

**Cambios en la abundancia y composición de la comunidad de zooplancton en bahía cupica,
pacífico colombiano durante dos períodos contrastantes 2012-2013**

Silvia Juliana López Arias

Trabajo de grado para obtener el título de bióloga

Directora

María Isabel Críales-Hernández

PhD en Química Biológica

Tutor

Mauricio Jerez-Guerrero

Biólogo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2018

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y ponerme en el lugar en el que me encuentro hoy.

A mi familia por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, porque cada sacrificio valió la pena y este logro es reflejo de su apoyo incondicional.

A la Universidad Industrial de Santander y a los profesores que contribuyeron transmitiéndome sus conocimientos y formaron la profesional de hoy.

A la Dra. María Isabel por brindarme la oportunidad de pertenecer a su laboratorio y depositar su confianza en mí y por su colaboración durante este proceso.

A Mauricio Jerez quien fue más que mi tutor, mi amigo, su conocimiento, apoyo y colaboración fue de vital importancia para el desarrollo de este libro.

A Manuel Olarte, su apoyo fue de gran importancia para mí durante todo mi proceso de formación. Gracias por tu paciencia y comprensión.

A mis amigos, quienes me acompañaron y contribuyeron a mi crecimiento como persona y profesional, porque han sido pacientes y tolerantes.

Agradezco infinitamente a todas estas personas por estar presentes en mi vida y hacerme crecer como persona, cada uno de ustedes ha aportado su conocimiento y sabiduría y han hecho de mí una mejor persona. Todos y cada uno hace parte importante de mi vida tanto personal como laboral; sin su apoyo, consejos y ayuda este camino no habría sido fácil. Este logro es para ustedes.

GRACIAS

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Materiales y Métodos.....	16
2. Resultados	18
3. Discusión.....	30
4. Conclusiones	36
Referencias Bibliográficas	38

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Distribución de las 22 estaciones de muestreo en Bahía Cupica, departamento de Chocó, zona norte del Pacífico colombiano. El círculo rojo indica la ubicación de Bahía Cupica en Colombia.....	14
Figura 2. Variación vertical de la temperatura y la salinidad en Bahía Cupica durante diciembre 2012 (n = 22) y febrero 2013 (n = 22). La línea indica la aproximación de la termoclina y haloclina en las estaciones.	19
Figura 3. Abundancia total de los grupos zooplanctónicos durante diciembre 2012 y febrero 2013.....	21
Figura 4. Abundancia total de grupos de zooplancton en cada una de las estaciones de muestreo en Bahía Cupica durante diciembre 2012 (A) y febrero del 2013 (B).	22
Figura 5. Análisis de agrupamiento de los grupos de zooplancton encontrados en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013. Las figuras representan el nivel de significancia de las agrupaciones (SIMPROF, $P < 0.05$), la letra identifica el período (D: diciembre, F: febrero) y el número representa la estación de muestreo.	24
Figura 6. Ubicación espacial en Bahía Cupica de los grupos zooplanctónicos definidas mediante el análisis SIMPROF ($P < 0.01$), durante diciembre 2012, las letras representan cada agrupación en cada período de estudio.....	26

Figura 7. Ubicación espacial en Bahía Cupica de los grupos zooplanctónicos definidas mediante el análisis SIMPROF ($P < 0.01$), durante febrero 2013, las letras representan cada agrupación en cada período de estudio	27
Figura 8. Distribución de las abundancias de los grupos zooplanctonicos representativos durante los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013, en bahía Cupica, Pacífico colombiano. L: Larva.....	28
Figura 9. Distribución de las abundancias de los grupos zooplanctónicos representativos durante los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013, en bahía Cupica, Pacífico colombiano	29

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Matriz de Correlación de Mann-Whitney entre los dos períodos de estudio, en donde se correlacionó la salinidad y la temperatura a diferentes profundidades, en las estaciones que tuvieron hasta 30 metros de profundidad N=13. Los valores de Z se presentan para las correlaciones positivas ($p < 0.05$).....	19
Tabla 2. Abundancia de los grupos de zooplancton presentes en la Bahía de Cupica durante los períodos contrastantes 2012-2013. MEDIA: abundancia media (ind. 100m^{-3}). R: rango (ind. 100m^{-3}). RA%: abundancia relativa. O%: porcentaje de ocurrencia. L: larva. paraL: paralarva.....	20
Tabla 3. Análisis SIMPER (95%), se indican los grupos de zooplancton que contribuyeron a la similitud dentro de los grupos durante diciembre 2012 y febrero 2013.....	25
Tabla 4. Resultados de la relación de los grupos zooplanctónicos y las condiciones oceanográficas en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013 por medio de un análisis de Bio-Env.	30

Resumen

Título: Cambios en la abundancia y composición de la comunidad de zooplancton en bahía cupica, pacífico colombiano durante dos períodos contrastantes 2012-2013*

Autores: Silvia Juliana López Arias**

Palabras clave: Zooplancton, abundancia, variabilidad estacional, Pacifico Colombiano

El presente trabajo describe la composición y cambios de abundancia de los principales grupos zooplanctónicos durante dos períodos contrastantes, diciembre de 2012 y febrero de 2013 en la Bahía Cupica (6°39'N - 77°26'W), Chocó, zona norte del Pacífico Colombiano. Los resultados que se presentan provienen de dos muestreos de arrastres superficiales de zooplancton en 22 estaciones con una red bongo de 250µm los cuales fueron acompañados de perfiles de temperatura y salinidad. Los valores de temperatura promedio fueron de $25.75 \pm 3.67^{\circ}\text{C}$ y $18.96 \pm 3.38^{\circ}\text{C}$ siendo la más alta en el mes de diciembre y la más baja en el mes de febrero, los promedios de salinidad estuvieron entre $30,39 \pm 2,05\text{UPS}$ y $32,91 \pm 1,40\text{UPS}$ respectivamente. Lo que evidenció la entrada de aguas frías durante el período de febrero, probablemente asociada a la influencia del proceso de surgencia que se desarrolla en la Ensenada de Panamá y que puede llegar a modular la estructura de la comunidad de zooplancton. En los dos periodos se identificaron un total de 24 grupos de zooplancton, con valores de abundancia contrastantes, febrero presentó el valor más alto de abundancia promedio ($137.880 \pm 44.409 \text{ ind}/100\text{m}^{-3}$) en comparación con diciembre ($13.293 \pm 1.575 \text{ ind}/100\text{m}^{-3}$). Los Cyclopoida (29%), Calanoida (27%) y larva de Brachyura (11%) fueron los grupos dominantes durante diciembre 2012; mientras que las Salpidae y Doliolidae (43%), Calanoida (32%) y Cyclopoida (11%) dominaron durante febrero 2013. Los resultados indican que existe una variabilidad estacional en el ensamblaje de Salpidae y Doliolidae, correlacionada positivamente con el ingreso de aguas frías a la bahía, que junto con la orientación y geomorfología de la línea de costa favorece la retención de partículas al interior de la bahía el cual es aprovechado por este grupo.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias Escuela de Biología Directora Dra. María Isabel Cráles-Hernández Bióloga, PhD Tutor Mauricio Jerez Guerrero Biólogo

Abstract

Title: Changes in the abundance and composition of the zooplankton community in Bahía Cupica, Pacific Colombia during two contrasting periods 2012-2013*

Author: Silvia Juliana López Arias**

Keywords: Zooplankton, abundance, seasonal variability, Colombian Pacific

This research describes composition and changes in abundance of the main zooplanktonic groups over two contrasting periods of time, December 2012 and February 2013 in Bahía Cupica (6°39'N - 77°26'W), Chocó, northern Colombian Pacific region. The results here presented were gathered from two (independent) samples collected through zooplankton surface dragging in 22 stations using a 250- μ m Bongo net. Temperature and salinity profiles were also collected. Mean temperature values were 25.75 ± 3.67 ° C and 18.96 ± 3.38 ° C, being the highest in December and the lowest in February; salinity averages ranged from 30.39 ± 2.05 UPS and 32.91 ± 1.40 UPS, respectively. This suggests the entry of cold waters in February, which could be associated with the upwelling process occurring in Ensenada de Panamá and may eventually modulate the zooplankton community structure. In the two periods, a total of 24 zooplankton groups were identified with contrasting abundance values; February exhibited the highest mean abundance value (137.880 ± 44.409 ind/100m⁻³) as compared to December (13.293 ± 1.575 ind/100m⁻³). The Cyclopoida (29%), Calanoida (27%) and the Brachyura larvae (11%) were the dominant groups during December 2012; while Salpidae and Doliolidae (43%), Calanoida (32%) and Cyclopoida (11%) dominated during February 2013. This results indicate that there is a seasonal variability in the Salpidae and Doliolidae assemblage, positively correlated with the entry of cold waters to the bay that, along with orientation and geomorphology of the coastline, favours the retention of feeding particles used by this group. It is concluded that the structure of the zooplanktonic community in Bahía Cupica was modulated during the study periods by seasonal changes in temperature, which were caused by the entry of cold waters from the Ensenada de Panama.

* Project of grade

** Facultad de Ciencias Escuela de Biología Directora Dra. María Isabel Cráles-Hernández Bióloga, PhD Tutor Mauricio Jerez Guerrero Biólogo

Introducción

El zooplancton es un componente importante dentro de los ecosistemas acuáticos, que vincula a los productores primarios con los niveles tróficos superiores, siendo parte esencial del proceso de transferencia de carbono dentro de las tramas tróficas marinas, y el reciclaje de nutrientes en las capas productivas superiores (Serranito *et al.*, 2016, Inda-Díaz *et al.*, 2014, Mitra *et al.*, 2014, Escribano & Castro, 2013). Es considerado particularmente sensible a los cambios ambientales como la salinidad y temperatura a corto plazo, debido a que su ciclo de vida generalmente es corto; y tanto su dinámica poblacional como sus procesos fisiológicos se ven influenciados por estos parámetros (Hays *et al.*, 2005). A causa de su sensibilidad, las comunidades de zooplancton se pueden utilizar para evaluar la salud del ecosistema (Kelly *et al.*, 2016), siendo posible su estudio considerando el tamaño, hábitos alimentarios o la zona del océano donde habiten, entre otros (Inda-Díaz *et al.*, 2014)

La composición de los grupos zooplanctónicos y su distribución espacial, depende de las condiciones ambientales del lugar que habitan (Hays *et al.*, 2005; Giraldo & Gutiérrez, 2007). Además, su composición puede variar en diferentes escalas temporales, debido al efecto del patrón de circulación local y los procesos oceanográficos que modulan las características físicas, químicas y biológicas de la columna de agua, condiciones que pueden incluso determinar la presencia o ausencia de especies en una localidad determinada (Beaugrand *et al.*, 2002; Giraldo & Gutiérrez, 2007, Márquez *et al.*, 2009, Murcia & Giraldo, 2007). En términos generales, el grupo taxonómico más numeroso y diverso en el zooplancton es Crustacea; grupo que está conformado por

Copepoda, Euphausiacea, Amphipoda, y diferentes estadios larvales de Decapoda, seguidos en abundancia por diferentes grupos como, Appendicularia, Chaetognatha, Salpidae, Hydrozoa, Ctenophora, Polychaeta y larvas de peces (Martínez *et al.*, 2007; Escribano & Castro, 2013).

El conocimiento del zooplancton en Colombia ha incrementado en los últimos años debido a la importancia ecológica que se ha observado en esta comunidad. En el Caribe colombiano se han realizado estudios que analizan variaciones en la comunidad zooplanctónica frente a factores ambientales (*e.g.* Bernal & Zea, 1993), se han hecho descripciones de la estructura de la comunidad de zooplancton influenciada por el aporte de aguas continentales (*e.g.* Bernal & Zea, 2000), se ha consolidado un listado taxonómico de Copepoda (Medellín-Mora & Navas, 2010) y se ha caracterizado su distribución y estructura vertical (*e.g.* Salcedo, 2011), entre otros. En el Pacífico colombiano el estudio ha sido enfocado mayormente en la descripción de algunos grupos como Copepoda (Jaimes & López, 2009; López, 2012; Giraldo *et al.*, 2014; Jaimes & López, 2014; López & Mojica, 2015a; López & Mojica, 2015b); chaetognatos (Gómez & López, 2002; López *et al.*, 2007); Chaetognatha, Thaliacea, Euphausiacea y Polychaeta pelágicos (García *et al.*, 2008; Carvajal *et al.*, 2009); Amphipoda (Valencia & Giraldo, 2009; Valencia *et al.*, 2013), Hydrozoa (Baldrich & López, 2014), y en los cruceros ERFEN se describieron a nivel de grandes grupos (Murcia & Giraldo, 2007) y pocos trabajos se refieren a la zona pacífica costera (Patiño, 1999; Noriega, 1999; Giraldo *et al.*, 2011; Jerez-Guerrero *et al.*, 2017).

La costa del Pacífico colombiano se ve afectada constantemente por procesos oceanográficos de mesoescala como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la Corriente de Colombia, el sistema de circulación de la Ensenada de Panamá y el Niño Oscilación del Sur (ENOS) (CCCP 2002, Villegas & Málikov, 2006, Martínez *et al.*, 2007, Giraldo & Gutiérrez, 2007). Además, también se ve afectada por procesos de escala local, como los generados por la geomorfología de

la línea de costa, y las descargas permanentes de aguas continentales de numerosos ríos y riachuelos con aportes ricos en materia orgánica que incrementan la disponibilidad de nutrientes (CCCP 2002; Jerez-Guerrero *et al.*, 2017, Martínez *et al.*, 2007, Andrade, 1992, Giraldo *et al.*, 2008). Todos estos procesos generan contrastes climáticos de gran productividad biológica que convierten el área de estudio en una zona altamente dinámica e importante de ser estudiada.

Si se toma en cuenta la influencia de estos factores sobre la distribución del zooplancton en el Pacífico colombiano y el escaso conocimiento sobre su dinámica en ambientes costeros, el objetivo del presente trabajo fue describir la estructura comunitaria de los principales grupos zooplanctónicos presentes en Bahía Cupica, Pacífico colombiano, en dos periodos que presentan condiciones oceanográficas contrastantes.

Área de estudio

Bahía Cupica ($6^{\circ} 38' - 6^{\circ} 41' \text{ N}$ & $77^{\circ} 24' - 77^{\circ} 29' \text{ W}$) (Fig. 1) se encuentra en la zona norte del Pacífico colombiano (Departamento de Chocó), dentro del corredor biológico del Chocó Biogeográfico (Poveda *et al.*, 2004). Esta es una región que ha sido poco explorada a pesar de albergar una gran cantidad de ecosistemas marinos y costeros, que la posicionan como una de las reservas ícticas de gran importancia económica y de biodiversidad para el Pacífico Oriental Tropical (Valencia & Giraldo, 2009).

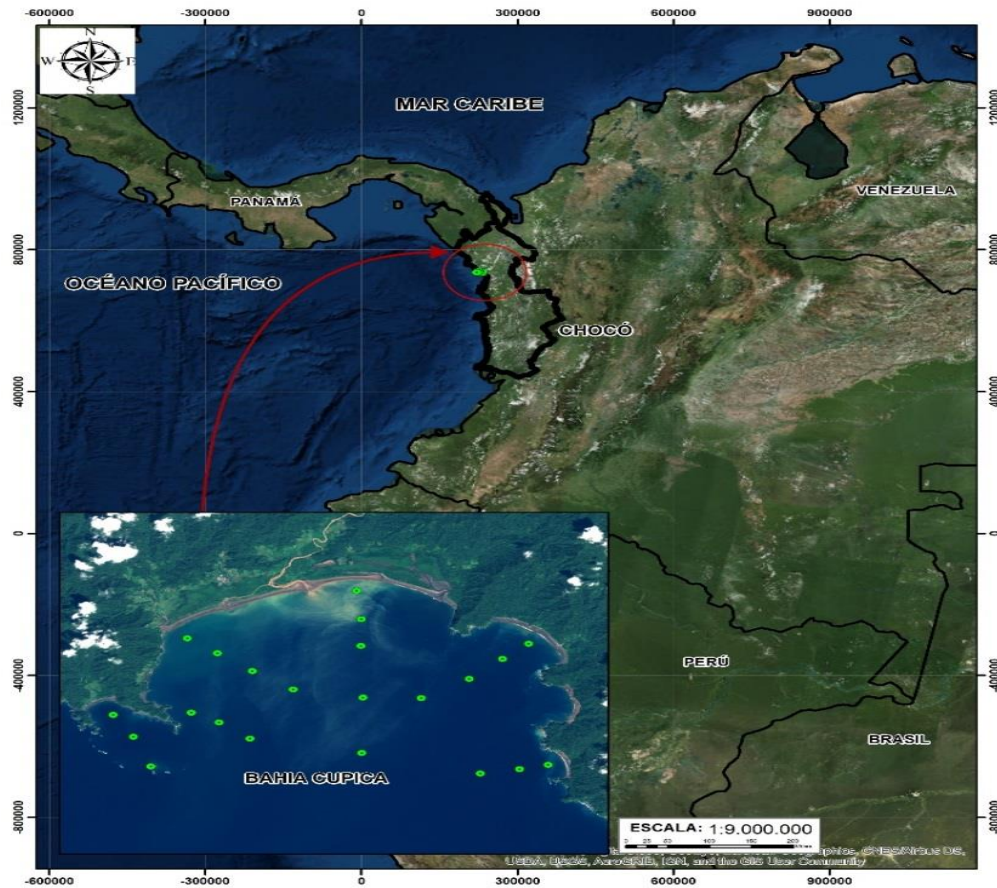


Figura 1. Distribución de las 22 estaciones de muestreo en Bahía Cupica, departamento de Chocó, zona norte del Pacífico colombiano. El círculo rojo indica la ubicación de Bahía Cupica en Colombia

La Bahía de Cupica se encuentra dentro de la franja conocida como la Ensenada de Panamá (Panamá Bight), la cual se extiende por las costas de Panamá, Colombia y Ecuador; presenta los índices más altos de precipitación durante el año entre los meses de mayo (media anual de 550 mm/mes) y agosto (media anual de 500 mm/mes), lo cual coincide con la presencia de la ZCIT en esta región del Pacífico (CCCP. 2002, Jerez-Guerrero *et al.*, 2017). Esta condición genera que las aguas del Pacífico colombiano presenten una temperatura superficial entre 27 a 28 °C y valores de salinidad entre 25 a 27 UPS (Valencia & Giraldo, 2009; Giraldo & Ramírez, 2010), particularmente en Bahía Cupica la profundidad de la termoclina y haloclina se ha registrado a

45m durante esta época (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017). Por el contrario, entre enero y abril, cuando la región se encuentra bajo el efecto del Chorro de Viento de Panamá, ocurre la formación de un proceso de surgencia, en el que se ha registrado el ingreso de aguas con temperaturas más bajas ($< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$) y salinidades altas ($> 34.5\text{ UPS}$) (Giraldo *et al.*, 2008), en donde la termoclina y haloclina en Bahía Cupica se puede observar de manera más superficial a los 25m de profundidad (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017).

Objetivo General

Establecer la estructura comunitaria de los principales grupos zooplanctónicos presentes en Bahía Cupica, Pacífico colombiano, durante dos periodos contrastantes.

Objetivos Específicos

- Identificar los principales grupos que componen el zooplancton en Bahía Cupica, Pacífico colombiano.
- Determinar la abundancia de los grupos de zooplancton presentes en la Bahía de Cupica.
- Describir la estructura temporal de los principales grupos de zooplancton marino en la Bahía Cupica, Pacífico colombiano.
- Evaluar el grado de relación entre la temperatura y salinidad de la columna de agua en la Bahía de Cupica, Pacífico colombiano, con los patrones de distribución de los grupos de zooplancton considerando la dinámica oceanográfica y los descriptores biológicos.

1. Materiales y Métodos

Fase de campo: Para describir la variación estacional en las condiciones oceanográficas de la columna de agua de Bahía Cupica, se utilizó la información de las dos campañas usadas por Jerez-Guerrero *et al.* (2017), que corresponden a los mismos periodos de muestreo que se analizarán en el presente trabajo.

Se colectaron 22 muestras de zooplancton, correspondientes a 22 estaciones (Fig. 1) mediante arrastres oblicuos en dos periodos de muestreo (diciembre 2012 y febrero 2013), los cuales se realizaron desde la superficie hasta una profundidad de 20 m, y en las estaciones someras hasta el fondo con un margen de seguridad de 5 m, siguiendo la metodología propuesta por Smith & Richardson (1979). Para el arrastre se utilizó una red tipo bongo de 30 cm de diámetro y 2.1 m de largo, provista con mallas de 250 μm y 500 μm de apertura del poro de malla, equipada con un flujómetro digital General Oceanics, esto con el fin de establecer el volumen de agua filtrado y realizar el posterior análisis cuantitativo. La duración de los arrastres de zooplancton fueron de 10 minutos a una velocidad promedio de 3.5 km/h entre las 7:00 y 16:00 horas. Todas las muestras recolectadas fueron preservadas en una solución de formalina neutralizada al 4 %, para el transporte al laboratorio de Ciencias Oceanográficas de la Universidad del Valle y luego de esto enviadas al Laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Industrial de Santander, en donde se procedió a su análisis.

Fase de Laboratorio: En el laboratorio se realizó el análisis de las muestras colectadas únicamente con la manga de 250 μm , las cuales fueron fraccionadas usando la técnica de

submuestreo de Beakers de Hunstman (Van Guelpen *et al.*, 1982). Se identificaron los grupos que componen el zooplancton, con base a las guías de identificación Todd & Laverack (1991), Boltovskoy (1981, 1999), Palomares *et al.*, 1998). El conteo de organismos se realizó hasta por lo menos 1000 individuos de cada grupo o su totalidad (Postel *et al.*, 2000), los conteos de individuos fueron estandarizados a individuos en 100m^{-3} de agua de mar filtrada a través de la red; y posteriormente se construyó una matriz de abundancia para cada período de estudio.

Se realizaron análisis exploratorios de los datos (Sokal & Rohlf, 1999) para determinar el comportamiento de las variables, así como para comprobar los supuestos. Mediante una prueba de Shapiro Wilk, se determinó que los valores de abundancia no seguían una distribución normal, por lo que se utilizaron pruebas no paramétricas.. Las pruebas se realizaron con el programa RStudio con el paquete Shapiro.test.

Se realizaron pruebas de Mann-Whitney (U) (Guisande *et al.*, 2011) con la finalidad de evaluar si habían diferencias significativas entre la temperatura, salinidad y abundancia de los grupos zooplanctonicos analizados entre los dos periodos. Esta prueba se realizó mediante el software RStudio con el paquete wilcox.test.

Con el propósito de evaluar la estructura del ensamblaje de la comunidad zooplanctonica entre períodos en la zona de estudio se construyó una matriz de similitud utilizando el índice de Bray-Curtis y se realizó un análisis de agrupamiento por promedio simple Cluster en Primer V7 (Clarke & Warwick, 2001). Se utilizó la rutina SIMPROF para establecer la significancia de los agrupamientos obtenidos y se identificaron los grupos que aportan un 90% a la similitud de las agrupaciones mediante un análisis de porcentajes de similitud SIMPER en Primer V7 (Clarke & Warwick, 2001). Además, se evaluó el grado de relación entre la estructura del ensamblaje de los grupos zooplanctónicos y las condiciones de temperatura, salinidad y profundidad de la termoclina

de la columna de agua en Bahía Cupica mediante un análisis de correlación matricial utilizando la rutina de Bio-Env en Primer V7 (Clarke & Warwick, 2001).

2. Resultados

Durante diciembre 2012 la temperatura del área de estudio estuvo entre 29.13°C y 14.87°C, con un promedio de $25.75 \pm 3.67^\circ\text{C}$; el período de febrero 2013 estuvo entre 26.44°C y 15.09°C, con un promedio de $18.96 \pm 3.38^\circ\text{C}$. Los valores de salinidad para el período de diciembre 2012 estuvieron entre 34.93UPS y 25.64UPS, con un promedio de $30.39 \pm 2.05\text{UPS}$; en el período de febrero 2013 la salinidad estuvo entre 34.31UPS y 29.05UPS, con un promedio de $32.91 \pm 1.40\text{UPS}$. Se registraron diferencias significativas (Tabla 1) entre la temperatura y salinidad en todas las profundidades analizadas (1, 5, 10, 15, 20, 25 y 30m) durante los dos períodos (Mann-Whitney, $P < 0.0001$). En cuanto a la profundidad de la termoclina y haloclina (Fig. 2.) en la zona de estudio fue mayor para el período de diciembre 2012 (45 m) y menor para el período de febrero 2013 (25 m) (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017).

Tabla 1.

Matriz de Correlación de Mann-Whitney entre los dos períodos de estudio, en donde se correlacionó la salinidad y la temperatura a diferentes profundidades, en las estaciones que tuvieron hasta 30 metros de profundidad N=13. Los valores de Z se presentan para las correlaciones positivas ($p < 0.05$).

Profundidad (m)	T °C	UPS
1	-4.31	-4.31
5	-4.31	-3.64
10	-4.31	-4.31
15	-4.31	-4.31
20	-4.32	-4.31
25	-4.31	-4.31
30	-4.31	-4.31

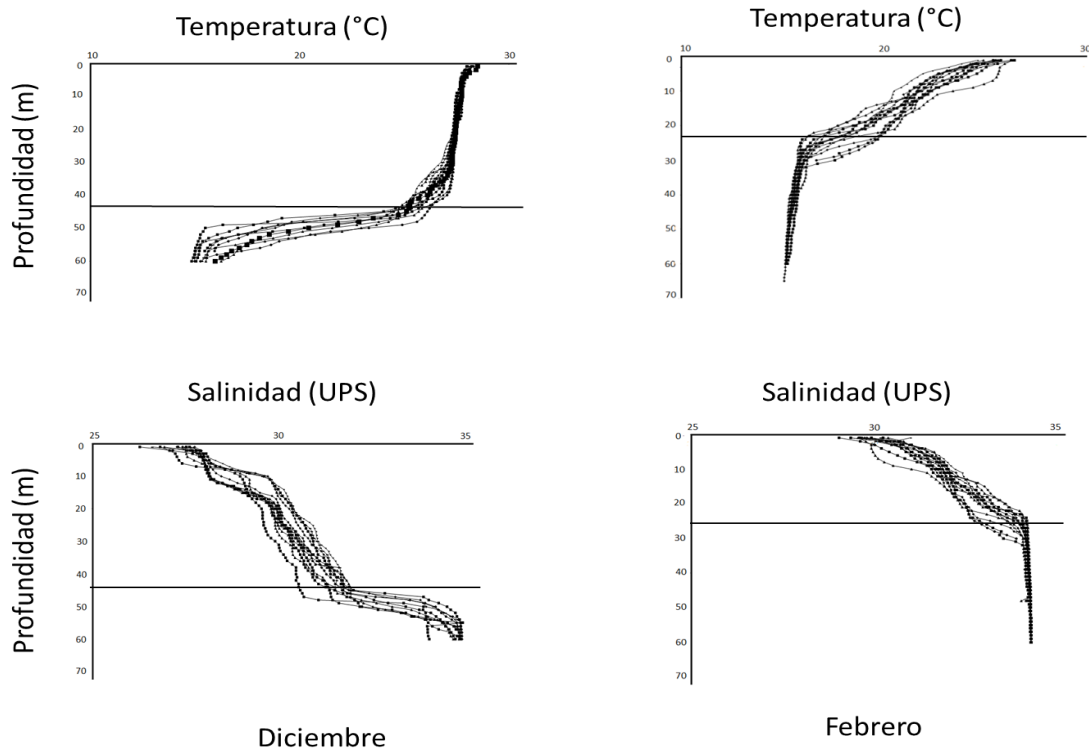


Figura 2.

Variación vertical de la temperatura y la salinidad en Bahía Cupica durante diciembre 2012 ($n = 22$) y febrero 2013 ($n = 22$). La línea indica la aproximación de la termoclina y haloclina en las estaciones.

Se identificaron un total de 24 grupos zooplanctónicos en los dos períodos estudiados (Tabla 2). Se presentaron diferencias significativas en las abundancias de los grupos entre los dos períodos de estudio (Man-Whitney $z = -5.551$; $P < 0.0001$), llegando a ser hasta de un orden de mayor magnitud durante el muestreo de febrero de 2013 con una abundancia promedio de 137.880 ± 44.409 ind/100m⁻³; representados mayormente por grupos holoplanctónicos como Salpidae y Doliolidae (43%), Calanoida (32%) y Cyclopoida (11%) (Tabla 2). Diciembre de 2012 presentó una abundancia promedio 13.293 ± 1.575 ind/100m⁻³; representados mayormente por los grupos holoplanctónicos de Cyclopoida (29%), Calanoida (27%), y un grupo meroplanctónico, las larvas de Brachyura (11%) (Fig. 3)

Tabla 2.

Abundancia de los grupos de zooplancton presentes en la Bahía de Cupica durante los períodos contrastantes 2012-2013. MEDIA: abundancia media (ind. 100m⁻³). R: rango (ind. 100m⁻³). RA%: abundancia relativa. O%: porcentaje de ocurrencia. L: larva. paraL: paralarva.

GRUPOS	Diciembre 2012				Febrero 2013			
	MEDIA	R	RA%	O%	MEDIA	R	RA%	O%
ANNELIDA								
Polychaeta (L)	33	0 - 213	0	81	168	0 - 1292	0	90
CHAETOGNATHA								
Chaetognatha	290	0 - 1646	2	95	2332	309 - 5321	2	100
CRUSTACEA								
Amphipoda	60	0 - 209	0	95	403	0 - 1878	0	90
Calanoida	3538	44 - 14888	27	100	43523	7884 - 196980	32	100
Cyclopoida	3853	0 - 7898	29	95	15192	120 - 49453	11	100
Cladocera	413	0 - 3636	3	90	891	0 - 14193	1	81
Brachyura (L)	1503	192 - 7352	11	100	1879	0 - 6573	1	95
Euphausiacea	22	0 - 140	0	68	128	0 - 882	0	77
Harpacticoida	274	0 - 4550	2	63	4259	0 - 23510	3	86
Megalopa								
Decapoda(L)	21	0 - 181	0	72	72	0 - 567	0	63
Mysida	887	0 - 3519	7	95	1048	0 - 4382	1	95
Ostracoda	562	0 - 6665	4	90	166	0 - 1156	0	59

GRUPOS	Diciembre 2012				Febrero 2013			
	MEDIA	R	RA%	O%	MEDIA	R	RA%	O%
Porcellanidae (L)	99	0 - 874	1	95	172	0 - 850	0	86
Stomatopodo (L)	65	0 - 519	0	86	10	0 - 53	0	31
CTENOPHORA								
Ctenophora	1	0 - 13	0	9.0	32	0 - 284	0	31
CNIDARIA								
Hydrozoa	220	0 - 2904	2	95	357	62 - 1565	0	100
Siphonophorae	52	0 - 234	0	90	737	0 - 1418	1	95
MOLLUSCA								
Bivalvia (L)	365	4 - 1242	3	100	456	0 - 4148	0	63
Cephalopoda (paraL)	0.15	0 - 3	0	4.5	37	0 - 378	0	27
Gastropoda (L)	469	0 - 3741	4	100	2655	0 - 52492	2	72
Pteropoda	15	0 - 62	0	68	996	0 - 6949	1	59
Scaphopoda	184	0 - 1186	1	95	816	0 - 3248	1	63
TUNICATA								
Appendicularia	245	0 - 3223	2	77	1862	0 - 7374	1	95
Salpidae y Doliolidae	70	0 - 663	1	68	59709	13 - 939316	43	100

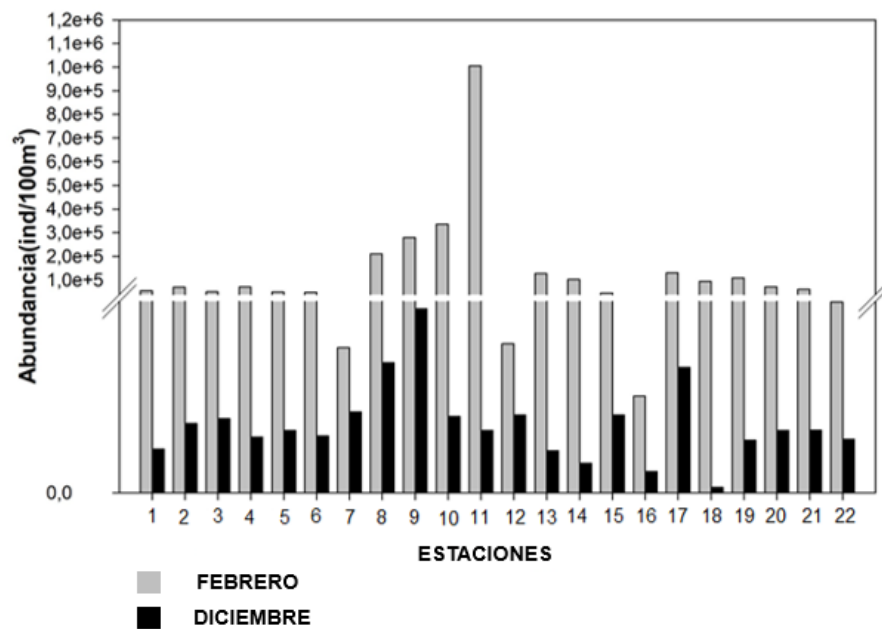


Figura 3. Abundancia total de los grupos zoopláctónicos durante diciembre 2012 y febrero 2013.

Durante diciembre de 2012, los mayores valores de abundancia zooplanctónica se registraron en la estación 9 (35.554 ind/100m⁻³) representada mayormente por Calanoida y Cyclopoida; la estación 8 (25.163 ind/100m⁻³) representada mayormente por Calanoida, Cyclopoida, larvas de Brachyura y Gasterópoda; y la estación 17 (24.204 ind/100m⁻³), representada mayormente por los grupos Cyclopoida, larvas de Mysida y Ostracoda. Para el período de febrero 2013 las mayores abundancias se observaron en la estación 11 (1.005.209 ind/100m⁻³), representada por Salpas y Doliolidos; la estación 10 (336.155 ind/100m⁻³), dominada por los grupos Calanoida, Cyclopoida, Salpas y Doliolidos; la estación 9 (279.980 ind/100m⁻³), representada por los grupos, Calanoida y Cyclopoida; y la estación 8 (210.514 ind/100m⁻³), representada por los grupos Calanoida y Cyclopoida. (Fig.4.).

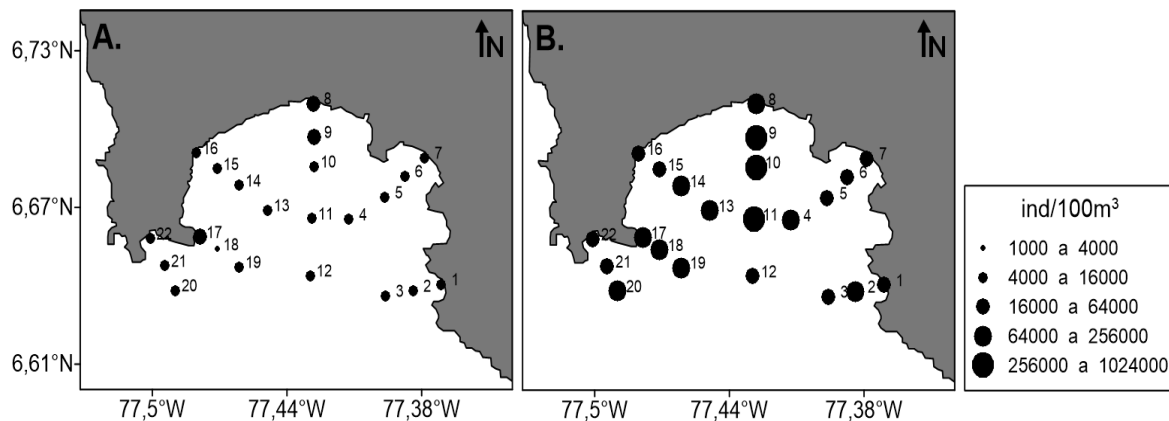


Figura 4. Abundancia total de grupos de zooplancton en cada una de las estaciones de muestreo en Bahía Cupica durante diciembre 2012 (A) y febrero del 2013 (B).

Se identificaron seis agrupaciones significativas en la zona de estudio a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis (SIMPROF, $P < 0.05$), cuatro correspondieron a diciembre 2012 (A, B, C y D) y dos correspondieron a febrero 2013 (E y F) (Fig.5).

La similitud de la comunidad de grupos de zooplancton en el período de diciembre fue del 75% y para el período de febrero del 76% (Tabla 3). Los Calanoida, Cyclopoida, larvas de Brachyura, Cladocera, Hydrozoa y larvas de Mysida fueron los grupos que más aportaron a la similitud en el período de diciembre; en el periodo de febrero los grupos que más aportaron a la similitud fueron Calanoida, Cyclopoida, Chaetognatha, Salpas y Doliolidos. De esta manera, se encontró que los grupos que mayor aporte hicieron a la disimilitud (32%) entre períodos fueron Salpas y Doliolidos, Harpacticoida, Appendicularia, Pteropoda y Siphonophorae (Tabla 3).

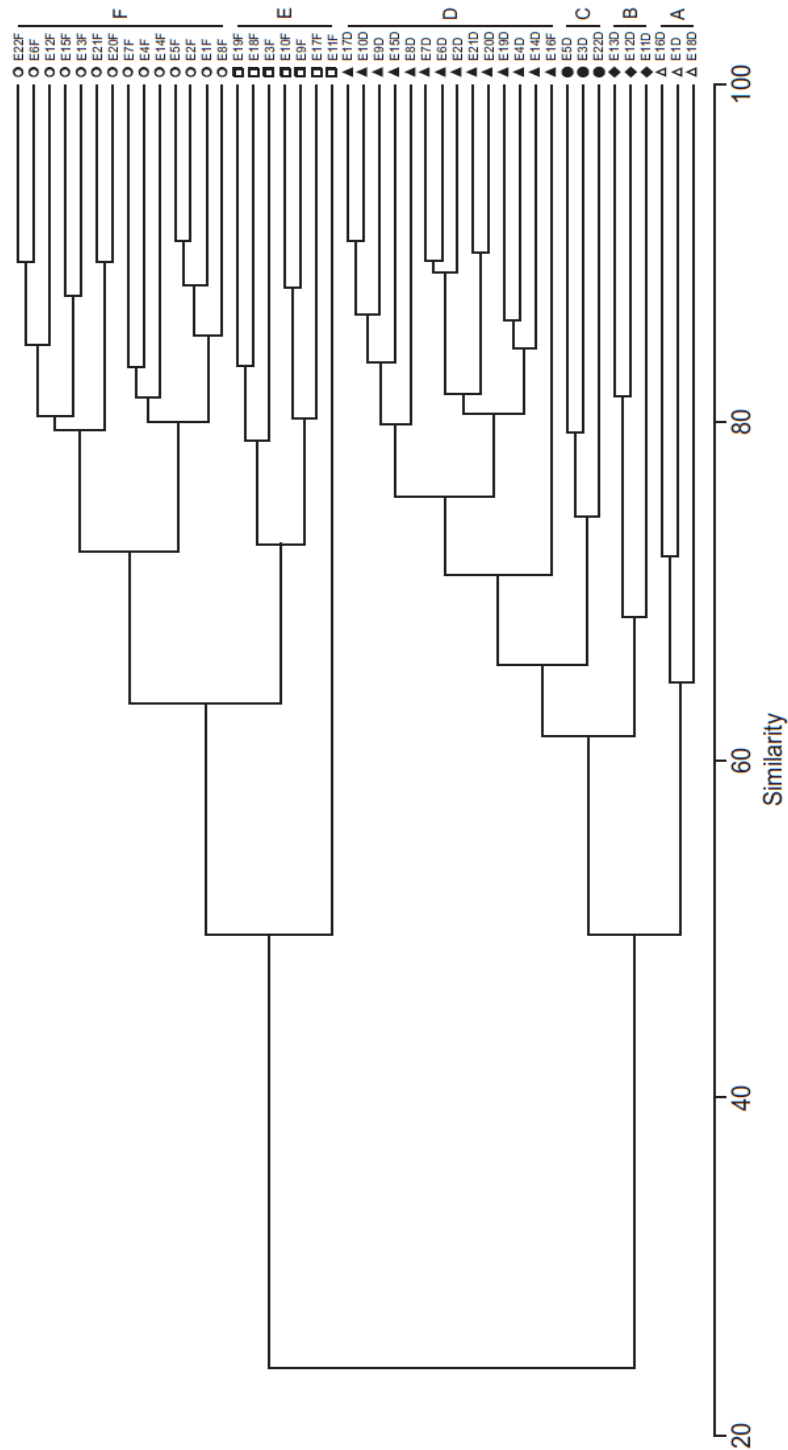


Figura 5. Análisis de agrupamiento de los grupos de zooplancton encontrados en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013. Las figuras representan el nivel de significancia de las agrupaciones (SIMPROF, $P < 0.05$), la letra identifica el período (D: diciembre, F: febrero) y el número representa la estación de muestreo.

Tabla 3.

Análisis SIMPER (95%), se indican los grupos de zooplancton que contribuyeron a la similitud dentro de los grupos durante diciembre 2012 y febrero 2013

Período	Agrupamiento	Grupos de zooplancton (Contribución %)
Diciembre 2012 Sim: 75%		Calanoida (10.5); Cyclopoida (10.3); larvas de Brachyura (9.6); Bivalvia (7.13)
	Grupo A Sim: 67%	Calanoida (17.8); larvas de Brachyura (14.4); Cyclopoida (12.5); larvas de Mysida (11.9)
	Grupo B Sim: 74%	Cladocera (11.9); Hydrozoa (8.7); larvas de Brachyura (8.7); Calanoida (8.3)
	Grupo C Sim: 76%	Calanoida (12.8); Cyclopoida (12.7); larvas de Brachyura (9.5); Bivalvia (8.8)
	Grupo D Sim: 83%	Cyclopoida (9.9); larvas de Brachyura (8.5); Calanoida (8.2); Mysida (7.3)
Febrero 2013 Sim:76%		Calanoida (11.0); Cyclopoida (9.5); Chaetognatha (8.1); Salpas y Doliolidos (7.7)
	Grupo E Sim: 75%	Calanoida (12.8); Cyclopoida (10.3); Salpas y Doliolidos (9.7); Chaetognatha (9.1)
	Grupo F Sim: 81%	Calanoida (9.7); Cyclopoida (8.4); Chaetognatha (7.2); Salpas y Doliolidos (6.5)
Disimilitud entre períodos durante diciembre 2012 y febrero 2013		
Diciembre y Febrero Dis: 32%		Salpas y Doliolidos (9.2); Harpacticoidaa (6.6); Appendicularia (6.1); Pteropoda (5.0)

Al establecer la ubicación espacial de las agrupaciones definidas mediante el análisis SIMPROF durante diciembre 2012 se observó un patrón de agrupamiento de cuatro zonas basadas en las diferencias de abundancia de los grupos zooplanctónicos (Fig. 6); el grupo (A) cuyas estaciones se caracterizaron por presentar los valores más bajos de abundancia conformado por Calanoida, Cyclopoida y larvas de Brachyura las estaciones del grupo (B) presentaron las mayores abundancias constituido por Hydrozoa, las estaciones del grupo (C) presentó la mayor abundancia del grupo Salpidae y Doliolidae, y por último las estaciones del grupo (D) representaron las mayores abundancias de zooplancton conformado por Chaetognatha (Fig. 8 y 9).

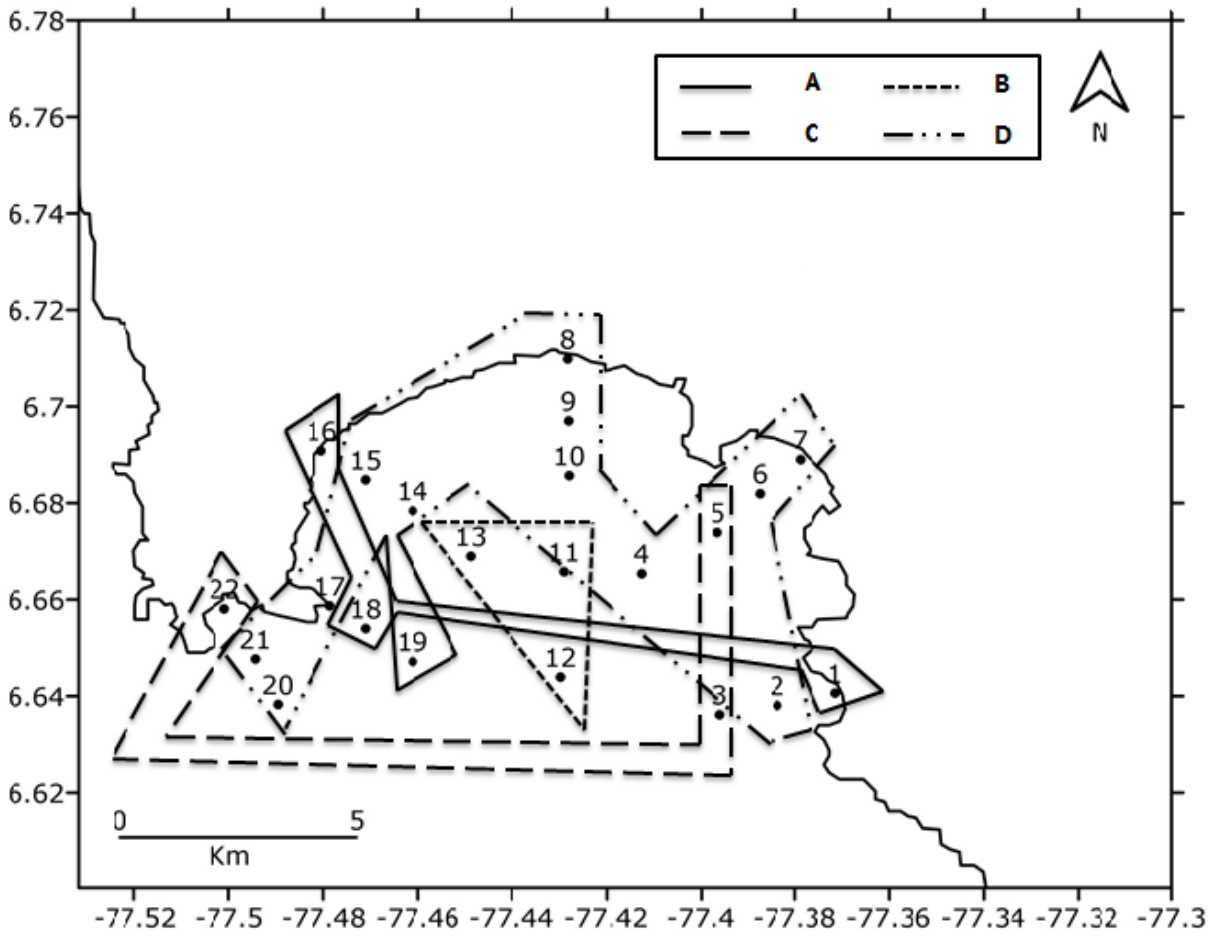


Figura 6. Ubicación espacial en Bahía Cupica de los grupos zooplanctónicos definidas mediante el análisis SIMPROF ($P < 0.01$), durante diciembre 2012, las letras representan cada agrupación en cada período de estudio.

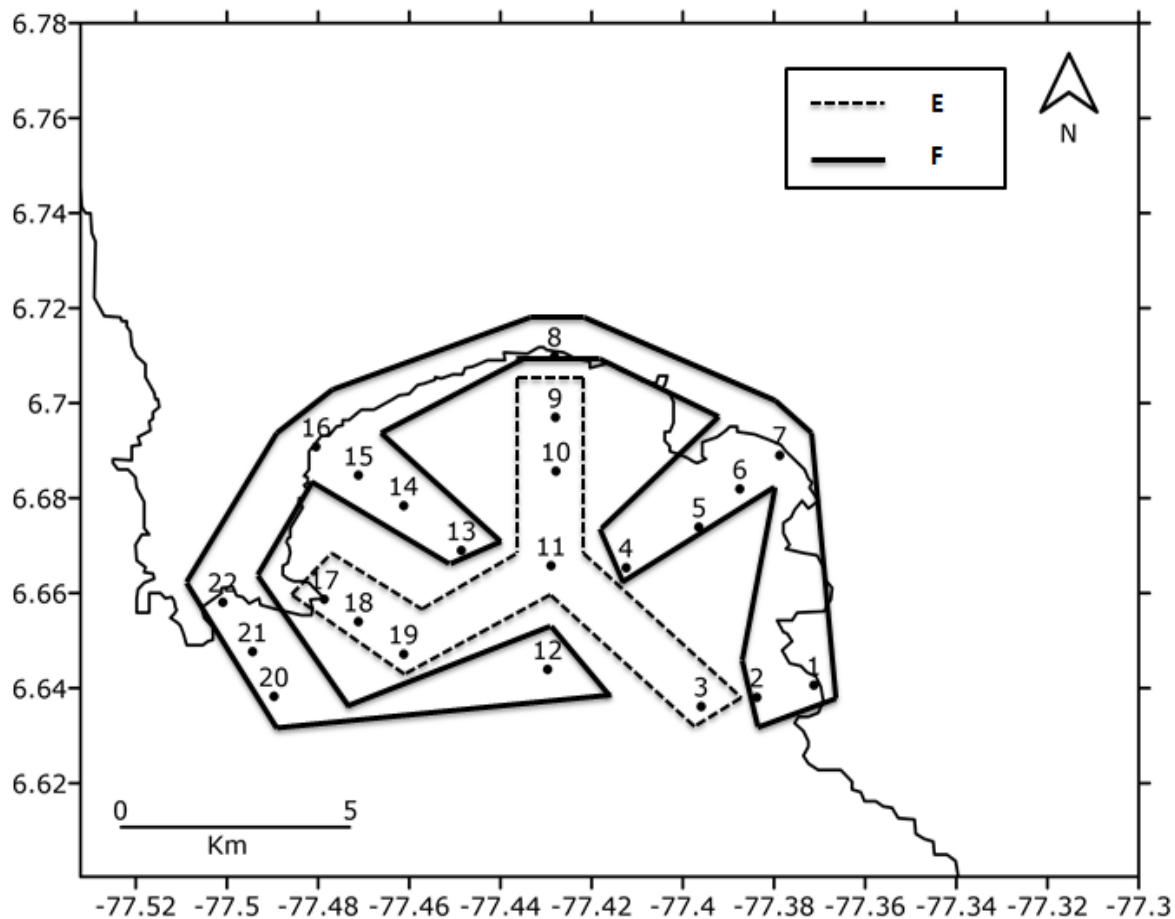


Figura 7. Ubicación espacial en Bahía Cupica de los grupos zooplanctónicos definidas mediante el análisis SIMPROF ($P < 0.01$), durante febrero 2013, las letras representan cada agrupación en cada período de estudio

En febrero de 2013 el zooplancton estuvo conformado por dos grupos (Fig 7). En el primer grupo (E) las estaciones se encuentran ubicadas en la parte central de la bahía, caracterizado por la presencia de Calanoida, Cyclopoida, Salpidae y Doliolidae, los cuales representaron las mayores abundancias, y las estaciones del grupo (F) se encuentran ubicadas en toda la línea de costa, conformado por Calanoida, Cyclopoida, Chaetognatha, Salpidae y Doliolidae (Fig. 8 y 9).

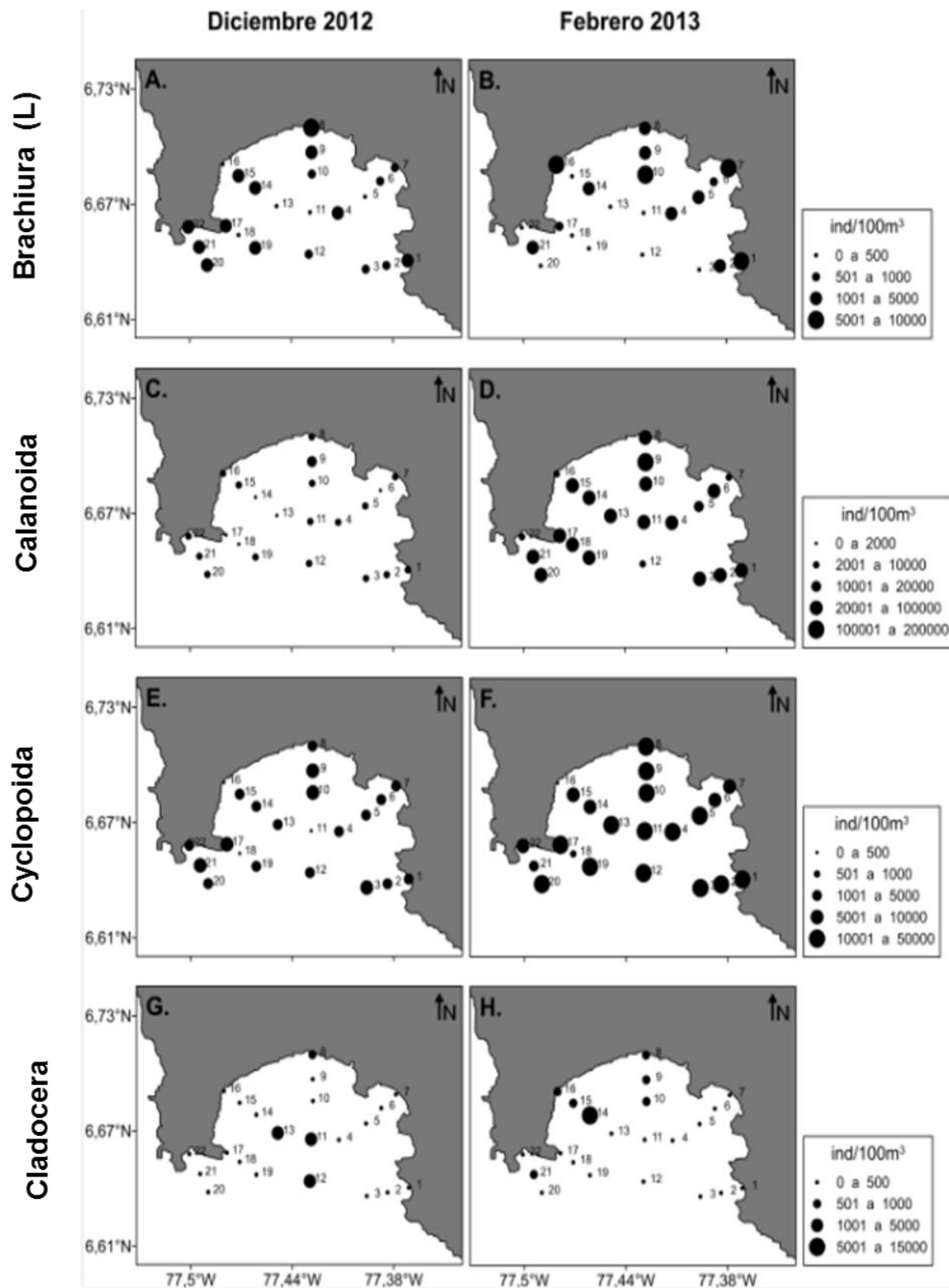


Figura 8. Distribución de las abundancias de los grupos zooplanctónicos representativos durante los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013, en bahía Cupica, Pacífico colombiano. L: Larva.

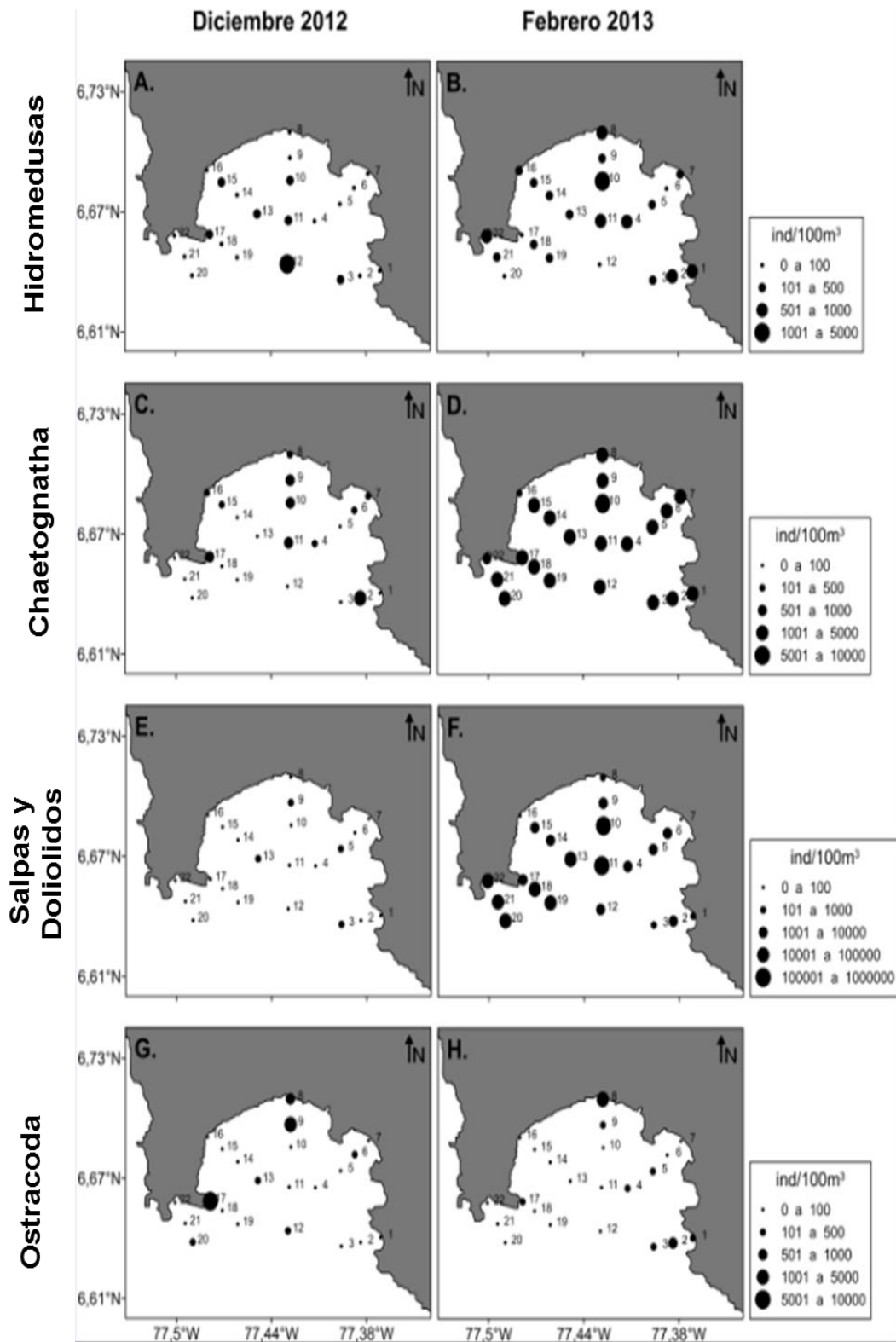


Figura 9. Distribución de las abundancias de los grupos zooplanctónicos representativos durante los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013, en bahía Cupica, Pacífico colombiano

La relación de las abundancias de los grupos zooplanctónicos con las variables oceanográficas, registraron bajos coeficientes de correlación (Tabla 3). Sin embargo, los valores más altos de correlación que explicaron el comportamiento de los grupos se observaron en la temperatura y salinidad a 1 m para el período de diciembre 2012 (Bio-env, $\rho_s=0.29$); y durante el período de febrero 2013 fueron la temperatura a 15 m, salinidad a 1 y a 5 m de profundidad (Bio-env, $\rho_s=0.276$) (Tabla.3), estableciendo de esta manera una correlación positiva con la estructura de ensamblaje zooplanctónico en la Bahía de Cupica.

Tabla 4.

Resultados de la relación de los grupos zooplanctónicos y las condiciones oceanográficas en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013 por medio de un análisis de Bio-Env.

Período	Variables	ρ_s
Diciembre	T ₁ - S ₁	0.29
	T ₁ - T ₃₀ - S ₁	0.26
	T ₁ - T ₂₀ - S ₁₀	0.24
	T ₁ - S ₁ - S ₂₀	0.24
	T ₁ - S ₁ - S ₂₅	0.22
Febrero	T ₁₅ - S ₁ - S ₅	0.27
	T ₁₅ - S ₁ - S ₅ - S ₁₅	0.26
	S ₁ - S ₅ - S ₁₅	0.26
	T ₁₀ - T ₁₅ - S ₁ - S ₅ - S ₁₅	0.26
	T ₁ - T ₁₅ - S ₁ - S ₅ - S ₁₅	0.26

3. Discusión

Las diferencias de temperatura y salinidad que se observaron entre los períodos de estudio fueron significativas debido al ingreso de aguas frías y con mayor salinidad durante los primeros meses

del año, según lo reportado por Jerez-Guerrero *et al.* (2017), esto se generó por la intensificación del Chorro de Viento de Panamá, que produce un proceso de surgencia oceánica que se observa en una lengua fría que desciende desde el norte y que ingresa a Bahía Cupica (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017; Devis, 2009; Giraldo *et al.*, 2008).

Los grupos taxonómicos encontrados en Bahía Cupica durante los dos períodos de estudio, se encuentran reportados para ambientes epipelágicos y pelágicos de aguas tropicales (Bernal & Zea, 1993; Boltovskoy, 1999; Carvajal *et al.*, 2009). Entre los periodos de estudio se observó una gran diferencia entre las abundancias de los grupos encontrados, particularmente para los Copepoda (Calanoida y Cyclopoida) y los tunicados holoplanctónicos (Salpas y Doliolidos). Los Copepoda Calanoida y Cyclopoida (Fig.8), se encontraron presentes en todas las estaciones en los dos periodos, sin embargo, en febrero de 2013 registraron una mayor abundancia con respecto a diciembre de 2012, dicho incremento en la abundancia podría estar asociado a la alta productividad biológica en la columna de agua (López, 2012; Grimaldo *et al.*, 2013). Esto resulta equivalente a lo observado en otras regiones del Pacífico colombiano, donde las altas abundancias de los grupos de preferencia herbívora como Copepoda, Appendicularia y larvas de crustáceos, aumentan su población en respuesta a los afloramientos de fitoplancton en temporadas de surgencia (López, 2012). Esto también es consistente con los estudios realizados para la cuenca del Pacífico colombiano por Giraldo & Gutiérrez (2007) y Murcia (2006), donde los autores evidenciaron que las mayores abundancias de la comunidad zooplanctónica fueron registradas por Copepoda, constituyendo más del 50% del total de la comunidad encontrada.

Durante febrero de 2013 el grupo zooplanctónico más abundante, fue el de los tunicados pelágicos holoplanctónicos (Salpidae y Doliolidae) que, representaron el 43% del total del zooplancton presente en el área de estudio, en comparación con los Copepoda, Calanoida con el 32% y los Cyclopoida con el 11%. Las Salpidae y Doliolidae han sido reportados en aguas

superficiales del Pacífico colombiano en condiciones de baja temperatura y alta salinidad (Giraldo & Gutiérrez, 2007; Martínez *et al.*, 2007; Sampson & Giraldo, 2013), lo que concuerda con los resultados de temperatura y salinidad para febrero de 2013, sugiriendo que en Bahía Cupica ocurrió una entrada de aguas oceánicas provenientes de la Ensenada de Panamá cuya mayor intensidad se ha registrado entre los meses de enero y marzo (Rodríguez-Rubio *et al.*, 2003). Algunos autores han reportado para este periodo la formación de un giro ciclónico superficial al interior de Bahía Cupica, lo que podría facilitar la agregación de partículas en suspensión y de organismos con poca capacidad natatoria (Giraldo *et al.*, 2012; Jerez-Guerrero *et al.*, 2017), que podría explicar el incremento en la abundancia de estos organismos en las estaciones ubicadas al interior de la bahía durante febrero de 2013.

Los ensamblajes de organismos encontrados en Bahía Cupica durante los periodos de estudio, se encontraron conformados por grupos con características ecológicas particulares, cuatro para diciembre de 2012 (A, B, C y D) y dos para febrero de 2013 (E y F). La agrupación A se caracterizó por tener el mayor aporte de grupos holoplanctónicos como los Copepoda, Calanoida y Cyclopoida los cuales son usualmente reconocidos porque conforman el mayor componente de la producción secundaria en los sistemas marinos canalizando gran parte del flujo trófico de carbono (López, 2012). La importancia ecológica de este grupo radica en los procesos de transferencia energética de los productores primarios (fitoplancton) a organismos de niveles superiores (peces) (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017; López, 2012); en esta agrupación también se incluyen larvas de Brachyura y su segregación espacial podría sugerir que durante este periodo, este grupo en particular se encuentra en su época reproductiva, aprovechando las condiciones locales como área de asentamiento larval, teniendo en cuenta que la Bahía de Cupica es considerada una reserva íctica

donde se destacan bosques de manglar que sirven de sala cuna para el íctioplancton y para las larvas de *Brachyura* (Bernal & Zea, 2000; Giraldo *et al.*, 2012; Grimaldo *et al.*, 2013).

El grupo B se definió por el grupo de Hydrozoa que pueden ser organismos holoplanctónicos y meroplanctónicos cuyos integrantes generan un impacto considerable en la estructura y dinámica del zooplancton por su gran actividad depredadora sobre larvas y huevos de peces y otros grupos como Copepoda, Euphausiacea, Chaetognatha y Amphipoda, entre otros (Boltovskoy, 1999). Sus abundancias también se ven favorecidas por los procesos de advección y migraciones nocturnas (Baldrich & López, 2010; Baldrich & López, 2014). Debido a estas características propias no tienen un claro patrón de distribución en Bahía Cupica, además por presentar migraciones nictimerales, podrían haber sido subestimadas en este estudio que solo colecto las muestras en las horas diurnas.

El grupo C con la mayor presencia de Salpidae y Doliolidae se ubicó en la parte externa de la bahía durante el mes de diciembre de 2012, cuando las condiciones oceanográficas favorecieron más a estas estaciones en la retención de partículas y a una mayor influencia de aguas oceánicas procedentes del giro anticiclónico de la Corriente Colombia.

El grupo D conformado por Chaetognatha son un grupo holoplanctónico, cosmopolita y depredador de la mayoría de zooplancteres (López *et al.*, 2007), en su dieta incluyen un amplio espectro de grupos herbívoros dentro de los cuales se encuentran los Copepoda, por lo que pueden abundar en ciertos lugares en la medida que este su alimento (Boltovskoy, 1981; López *et al.*, 2007; Martínez., *et al* 2007). Su distribución también se encuentra determinada por la alta disponibilidad de fitoplancton ya que esto genera condiciones tróficas favorables para el zooplancton herbívoro y carnívoro; teniendo en cuenta que su dieta principal son los Copepoda, y que a su vez estos se alimentan de fitoplancton y microzooplancton; esta oferta de alimento resulta

beneficiosa para este grupo que es reconocido por su voracidad (López *et al.*, 2007; García *et al.*, 2008). En el periodo de diciembre 2012 se ubicaron en la zona más costera de la bahía, aprovechando las condiciones generales que les permiten una mayor actividad depredadora, posiblemente siguiendo potenciales presas asociadas a la zona de manglar.

Los grupos conformados por el periodo de febrero de 2013 incluyeron a el grupo E definido por los Copepoda, Calanoida y Cyclopoida, similar al grupo A del periodo de diciembre de 2012; estos grupos han sido reportados por otros autores como especies dominantes en el Pacífico colombiano (Monsalve, 1976; Jerez-Guerrero *et al.*, 2017; Giraldo & Gutiérrez, 2007; Ayón *et al.*, 2008; López, 2012; Jaimes & López, 2014; López & Mojica, 2015a).

En adición, el grupo E estuvo conformado por Salpidae y Doliolidae, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en los océanos en bajas densidades, su presencia se encuentra asociada a las altas concentraciones de fitoplancton, del cual se alimentan; por lo tanto, en condiciones favorables pueden proliferar repentinamente y alcanzar grandes densidades (Herrera-Galindo *et al.*, 2015), como lo que se observó durante febrero de 2013. Su importancia ecológica radica en su alto ritmo de filtración combinado con la capacidad de retener gran cantidad de partículas pequeñas, y competir eficazmente por el alimento con los Copepoda, razón por la cual son considerados como los consumidores más importantes de nanoplancton (Boltovskoy, 1981; Carvajal *et al.*, 2009; Herrera-Galindo *et al.*, 2015). Como herbívoros filtradores conforman agregaciones que contribuyen de manera importante al flujo trófico de materia orgánica en la columna de agua (Madin *et al.*, 1996; Carvajal *et al.*, 2009; Gamero-Mora *et al.*, 2015). Como se mencionó, su alta abundancia al interior de la bahía se puede asociar al aporte de aguas ricas en nutrientes y al giro ciclónico generado durante este periodo (López, 2012; Jerez-Guerrero *et al.*, 2017)

El grupo F definido por Salpidae, Doliolidae y Chaetognatha se diferencia del grupo E por la disminución en la abundancia de las Salpidae y Doliolidae en la zona costera, y la agregación de los Chaetognatha en esta zona, que al igual que durante diciembre de 2012, sugiere que sus presas potenciales se mantienen en zonas costeras de Bahía Cupica, sin embargo, es un grupo que se distribuye ampliamente en la bahía debido al aumento en la oferta de alimento.

En general se puede observar que las ocurrencias de las agrupaciones formadas en el período de diciembre de 2012 y la composición de los diferentes grupos en las estaciones, podrían estar siendo moduladas por el patrón de circulación local, que favorece el desarrollo de una alta productividad; sumado a esto el desarrollo de un giro anticiclónico que podría estar favoreciendo la retención de partículas hacia la zona costera externa de la bahía (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017; Giraldo *et al.*, 2008; Rojas & Landaeta, 2014).

Las agrupaciones formadas en el período de febrero de 2013, posiblemente se encuentren asociadas al ingreso a la bahía de aguas de menor temperatura cargadas de nutrientes, como producto del desarrollo de la surgencia de la Ensenada de Panamá (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017); este ingreso puede ser el responsable del aumento de algunos grupos de zoopláncteres, observados durante el período de febrero de 2013, sumado a esto la orientación, geomorfología de la línea de costa y la circulación de las corrientes, podrían promover el desarrollo de un giro ciclónico que incrementa la capacidad de retención de partículas en la zona central de la bahía que es donde se registraron las mayores abundancias de Copepoda, Salpidae y Doliolidae (Giraldo *et al.*, 2014). El aporte de nutrientes producto de la surgencia contribuye en el aumento de la productividad primaria y en consecuencia de grupos herbívoros y filtradores como los Copepoda, Doliolidae y las Salpidae, que como se mencionó anteriormente ejercen un gran impacto sobre los afloramientos de fitoplancton (Sampson & Giraldo, 2013).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Alldredge & Madin, (1982) en donde se registra el incremento de grupos como los tunicados en respuesta al aumento en la disponibilidad de alimento; y con lo reportado por Sampson & Giraldo, (2013) quienes reportaron abundancias muy altas de Salpidae y Doliolidae debido a la influencia de la corriente oceánica y los cambios en la temperatura y salinidad (Jerez-Guerrero *et al.*, 2017; Devis, 2009)

No se observó una correlación entre la temperatura, salinidad y las abundancias de los grupos, sin embargo, se observaron cambios sustanciales en las abundancias de los grupos zooplanctónicos. Los bajos valores de correlación en los dos periodos de estudio, podrían posiblemente deberse a factores adicionales que no se evaluaron en el presente trabajo, y que puedan estar brindando una mejor explicación del comportamiento de la comunidad zooplanctónica (Santos-Martínez & Bateman, 1997). Al igual que en el estudio de López (2012), pueden existir otros factores que estarían modulando las condiciones ambientales de la bahía en diferentes escalas; macroescalar, como la influencia del niño oscilación sur; mesoescalar, como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la Corriente de Colombia, el sistema de circulación de la ensenada de Panamá; y microescalar, como el aporte de ríos o riachuelos.

4. Conclusiones

La estructura de la comunidad de zooplancton en la Bahía de Cupica durante los períodos estudiados cambio debido al ascenso de la termoclina y haloclina, producto del patrón de circulación superficial y del proceso de surgencia de la Ensenada de Panamá. Dentro de los

cambios más notorios generados por estos factores, fue el aumento en la abundancia de grupos zooplanctónicos como las Salpidae y Doliolidae en el período de febrero de 2013. El giro ciclónico al interior de la bahía favoreció la retención de zoopláncteres como organismos gelatinosos en el centro de la bahía y de oportunistas hacia la zona más costera como los Chaetognatha. No se encontró una relación entre la temperatura y la salinidad con la estructura de la comunidad zooplanctónica, por lo que para trabajos posteriores se sugiere considerar el efecto que podrían tener en la estructura del ensamblaje de zooplancton otras variables como la disponibilidad de alimento (concentración de clorofila-a) y la concentración de oxígeno disuelto.

Referencias Bibliográficas

- Allredge, A.L & Madin, L.P (1982). Pelagic tunicates: unique herbivores in the marine plankton. *BioScience*, 32: 655-663.
- Andrade, A (1992). Movimiento Geostrófico en el Pacífico Colombiano. *Boletín Científico CIOH* No. 12. (23 -38)
- Atencio, F; Gutiérrez, L & Gaviria, S (2005). Copépodos planctónicos del complejo cenagoso de Malambo (Atlántico, Colombia) y su relación con algunos factores físicos y químicos del agua. *Revista Dugandía*, 1(12), 17-38.
- Ayón, P; Criales-Hernandez, M; Schwamborn, R & Hirche, H (2008). Zooplankton research off Peru: A review. *Progress in Oceanography*, 79, 238-255.
- Baldrich, A & López, R (2010). Hidromedusas Mesozooplanctónicas del Océano Pacífico Colombiano. *Biota Colombiana*. Vol 11: 3-11
- Baldrich, A & López, R (2014). Hidromedusas del Pacífico Colombiano: aspectos básicos de su dinámica ecológica. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. Volumen 9, Número 1: 108-13.
- Beaugrand, G; Reid, P; Ibañez, F; Lindley, J & Edwards, M (2002). Reorganization of North Atlantic Marine Copepod Biodiversity and Climate. *Science* Vol 296: 1694-1694
- Bernal, A.R & Zea, S (1993). Variaciones Nictimerales en la Comunidad de Zooplancton de la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*. 22. 5-20.
- Bernal, A.R & Zea, S (2000). Estructura de la Comunidad de Zooplancton en Condiciones de Descarga Continental y de Afloramiento Costero en Santa Marta, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 29. 3-26.

- Boltovskoy, D (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con zooplancton marino. Mar del Plata, Argentina: INIDEP.
- Boltovskoy, D (1999). South Atlantic zooplankton Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers. (Vol. 1-2).
- Carvajal, L.A; Vergara, C.F & López, R (2009). Chaetognatha, Thaliacea, Euphausiacea y Polychaeta Pelágicos en el Océano Pacífico Colombiano Durante dos Períodos en 1996 (la niña) y dos Períodos en 1997 (el niño). Revista Facultad de Ciencias Básicas. Volumen 5, Número 1: 172-185.
- CCCP (2002). Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Centro Control de Contaminación del Pacífico. (109). Ed. Imágenes de la Naturaleza, Cali. 11-107
- Clarke, K & Warwick, R (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation (2nd Ed.). Plymouth, England: PRIMER-E Ltd.
- Devis, A (2009). Ciclo anual de temperatura, salinidad y circulación en la Cuenca Pacífica Colombiana con énfasis en su región costera. (Tesis doctoral). Universidad de Concepción, Chile.
- Escribano, R & Castro, L (2013). Plancton y Productividad. Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos, Cap 14. (290-297).
- Gamero-Mora, E; Ceballos-Corona, G; Gasca, R & Morales-Blake, A (2015). Análisis de la comunidad del zooplancton gelatinoso (Hydrozoa, Ctenophora, Thaliacea) en el Pacífico central mexicano, abril-mayo 2011. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 50, N°1: 111-124
- García, X.F; Oliveira, L.M & Herrera, Y (2008). Influencia de los eventos climáticos el niño y la niña en la comunidad de Chaetognatha de las aguas superficiales del Océano Pacífico Colombiano. Rev. Bras. Enga. Pesca 3(1).
- Giraldo, A & Gutiérrez, E (2007). Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). Investigaciones Marinas, 35(1), 117-122.

- Giraldo, A; Rodriguez-Rubio, E & Zapata, F (2008). Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 36(1): 121-128, 2008.
- Giraldo, A & Ramirez, D (2010). Fitoplancton costero en Cabo Marzo y Punta Cruces, margen nororiental del Océano Pacífico colombiano. *Boletín Científico CIOH No. 28*: 173-203
- Giraldo, A; Valencia, B & Ramírez, D (2011). Productividad Planctónica y Condiciones Oceanográficas Locales en Isla Gorgona Durante Julio 2006. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 40 (1) 185-201.
- Giraldo, A; Valencia, B; Izquierdo, V; Acevedo, J; Rivera, M; Cuellar, A; Ramirez, G; Piñeros, L; Cordoba, D & Villa, A (2012). Disponibilidad de Larvas de Peces de Importancia Comercial en la Zona de Cabo Marzo y Bahía Cupica: Insumo Técnico para Definir un Área de Reserva Especial.
- Giraldo, A; Velazco, E & Martinez, T.I (2014). Impacto Alimentario de los Copépodos Calanoideos en el Océano Pacífico Colombiano. *Revista de Ciencias*, 18(2), 11-25.
- Grimaldo, M; Chang, J; Muñoz, E & Averza, A (2013). Abundancia Estacional del Zooplancton en el Golfo de Montijo, Pacífico Panameño. *Tecnociencia*, Vol. 15, N°1.
- Gómez, C & López, R (2002). Abundancia y distribución de quetognatos durante los periodos mayo-junio y noviembre de 1996 en el Pacífico Colombiano. *Boletín Científico INPA*, (7): 203-225.
- Guisande, C. Vaamonde, L & Barreiro, F (2011). Tratamiento de datos con R, STATISTICA y spss. Ediciones Diaz de Santos. 21-978
- Hays, G; Richardson, A & Robinson, C (2005). Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(6), 337-344.
- Herrera-Galindo, J.E; Meraz, J; Buenrostro, A; Karam, S.G; Alfonso Mendoza, A & Alejo M. C (2015). Las salpas (Thaliacea: Salpidae) como posibles vectores de saxitoxina entre dinoflagelados y tortugas marinas. *Ciencia y Mar* 2015, XXIV (56): 41-49

- Inda-Díaz, A; Domínguez-Ojeda, D; Romero-Bañuelos, C.A; Nieto, J.T & Cepeda, J (2014). El zooplancton marino de la costa de Nayarit, México. *Nueva Época* Año 4, No. 14: 45-57.
- Jaimes, J.C & López, R.H (2009). Efecto de los Períodos Circadiano y Lunares Sobre la Biomasa de Copépodos (Crustacea) en Aguas Marinas del Pacífico Colombiano. In XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. La Habana, Cuba.
- Jaimes, J & López, R (2014). Biomasa y abundancia de Copepoda (Crustacea) en aguas superficiales del océano Pacífico colombiano durante septiembre de 2007. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 49, N°1: 31-41.
- Jerez-Guerrero, M; Criales-Hernandez, M.I & Giraldo, A (2017). Copépodos Epipelágicos en Bahía Cupica, Pacífico Colombiano: Composición de Especies, Distribución y Variación Temporal. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 65 (3): 1046-1061
- Kelly, P; Clementson, L; Davies, C & Corney, S (2016). Zooplankton responses to increasing sea surface temperatures in the southeastern Australia global marine hotspot. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 180: 242-257.
- López, R.H; Uribe, J; Escobar, N; López, C & Riveros D (2005). Mesozooplancton superficial del Océano Pacífico Colombiano durante los cruceros de 2001, 2002 y 2003 de la serie ERFEN (Estudio Regional del Fenómeno El Niño). Informe final Proyecto CIAS-2003-003. Programa. Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D. C., 74
- López, R.C; López & Uribe-Palomino J (2007). Quetognatos: ¿Indicadores de Eventos Climáticos Anómalos en el Océano Pacífico Colombiano? *Boletín Científico CCCP*, (14): 81-90. 109-122.
- López, R. (2012). Distribución y abundancia de Copépodos pelágicos en el Pacífico Colombiano. *Universidad Militar Nueva Granada*. 1900-4699 Vol. 8 Número 1: 108-131.
- López, R. H & Mojica, L. H (2015a). Influencia Abiótica Sobre Algunos Géneros de Copépodos (Crustacea) Epipelágicos en el Pacífico Colombiano. *Universidad Militar Nueva Granada*, 11(1), 20-33.

- López, R. H & Mojica, L. H (2015b). Distribution and abundance of *Oncaea media* and *O. venusta* (Crustacea: Copepoda) in the Colombian Pacific ocean during two periods in 2001. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18: 197-206.
- Madín, L.P; Kremer, P; Hacker, S (1996). Distribution and vertical migration of salps (Tunicata, Thaliacea) near Bermuda. *Journal of Plankton Research* Vol.18 no.5: 747-755.
- Martinez, T.I; Giraldo, A & Rodriguez-Rubio, E (2007). Zooplancton en la Corriente de Colombia, Pacífico Colombiano, Durante Marzo de 2006. *Boletín Científico CCCP*, No. 14: 69 – 82
- Marquez, B; Ramos, J; Trócoli, L; Marín, B & Ramon, V (2009). Densidad, biomasa y composición del zooplancton, en el estrato superficial de la cuenca de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(3): 737-749.
- Medellín-Mora, J & Navas, G (2010). Listado Taxonómico de Copépodos (ARTHROPODA: CRUSTACEA) del Mar Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* Vol 39: 265-306
- Mitra, A; Castellani, C; Gentleman, W.C; Jonasdottir, S.H; Flynn, K.J & Bode, A (2014). Bridging the gap between marine biogeochemical and fisheries sciences; configuring the zooplankton link. *Progress in Oceanography*.; 129: 176–99.
- Monsalve, B (1976). Copépodos del Pacífico colombiano, cruceros Pacífico V y VII. *Divulgación Pesquera*, 18(3,4), 2-9.
- Murcia, M (2006). Impacto Alimentario del Zooplancton Herbívoro y Estructura de la Comunidad Mesozooplancónica en el Pacífico Colombiano Durante Septiembre y Octubre de 2004. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Murcia, M & Giraldo, A (2007). Condiciones Oceanográficas y Composición del Mesozooplankton en la Zona Oceánica del Pacífico Colombiano, Durante Septiembre– Octubre 2004. *Boletín Científico CCCP*, No. 14: 83 – 94.
- Noriega, M (1999). Evaluación de la productividad secundaria y su relación con parámetros fisicoquímicos en el modelo de la calidad de aguas para la Ensenada de Tumaco, Pacífico Colombiano. Informe final de ECOPETROL. Modelo de Calidad de las Aguas para la Ensenada de Tumaco y Plan de Seguimiento y Vigilancia de la contaminación Marina en

- el Pacífico colombiano Fase II. Centro de Control de Contaminación del Pacífico, San Andrés de Tumaco, 69
- Palomares, R; Suárez-Morales, E & Hernández-Trujillo, S (1998). Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano. México: CICIMAR/ECOSUR.
- Patiño, J (1999). Variación espacio-temporal del zooplancton en la ensenada de Tumaco, costa Pacífica colombiana. Período mayo-diciembre 1999. Convenio ECOPETROL- CCCP. Centro Control Contaminación del Pacífico. San Andrés de Tumaco. 25.
- Postel, L; Fock, H & Hagen, W (2000). Biomass and Abundance. In R. P. Harris, P. H. Wiebe, J. Lenz, H. R. Skjoldal, & M. Huntley (Eds.), *ICES Zooplankton Methodology Manual* (83-174)
- Poveda, I.C; Rojas, C.A; Rudas, A & Rangel, O (2004). El Chocó Biogeográfico: Ambiente Físico. En O. Rangel (Ed.), *Colombia diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica* (1-21). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Rakshesh, M; Raman, A; Ganesh, T; Chandramohan, P & Dehairs, F (2013). Small copepods structuring mesozooplankton community dynamics in a tropical estuary-coastal system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 126, 7-22.
- Rodríguez-Rubio, E; Schneider, W & Abarca, R (2003). On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 30, N° 7, 1410
- Rojas, M & Landaeta, M (2014). Fish larvae retention linked to abrupt bathymetry at Mejillones Bay (northern Chile) during coastal upwelling events. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 42(5): 989-1008,
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. <http://www.R-project.org/>.
- Salcedo, J. M (2011). Estructura Vertical del Zooplancton Oceánico del Mar Caribe Colombiano. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Sampson, L & Giraldo, A (2013). Annual abundance of salps and doliolids (Tunicata) around Gorgona Island (Colombian Pacific), and their importance as potential food for green sea turtles. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 62. P 149-159.
- Santos-Martínez, A & Bateman, N (1997). Evaluación de los principales recursos pesqueros de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe programa Calidad Ambiental Marina. Proyecto DELTA INVEMAR. 34
- Smith, P.E & Richardson, S.L (1979). Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelagicos (Documento Técnico de Pesca No. 175). Roma, Italia: FAO.
- Serranito, B; Aubert, A; Stemmann, L; Rossi, N & Jamet, J.L (2016). Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time-series. *Continental Shelf Research* 121:3–12.
- Sokal, R.R & Rohlf. F.J (1999). *Introduccion a la Bioestadistica*. Editorial Reverte, SA
- Todd C.D & Laverack I (1991). *Coastal marine zooplankton: a practical manual for students*. Cambridge University Press 1991. 521. 40036 8.
- Valencia, B & Giraldo, A (2009). Hipéridos (Crustacea: Amphipoda) en el sector norte del Pacífico oriental tropical colombiano. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(2), 265-273.
- Valencia, B; Lavaniegos, B; Giraldo, A & Rodríguez-Rubio, E (2013). Temporal and spatial variation of hyperiid amphipod assemblages in response to hydrographic processes in the Panama Bight, eastern tropical Pacific. *Deep-Sea Research I* 73: 46–61.
- Van Guelpen, L; Markle, D & Duggan, D (1982). An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsampling techniques. *Journal Du Conseil* 40(3): 226-236.
- Villegas, N.L & Málikov, I (2006). Modelación de la Estructura dinámica de las Aguas de la Cuenca del Pacífico Colombiano. *Boletín Científico CCCP No. 13*: 97-114