. Productividad planctónica y condiciones oceanográficas locales en Isla Gorgona durante julio 2006. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 4 (1): 185-201.
- Haro, D., Aguayo, A. y Acevedo, J. 2013. Características oceanográficas y biológicas de las comunidades del plancton y necton del área marina costera protegida Francisco Coloane: una revisión. Anales Instituto Patagonia, 41 (1): 77-90.
- Iriarte, J.L. 2013. Variabilidad espacial y temporal del fitoplancton antártico en aguas adyacentes a las Islas Shetland del Sur, Antártica. Tesis para optar al título de Ingeniero en Acuicultura. Universidad Austral de Chile. Escuela de Acuicultura y Pesquerías. 41 p.
- Iriarte, J.L., Kusch, A., Osses, J. y Ruiz, M. 2001. Phytoplankton biomass in the sub-antarctic area of the straits of Magellan (53° S), Chile during spring-summer 1997/1998. Polar Biology, 24 (3): 154-162.
- Ludwing J.A. y Reynolds, J.F. 1988. Statistical ecology, a primer on methods and computing. John Wiley, New York. 337 p.
- Medina, L. 1997. Composición y comportamiento del fitoplancton en el área del Pacífico colombiano, años 1995-1997. Boletín Científico CCCP: 95-108.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2016. World Ocean Database and World Ocean Data Series. Disponible *on-line*: <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/indprod.html>. Fecha de consulta: 29 de Enero de 2016.



- Ortega, D. 1998. Distribución y composición del macrozooplancton en Bahía Chile y Ensenada Guayaquil, Isla Greenwich – Verano Austral 1998. *Acta Antártica Ecuatoriana*. PROANTEC, 4 (1): 115-122.
- Owre, H. y Foyo, M. 1967. Copepods of the Florida current. *Manuals for the identification of the fauna of the tropical Western Atlantic*. Fauna Caribbean: Crustacea, part I: Copepoda. Miami. Institute of Marine Science. 137 p.
- Peña, V. y Pinilla, G. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Revista de biología Marina y Oceanografía*, 37 (1): 67-81.
- Prado, M. y Cajas, J. 2009. Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante el 2008. *Boletín Científico y Técnico*, 20 (59): 24-42.
- Ramírez A. 1999. *Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 325 p.
- Ramírez, D. y Giraldo, A. 2006. Estructura comunitaria del fitoplancton de la cuenca pacífica colombiana durante la campaña oceanográfica Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII. *Boletín Científico CCCP*, 13: 65-84.
- Ramírez, D., Giraldo, A. y Tovar, J. 2006. Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004). *Investigaciones Marinas*, 34 (2): 211-216.
- Rebotim, A., Voelker, A. y Waniek, J. 2010. Planktonic foraminifera as indicators of water masses north and south of the Azores front/Current: evidence from abundance and stable isotopes data. *II Seminario Ibérico IGBP*. 6p.
- Rines, J. y Hargaves, P. 1988. *The Chaetoceros Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A.* United States of America. J. Cramer. 196 p.
- Rodríguez, L., Zárate, O. y Oyarce, E. 1986. Producción primaria del fitoplancton y su relación con la temperatura, oxígeno, nutrientes y salinidad en la Bahía de Mejillones del Sur. *Revista de Biología Marina*, 22 (1): 75-96.
- Round, F.E., Crawford, R.M. y Mann, D. 1990. *The diatoms, biology and morphology of the genera*. Nueva York. Cambridge University Press. 747 p.
- Sánchez, S. y Villanueva, P. 2001. Composición del fitoplancton en el Estrecho de Bransfield e Isla Elefante durante el verano austral de 1999. *Revista Perú Biol.* 8 (1): 23-37.
- Schmidt, A. 1874-1959. *Atlas der diatomaceen-kunde*. Leipzig und Berlin. Koeltz Scitific Books. 392 p.
- Sournia, A. 1967. Le genre *Ceratium* (péridinien planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution à une révision mondiale. Extrait de *Vie et Milieu*, Série A: Biologie Marine. Tome XVIII, Fascicules 2-3-A. p 375-500.



- Tapia, M.E. y Naranjo, C. 2009. Estudio de las comunidades del fitoplancton y zooplancton en Monteverde, Península de Santa Elena, Ecuador durante Noviembre de 1006. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 15 (1): 43-66.
- Tomas, C. 1997. Identifying marine phytoplankton. United States of America. Academic Press. 858 p.
- Torres, G. y Tapia, M.E. 1998. Distribución del fitoplancton en el Estrecho de Bransfield, Bahía Chile y Paso Drake, durante el verano austral 1998 (Antártida). *Acta Antártica Ecuatoriana. PROANTEC*, 4 (1): 101-114.
- Torres, G., Calderón, T., Mero, M. y Franco, V. 2004. Procesos planctónicos en el Golfo de Guayaquil (Campo Amistad) Julio-Agosto/2001. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 12 (1): 81-91.
- Torres, G., Palacios, C., Calderón, T. y Recalde, S. 2006. Interacción del fitoplancton y zooplancton y sus condiciones oceanográficas durante el verano Austral 2004 (Isla Greenwich-Antártica). *Revista Tecnológica ESPOL*, Vol. 19 (1): 153-160.
- Vidal, L.A. 2010. Manual del fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños. Bogotá. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 384 p.

Este informe fue elaborado por:

Nombre: Andrés Franco Herrera, B.Sc., Ph.D.

Entidad: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Investigador de la III Expedición de Colombia a la Antártida "Almirante Padilla".



## Apéndice “1” – Registro Fotográfico



**Foto 1.** Registro de información de campo a lo largo de los arrastres planctónicos.



**Foto 2.** Arrastre vertical de zooplancton e ictioplancton, mediante red tipo bongo.



**Foto 3.** Lavado de paños de las redes de zooplancton e ictioplancton.



**Foto 4.** Muestras de ictioplancton colectadas en el marco de la expedición antártico 2016-2017, donde se detallan medusas, huevos y larvas de peces de profundidades mayores a 500 m.



**Foto 5.** Red bongo de fitoplancton para la colecta de muestras en la columna de agua en el marco de la expedición antártico 2016-2017.



**Foto 6.** Lavado y limpieza e colectores de plancton, previo a su fijación y embalaje.



**Foto 7.** Aparejo general utilizado para la colecta de muestras de plancton (fito+zoo+ictioplancton) en la Expedición Antártica Almirante Padilla.