

**DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS  
PRINCIPALES GRUPOS ZOOPLANCTÓNICOS PRESENTES EN  
BAHÍA CUPICA, PACIFICO COLOMBIANO, DURANTE FEBRERO  
DE 2013.**

**DIEGO ARMANDO GÓMEZ VILLAMIZAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**BUCARAMANGA**

**2015**

**DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS  
PRINCIPALES GRUPOS ZOOPLANCTÓNICOS PRESENTES EN  
BAHÍA CUPICA, PACIFICO COLOMBIANO, DURANTE FEBRERO  
DE 2013.**

**DIEGO ARMANDO GÓMEZ VILLAMIZAR**

**Proyecto de grado presentado para optar por el título de:**

**Biólogo**

**Directora**

**MARÍA ISABEL CRÍALES HERNÁNDEZ**

**Bióloga, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Doctora María Isabel Criales por la oportunidad de participar y aprender en este proyecto, su guía y colaboración fue muy importante para la culminación de este.

Un agradecimiento especial a Mauricio Jerez, Carol Andrea Vargas y a todos mis compañeros del Laboratorio de Hidrobiología, su acompañamiento fue muy importante durante el desarrollo de esta pasantía.

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que siempre me han brindaron.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS.....	14
1.1 GENERAL.....	14
1.1.1 ESPECÍFICOS.....	14
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1 FASE DE LABORATORIO.....	15
2.2 FASE DE ANÁLISIS.....	16
3. RESULTADOS .....	19
4. DISCUSIÓN.....	32
5. CONCLUSIÓN.....	33
6. COMPETENCIAS DESARROLADAS POR EL PASANTE	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag</b>
<b>Figura 1.</b> Distribución espacial de las estaciones de muestreo y su agrupación según la línea de costa en Bahía Cupica, departamento de Choco durante Febrero de 2013.	<b>18</b>
<b>Figura 2.</b> Distribución espacial del número de grupos zooplanctónicos en cada una de las estaciones de muestreo en Bahía Cupica durante febrero del 2013.	<b>19</b>
<b>Figura 3.</b> Abundancia relativa (%) de los principales grupos zooplanctónicos en Bahía Cupica durante el mes de febrero de Febrero de 2013.	<b>21</b>
<b>Figura 4.</b> Distribución espacial de la abundancia (Ind/100m <sup>3</sup> ) de los copépodos (A) y salpas y doliólidos (B) en Bahía Cupica durante febrero del 2013.	<b>23</b>
<b>Figura 5.</b> Distribución espacial de la abundancia zooplanctónica (ind/100m <sup>3</sup> ) en Bahía Cupica durante febrero de 2013.	<b>24</b>
<b>Figura 6.</b> Variación espacial de la temperatura y salinidad entre Superficial (Sup) y 30m de profundidad en Bahía Cupica durante Febrero de 2013.	<b>25</b>
<b>Figura 7.</b> Agrupamiento de las estaciones de Bahía Cupica en Febrero de 2013 según el agrupamiento por promedio ponderado simple (CLUSTER).	<b>26</b>
<b>Figura 8.</b> Distribución espacial de las agrupaciones de las estaciones de Bahía Cupica en Febrero de 2013 según el agrupamiento por promedio ponderado simple (CLUSTER).	<b>31</b>

## LISTA DE TABLAS

		Pag
<b>Tabla 1.</b>	Estimadores de riqueza esperada de grupos zooplanctónicos en Bahía Cupica en Febrero del 2013.	<b>20</b>
<b>Tabla 2</b>	Abundancia (Ind/100m <sup>3</sup> ) de los grupos zooplanctónicos colectados en las estaciones biológicas de Bahía Cupica.	<b>22</b>
<b>Tabla 3.</b>	Lista de grupos que más contribuyen a la similitud entre las estaciones de muestreo de Bahía Cupica durante Febrero de 2013.	<b>27</b>
<b>Tabla 4.</b>	Resultado del análisis de la relación entre la abundancia zooplanctónica y las salinidades y temperatura a diferentes profundidades en Bahía Cupica durante Febrero de 2013 a partir de BIOENV.	<b>27</b>

## RESUMEN

**TITULO:** DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PRINCIPALES GRUPOS ZOOPLANCTÓNICOS PRESENTES EN BAHÍA CUPICA, PACIFICO COLOMBIANO, DURANTE FEBRERO DE 2013.\*

**AUTOR:** DIEGO ARMANDO GÓMEZ VILLAMIZAR\*\*

**PALARAS CLAVES:** Zooplancton, distribución espacial, Pacifico Colombiano.

El zooplancton marino está conformado por organismos pequeños, su distribución y abundancia en la columna de agua está condicionada a factores bióticos como la presión por depredación y competencia, y factores abióticos como la salinidad, temperatura y las corrientes marinas. Estos organismos son importantes para la estabilidad de los ecosistemas bentónicos y pelágicos, ya que son el puente de transferencia entre los productores primarios y los consumidores de mayor orden, y presentan alta variabilidad espacial y temporal, convirtiéndolos en importante objeto de estudio para la comprensión de la compleja estructura trófica marina. El presente estudio describe la distribución espacial de los principales grupos zooplanctónicos presentes en Bahía Cupica, Pacifico Colombiano, durante el mes de febrero del 2013 y su relación con las variables de salinidad y temperatura, mediante la determinación y contabilización de los principales grupos zooplanctónicos, y la evaluación de la existencia de diferencias significativas de las variables bióticas y abióticas entre tres localidades establecidas con base en la línea de costa. Se identificaron 24 grupos zooplanctónicos, de los cuales las salpas y doliólidos se destacaron por su abundancia relativa (49.6%) seguido de los copépodos (41.1%), adicionalmente se identificaron quetognatos, brachiuiros y gasterópodos, entre otros. No se encontraron diferencias significativas entre las variables bióticas y abióticas entre las localidades, pero si se observó una correlación positiva entre las abundancias de los organismos y la salinidad a 30m, también se logró identificar tres agrupaciones diferentes, producto de la composición de los grupos que las conformaban, los cuales mostraron diferencias ecológicas, esto último sumado al ingreso de aguas frías oceánicas, la orientación y geomorfología de la línea de costa sugiere la presencia de un giro ciclónico al interior de la bahía que junto con la salinidad podría estar modulando la distribución espacial del zooplancton en Bahía Cupica durante febrero de 2013.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Directora: María Isabel Criales Hernández, Bióloga Marina

## ABSTRACT

**TITLE:** DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PRINCIPALES GRUPOS ZOOPLANCTÓNICOS PRESENTES EN BAHÍA CUPICA, PACIFICO COLOMBIANO, DURANTE FEBRERO DE 2013.\*

**AUTHOR:** DIEGO ARMANDO GÓMEZ VILLAMIZAR\*\*

**KEY WORDS:** Zooplankton, spatial distribution, Colombian Pacific.

Sea zooplankton is conformed by small size organisms. Its distribution and abundance in the water column is conditioned by biotic factors, such as predator pressure and competition, and abiotic factors, such as salinity, temperature and sea currents. These organisms are of great importance for the stability of benthic and pelagic ecosystems, given that they are the bridge of transfer between primary products and higher order consumers. They also present a high spatial and temporal variability, making them an important research subject in order to understand the complex trophic sea structure. In this study was described the spatial distribution of the main zooplankton groups in Bahía Cupica, Colombian Pacific, during the month of February 2013 and Degree its relation with the abiotic variables, salinity and temperature, through the determination and quantitation of the main zooplankton groups. We also evaluated the existence of any meaningful difference in biotic and abiotic variables between three different localities, which were established based on the coast line. 24 zooplankton group were identified, from which salps and doliolids stood out given their relative abundance (49.6%) follow by copepods (41.1%). Additionally, chaetognaths, brachyuran and gastropods, among others, were identified. No difference was found in biotic or abiotic variables between localities, but a positive correlation between organism abundance and salinity at 30 m was found. We also identified three different groupings, product of their group composition which showed ecological differences. This last finding, added to cold oceanic waters entrance and coastline orientation and geomorphology, suggests the presence of a cyclonic spin inside the bay together with salinity could be modulating the spacial distribution of zooplankton in Bahía Cupica during the month of February 2013.

---

\* Degree Work

\*\* Science Faculty, Department of Biology. Director: María Isabel Criales Hernández, Marine Biologis

## INTRODUCCIÓN

El zooplancton marino es un grupo conformado por organismos de pequeño tamaño, su distribución en la columna de agua está condicionada a factores bióticos como la presión por depredación, competencia y disponibilidad de alimento, y a factores abióticos, como la temperatura y salinidad, la posición de la línea de costa y las corrientes marinas. Estas últimas tiene una gran influencia en la distribución, abundancia y estructura de los grupos zooplanctónicos lo que en los últimos años ha hecho que se les considere excelentes indicadores de la calidad ambiental y cambios climáticos (Beagrand et al, 2002; Murcia y Giraldo, 2007; Márquez-Rojas et al, 2011).

En las zonas costeras como bahías, las condiciones de salinidad y temperatura son muy variables, a diferencia de las zonas oceánicas donde las condiciones son más homogéneas (Martínez et al, 2007). La circulación de agua a nivel superficial es producida directamente por la fricción del viento, la gravedad, la interferencia de los continentes y rotación de la tierra (Efecto Coriolis), esto último hace que los movimientos de agua se desvíen hacia la derecha en el hemisferio norte (Werlinger, 2004). En este mismo hemisferio, los vientos que van en sentido de las agujas del reloj, desplazan el agua superficial del océano hacia afuera, describiendo un movimiento centrípeto, causando un levantamiento de la termoclina; los vientos que

giran en el sentido contrario a las agujas del reloj desplazan el agua hacia adentro, reflejando un movimiento centrífugo y causando un descenso de la termoclina (Werlinger, 2004).

En el ambiente pelágico los organismos plantónicos son los principales productores primarios y secundarios, constituyendo un indispensable enlace en la transferencia de energía de los ecosistemas marinos (Mann y Lazier, 2013; Rubao et al, 2010), el zooplancton son considerados del nivel secundario y es considerado de gran importancia para la estabilidad de los ecosistemas bentónicos y pelágicos, porque son el puente en la transferencia de energía entre los productores primarios y los consumidores de mayor orden, delimitando la ruta, e indicando la producción secundaria de un área determinada (Frank et al, 2005; Martínez et al, 2007). Para su estudio general en un área específica, el zooplancton puede ser determinado por la abundancia relativa y composición de sus principales grupos (Clark et al, 2001).

En el Océano Pacífico Colombiano el clima y los patrones de circulación de agua se ven influenciados por el desplazamiento estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y por la zona de surgencia producida por el flujo de Viento de Panamá, permitiendo la diferenciación de dos periodos oceanográficos (Valencia y Giraldo, 2009 y Valencia et al, 2013;). El primero comprende desde diciembre hasta abril, caracterizado por baja precipitación, aguas superficiales frías ( $<20^{\circ}\text{C}$ ), saladas

(>34.5 psu) y alta productividad, y el segundo comprendido entre mayo y noviembre, caracterizado por alta precipitación, aguas superficiales cálidas (>20°C), menos saladas (<34.5 psu) y baja productividad (Kessler, 2006; Valencia y Giraldo, 2009; Valencia et al, 2013). Esto sugiere importantes cambios en la estructura de la comunidad zooplanctónica en ciclos anuales, determinando la dominancia de algunos grupos zooplanctónicos durante un periodo de tiempo (Martínez et al, 2007). Esta variabilidad biológica de la comunidad hasta el momento se ha descrito a gran escala en lo que corresponde al Pacífico Colombiano (Batten y Welch, 2004, Lopez et al, 2005; Giraldo y Gutiérrez, 2007; Martínez et al, 2007; Murcia y Giraldo, 2007), y para las zonas costeras son escasos los trabajos realizados en Colombia (Gutiérrez et al, 2013).

El propósito de esta pasantía fue describir la distribución espacial de la comunidad zooplanctónica de la bahía de Cupica, durante el mes de febrero de 2013, ayudando a la identificación de patrones forzantes oceanográficos que permitan ampliar el conocimiento de la dinámica del norte del Pacífico Colombiano

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 General

Describir la distribución espacial de los principales grupos zooplanctónicos presentes en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano, durante el mes de febrero del 2013.

### 1.1.1 Específicos

1. Identificar y conocer los principales grupos que componen el zooplancton en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano.
2. Determinar la abundancia de los grupos de zooplancton presentes en la bahía de Cupica.
3. Describir el patrón de distribución horizontal del zooplancton en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano presente durante el mes de febrero de 2013.
4. Establecer la relación entre la comunidad del zooplancton y las variables abióticas evaluadas durante el mes de febrero de 2013.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Fase de Laboratorio

Se procesaron 10 muestras colectadas durante el mes de febrero de 2013 por el grupo de investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad del Valle, en el marco del proyecto "Copépodos epipelágicos en Bahía Cupica, Pacífico Colombiano: taxonomía, distribución y variación temporal". Las muestras de zooplancton fueron colectadas realizando arrastres oblicuos con una red bongo de 250  $\mu\text{m}$  de ojo de malla y 30cm de diámetro, equipada con un flujómetro digital General Oceanics para calcular el volumen de agua filtrada. Las muestras fueron preservadas en una solución de formalina buferizada al 4%. En cada una de las estaciones se realizó el registro vertical continuo hasta los 30m de temperatura y salinidad usando un CTD Seabird 19.

Cada una de las muestras se fraccionó, empleando la técnica de submuestreo de los Beakers de hunstman (Van Guelpen et al, 1982). Para la identificación y determinación taxonómica de los grupos que componen el zooplancton, se realizaron observaciones bajo un estéreo-microscopio Discovery V.12 Zeiss, siguiendo la guía de identificación de Todd Laverack (1991). Los conteos de los organismos se efectuaron en una cámara Bogorov de capacidad de 5 ml. Cada submuestra se contó hasta obtener alrededor de 1000 individuos entre todos los

grupos zooplanctónicos presentes, lo que proporciona una precisión de 10% con un nivel de confianza del 95% (Lund, 1958; Lenz, 1968; Postel et al, 2000).

## **2.2 Fase de Análisis**

La determinación de la abundancia total se expresó en número de individuos por 100 metros cúbicos (Ind/100m<sup>3</sup>), el valor se obtuvo de multiplicar el número de individuos por el factor de la fracción utilizada, y el volumen filtrado por cada muestra durante la colecta en campo (Postel et al, 2000).

La representatividad biológica del esfuerzo de muestreo en cada estación, se evaluó mediante estimadores de riqueza (Chao II, Bootstrap, y Jackknife I), empleando el software libre EstimateS (Version 9.1.0). Se elaboró una matriz de datos con las abundancias y parámetros de temperatura y salinidad, se evaluó su distribución con un test de normalidad Shapiro-Wilk, posteriormente debido a que los datos de las abundancias no fueron normales, se trataron mediante la función logarítmica  $\log(x+1)$ .

Se establecieron los grupos más abundantes y las estaciones con mayor y menor abundancia de individuos, esto último fue graficado mediante el software libre Golden Surfer V10.7 (Golden Software, 2012). Las estaciones de muestreo fueron agrupadas en tres localidades (Este, Norte y Oeste) establecidas con base en la línea de costa (Figura 1). Para evaluar la existencia de diferencias significativas de

abundancia zooplanctónica entre las localidades, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. La evaluación de la existencia de diferencias significativas entre localidades en la salinidad y temperatura, se realizó mediante un Análisis de Varianza (ANOVA).

Para evaluar los patrones en la estructura de la comunidad y la posible aparición de ensamblajes en las diferentes localidades, se elaboró una matriz de similitud utilizando el índice de Bray-Curtis, posteriormente se realizó un análisis de agrupamiento por promedio ponderado simple (CLUSTER), para determinar los grupos con mayor contribución en los agrupamientos se efectuó un SIMPER. Finalmente, para evaluar la existencia de alguna relación entre las abundancias de los grupos y los parámetros abióticos de temperatura y salinidad, se realizó una correlación entre las dos matrices (correlación de Spearman) mediante un BIOENV, estos análisis se realizaron en el software estadístico Primer® V.7 (Primer-E Ltd, 2008).

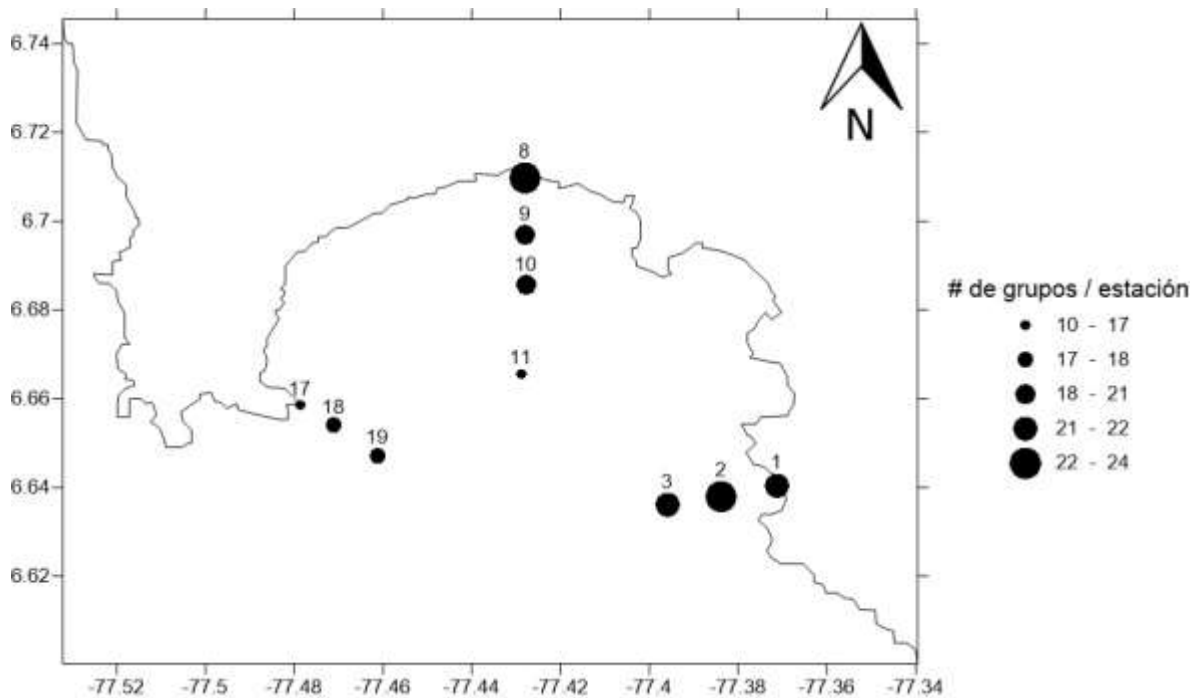
**Figura 1.** Distribución espacial de las estaciones de muestreo y su agrupación según la línea de costa en Bahía Cupica, departamento de Chocó durante Febrero de 2013. Tomado y modificado de Google Earth®



### 3. RESULTADOS

En Bahía Cupica se registraron 24 grupos zooplanctónicos durante febrero de 2013, la estación diez presentó la menor cantidad de grupos con once registros, y la estación dos tuvo la mayor cantidad, con un total de 23 grupos (Figura 2). El esfuerzo de muestreo según los índices de riqueza (Chao II, Bootsrap, y Jackknife I) para 8 de las 10 estaciones estuvo entre 60% y 98% de los potenciales grupos en la bahía, la estación 11 registró el menor valor de riqueza y la estación uno presentó más grupos de los esperados (Tabla 1).

**Figura 2.** Distribución espacial del número de grupos zooplanctónicos en cada una de las estaciones de muestreo en Bahía Cupica durante febrero del 2013.

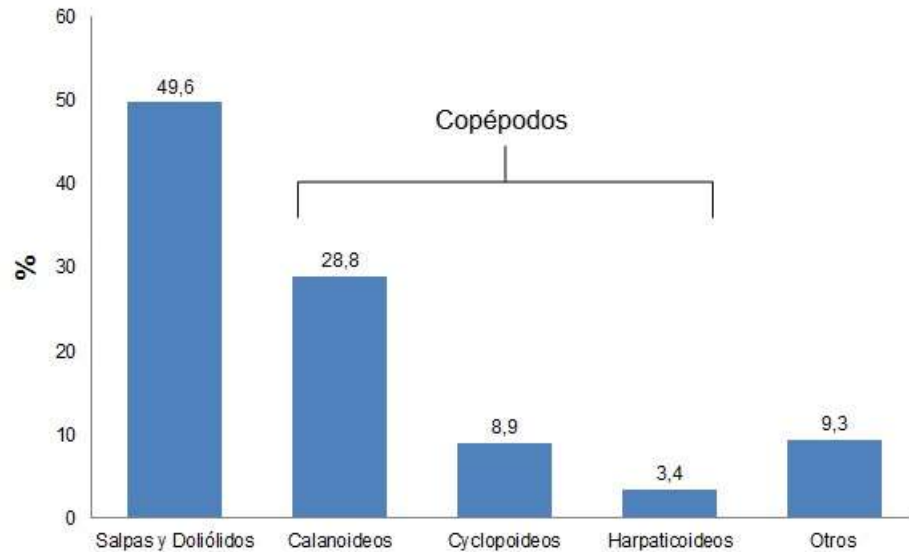


**Tabla 1.** Estimadores de riqueza esperada de grupos zooplanctónicos en Bahía Cupica en Febrero del 2013. N: riqueza de grupos observados. %: porcentaje de grupos esperados en cada una de las estaciones de muestreo.

Estación	N	Chao-2	%	Bootstrap	%	Jackknife-1	%
1	21	18,04	116,4	18,04	116,4	18,04	116,4
2	23	23,27	98,8	24	95,8	25,92	88,7
3	21	24,89	84,3	25,53	82,2	27	77,7
8	22	25,49	86,3	26,08	84,3	27,12	81,1
9	19	26,04	72,9	26,48	71,7	27,32	69,5
10	18	26,19	68,7	26,66	67,5	27,22	66,1
11	10	26,13	38,2	26,63	37,5	26,91	37,1
17	16	26,01	61,5	26,51	60,4	26,46	60,4
18	17	26	65,3	26,37	64,4	26,16	64,9
19	17	26	65,3	26,23	64,8	26	65,3

Del total de los grupos zooplanctónicos encontrados durante febrero del 2013 (Tabla 2), las salpas y doliólidos fueron el grupo más abundante en la bahía con el 49,6%, seguido de los copépodos con el 41,1% conformado principalmente por calanoideos que se destacaron por su abundancia relativa del total de los grupos con 28,8%, cyclopoideos y harpaticoideos representaron el 8,9% y 3,4% respectivamente, el 9,3% restante estuvo conformado por 22 diferentes grupos taxonómicos (e.g. gasterópodos, bivalvos, quetognatos, entre otros) (Figura 3)

**Figura 3.** Abundancia relativa (%) de los principales grupos zooplanctónicos en Bahía Cupica durante el mes de Febrero de 2013.



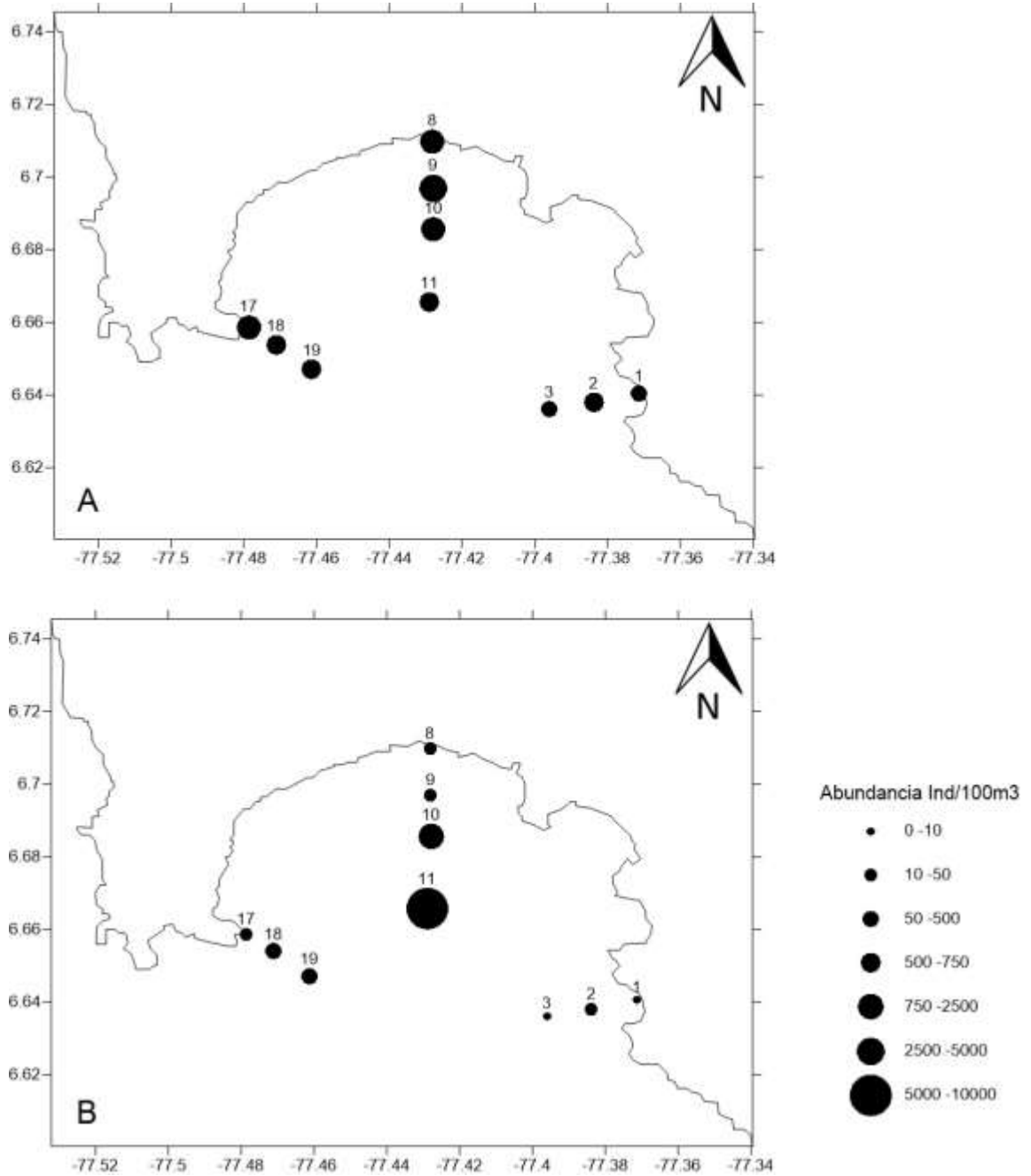
Los copéodos fueron el grupo más abundante en siete de las diez estaciones, y las salpas y doliólidos solo en tres de las diez, ambos grupos presentaron las mayores abundancias en las estaciones 10 y 11 respectivamente de la localidad norte (Figura 4).

No se encontraron diferencias significativas (Kruskal-Wallis  $H=2,69$ ,  $p=0,26$ ) entre las abundancias y las localidades establecidas oeste, norte y este. Sin embargo los mayores registros de abundancia zooplanctónica se presentaron en las estaciones de la localidad norte de la bahía seguida de la localidad oeste (Figura 5).

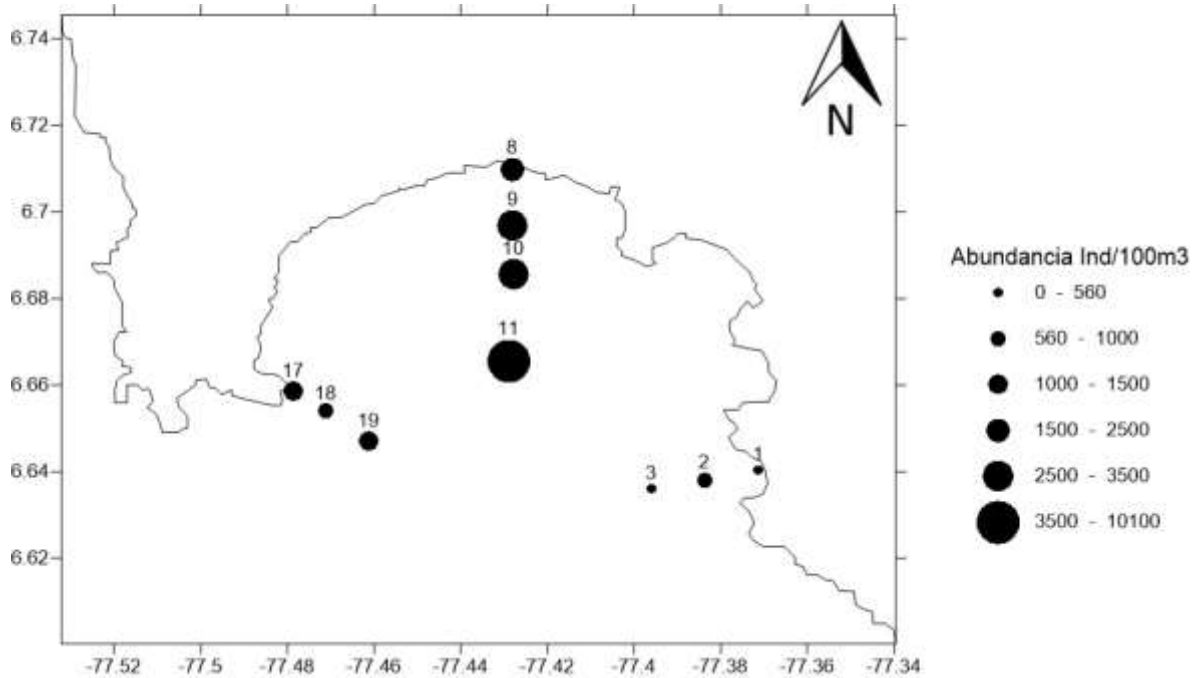
**Tabla 2.** Abundancia (Ind/100m<sup>3</sup>) de los grupos zooplanctónicos colectados en las estaciones de Bahía Cupica.

Grupos	Estaciones									
	1	2	3	8	9	10	11	17	18	19
Anfípodos	3	9	2	4	8	19	0	6	14	6
Appendicularios	1	4	1	18	64	50	13	73	74	0
Bivalvos	11	5	0	41	0	0	0	0	0	0
Brachiuros	63	13	3	47	19	66	0	7	2	1
Cefalópodos	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1
Cladóceros	1	1	0	6	5	6	0	2	0	0
Ctenóforos	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1
Scaphopodos	11	8	0	2	0	0	0	0	0	0
Embrión de Pez	0	0	1	2	4	9	13	0	0	1
Estomatópodos	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Eufáusido	1	1	1	2	1	0	0	0	4	1
Gasterópodos	17	54	0	525	0	0	0	1	0	0
Hydrozoos	7	5	1	6	3	16	6	1	5	3
Huevo de Pez	2	1	1	0	11	3	0	0	0	0
Megalopas	0	1	1	1	0	3	0	0	6	1
Miscidáceos	6	13	2	33	40	44	0	15	7	1
Ostrácodos	2	6	2	12	4	0	0	3	0	0
Poliquetos	1	2	1	1	1	3	13	0	0	1
Porcelanidos	9	3	1	4	2	3	0	0	2	0
Pterópodos	1	23	9	39	69	19	13	33	9	2
Quetognatos	13	26	16	18	39	53	19	23	31	14
Salpas y Doliólidos	5	16	3	10	19	1493	9393	37	253	438
Sifonóforos	4	7	3	2	9	13	0	6	14	12
Copépodos	398	554	457	1334	2517	1574	594	1097	521	613
Calanoidea	248	426	342	928	1970	948	388	583	509	431
Cyclopoidea	1056	120	114	271	312	495	155	336	9	169
Harpaticoidea	45	8	1	135	235	131	52	177	4	13

**Figura 4.** Distribución espacial de la abundancia (Ind/100m<sup>3</sup>) de los copépodos (A) y salpas y doliólidos (B) en Bahía Cupica durante febrero del 2013.

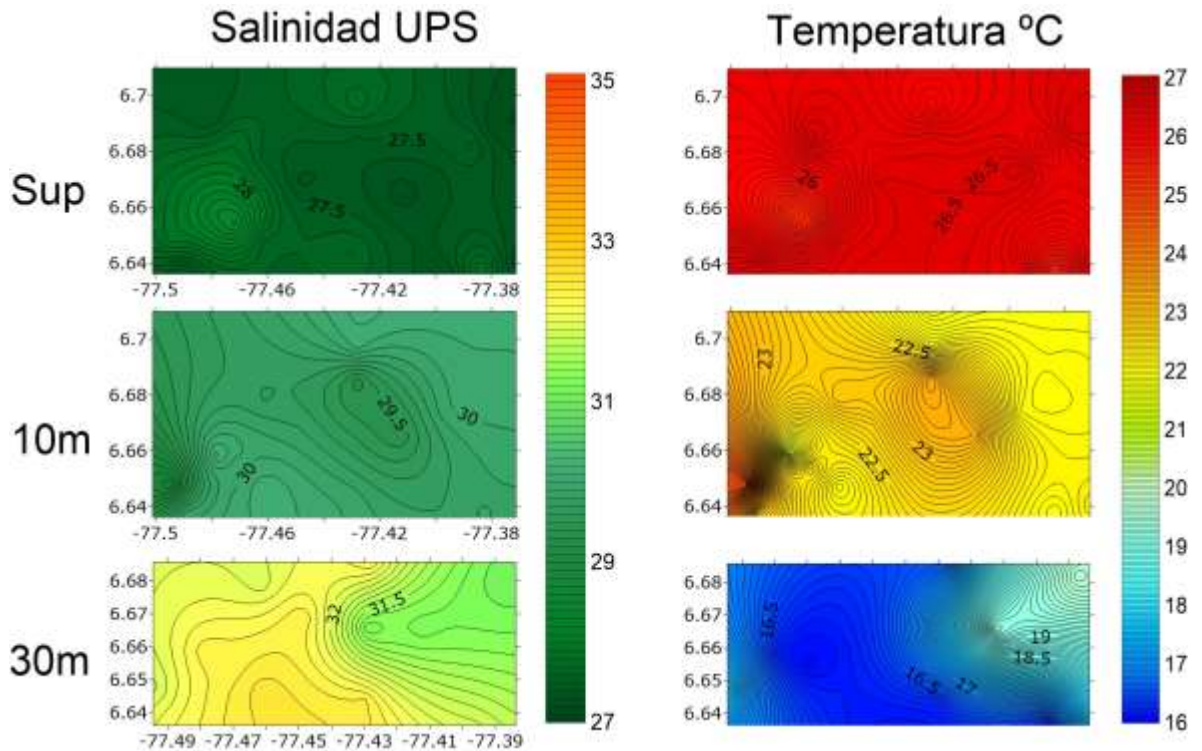


**Figura 5.** Distribución espacial de la abundancia zooplanctónica (ind/100m<sup>3</sup>) en Bahía Cupica durante febrero de 2013.



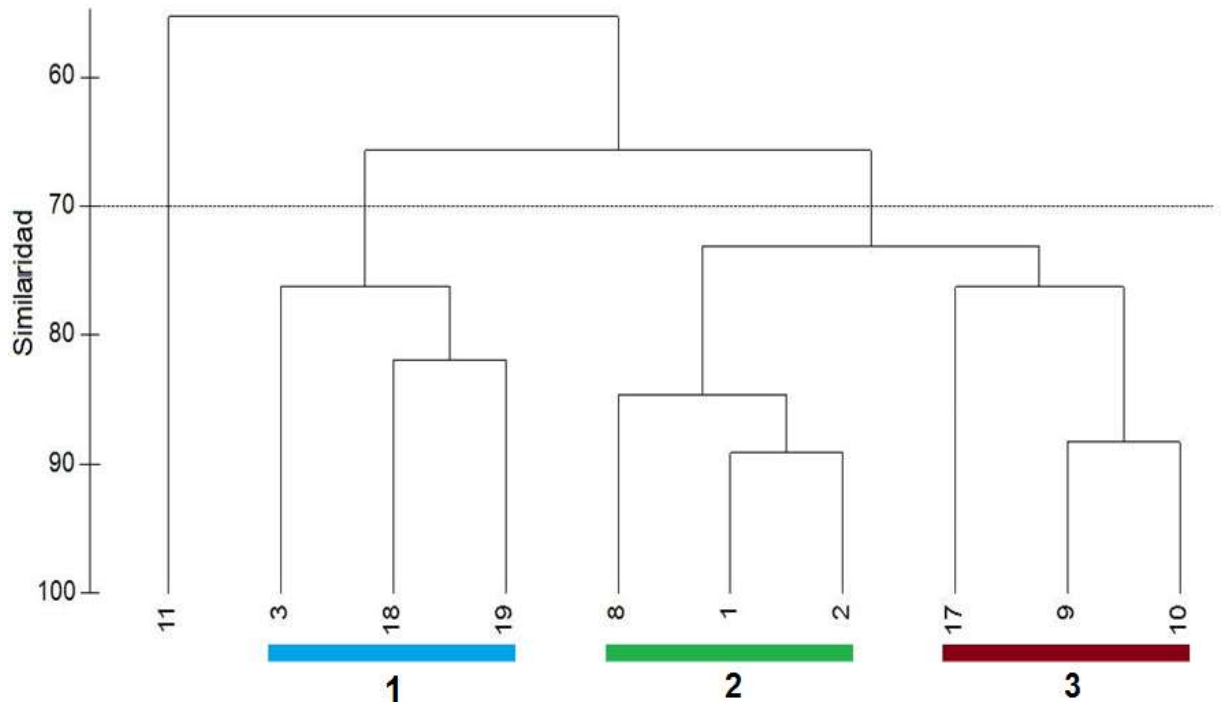
La salinidad superficial del mar (SSM) en Bahía Cupica durante Febrero de 2013 presentó valores entre 28,5 y 27,2 UPS, aumentando simultáneamente con la profundidad, al registrar valores entre 29,3 y 30,2 UPS a 10m y 31,2 y 32,3 UPS a 30m. La temperatura superficial del mar (TSM) durante este periodo de tiempo fue entre 25,4 y 26,5 °C, contrario a la salinidad, la temperatura disminuyó conforme aumento la profundidad, mostrando valores entre 21,5 y 23,4 °C a 10m y 16,1 y 17,7 °C a 30m (Figura 6). No se encontraron diferencias significativas para la salinidad (ANOVA  $F_{g,l,2} = 1,04$ ,  $p = 0,36$ ), y la temperatura (ANOVA  $F_{g,l,2} = 0,19$ ,  $p = 0,82$ ).

**Figura 6.** Variación espacial de la temperatura y salinidad a diferentes profundidades Superficial (Sup, 10m y 30m) en Bahía Cupica durante Febrero de 2013.



Se identificaron tres agrupaciones dentro de la Bahía (Figura 7), la agrupación 1 donde se encuentran las estaciones 3, 18 y 19 presentó una similitud de 79.31, la agrupación 2 se encuentran las estaciones 1, 2 y 8, con un valor de similitud de 87.38 y la agrupación 3 compuesta por las estaciones 9, 10 y 17, mostró un valor de similitud de 82.17, los grupos que más aportaron a la similitud de estas agrupaciones fueron los calanoideos, cyclopoideos, harpaticoideos, gasterópodos y quetognatos (Tabla 3).

**Figura 7.** Agrupamiento de las estaciones de Bahía Cupica en Febrero de 2013 según el agrupamiento por promedio ponderado simple (CLUSTER).



Se identificó una correlación positiva entre la abundancia de cada uno de los grupos zooplanctónicos y las variables abióticas superficial, 10m y 30m de salinidad y la temperatura; encontrándose que la salinidad a 30m de profundidad fue la variable abiótica que más afectó a la comunidad zooplanctónica en Bahía Cupica ( $\rho_s = 0,595$ ) (Tabla 4).

**Tabla 3.** Lista de grupos que más contribuyen a la similitud entre las estaciones de muestreo de Bahía Cupica durante Febrero de 2013. Similitud establecida a partir de Bray-Curtis, utilizando la rutina SIMPER para determinar la contribución específica.

Agrupación	Grupo	Contribución (%)	Acumulado (%)
1	Calanoideos	11,85	11,85
	Cyclopoideos	8,61	20,45
	Quetognatos	8,23	28,69
	Salpas y Doliólidos	8,16	36,85
2	Calanoideos	8,04	8,04
	Cyclopoideos	7,27	15,31
	Gasterópodos	6,11	21,42
	Brachiuros	5,93	27,35
3	Calanoideos	10,16	10,16
	Cyclopoideos	9,48	19,64
	Harpaticoideos	8,76	28,39
	Appendicularios	7,86	36,26

**Tabla 4.** Resultado del análisis de la relación entre la abundancia zooplanctónica y las salinidades y temperatura a diferentes profundidades en Bahía Cupica durante Febrero de 2013 a partir de BIOENV.  $\rho_s$ : coeficiente de correlación de Spearman, Temp: temperatura, sup: superficial, Sali: salinidad.

Variables	$\rho_s$
Sali 30m	0,595
Sali 30m - Temp sup	0,525
Sali 30m - Temp 30m	0,505
Sali 10m - Temp 30m	0,495
Temp 10m - Temp sup - Temp 30m	0,492

## 4. DISCUSIÓN

Durante febrero de 2013 el grupo zooplanctónico más abundante en la bahía de Cupica fueron los tunicados holoplanctónicos pelágicos representados en salpas y doliólidos, organismos eminentemente filtradores y consumidores básicamente de cocolitoforidos, radiolarios y foraminíferos entre otros (Giraldo y Gutiérrez, 2007). Estos organismos han sido reportados en aguas superficiales del Pacífico Colombiano en condiciones de salinidad alta y temperaturas bajas (Nakata y Hidaka, 2003, Martínez et al, 2007; Giraldo et al, 2014 y Sampson y Giraldo, 2014). Esto sugiere que en Bahía Cupica hubo influencia de aguas oceánicas procedentes de la Ensenada de Panamá la cual presenta su mayor intensidad entre enero y marzo (Rodríguez-Rubio et al, 2003), esto ligado al desarrollo de un giro ciclónico en la bahía durante febrero (Giraldo et al, 2012), junto con la advención, podría explicar la mayor abundancia de estos organismos en estaciones ubicadas en el centro de la bahía (Sampson y Giraldo, 2014).

Además las altas abundancia de los tunicados especialmente en las estaciones del centro de la bahía podrían estar afectando la distribución espacial de los copépodos desplazándolos hacia zonas costeras, esto podría deberse a una competencia por los recursos entre estos grupos (Madin, 1974, Madin y Kremer, 1995; Turner, 2004, Wiggert et al, 2005). Las salpas son organismos oportunistas capaces de crecer en

altas densidades, debido a su gran eficiencia en el sistema de filtración y mayor desplazamiento, permitiéndoles pastorear mediante un mecanismo de succión no selectivo que proporciona una mejor captura del fitoplancton disponible frente a otros pastoreadores como los copépodos hervivoros (Madin, 1974, Esnal, 1981, Madin y Kremer, 1995).

Los resultados de las abundancias de estos dos grupos son consistentes con lo encontrado por Mauna (1994) y Martínez et al (2007), donde también observaron una dominancia de salpas y doliólidos sobre los demás grupos zooplanctónicos, a principios del año, y copépodos mayormente en la segundo semestre del año como lo reportado por Murcia (2007) y Giraldo y Gutiérrez (2007), sugiriendo un importante cambio en la estructura de la comunidad zooplanctónica durante los ciclos anuales. En este trabajo se evidenció que al igual que en zonas oceánicas del Pacífico Colombiano, las zonas costeras podrían tener el mismo patrón en la estructura de la comunidad.

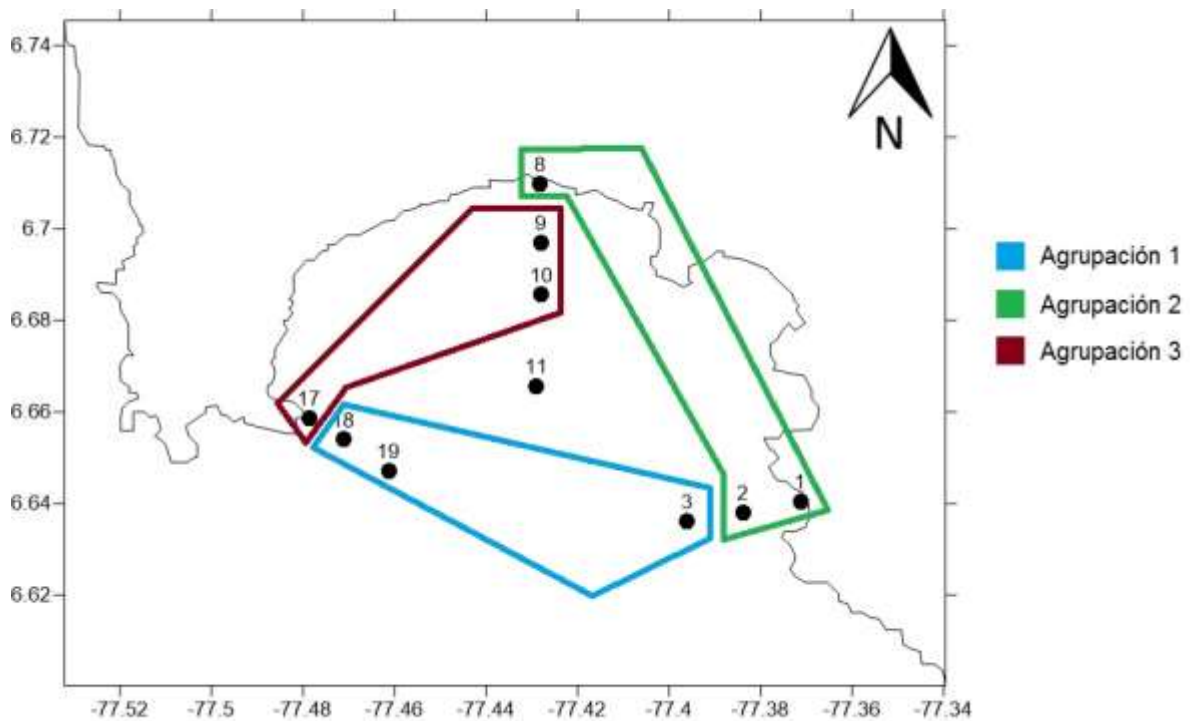
Las variables abióticas de salinidad y temperatura no presentaron diferencias significativas, indicando una homogeneidad en las condiciones dentro de la bahía, contrario a lo reportado por Martínez et al (2007) quien sugiere que en las zonas costeras se presenta una alta variabilidad, producto de la descarga de ríos y la pluviosidad. Posiblemente durante febrero 2013 las condiciones locales están

reguladas principalmente por las condiciones oceanográficas. Además el no haberse observado la termoclina en la bahía para este periodo de tiempo, puede ser indicativo de la influencia de los vientos alisios del norte en el área de estudio, los cuales se mueven en sentido contrario a las manecillas del reloj, reflejando un movimiento centrífugo y causando un descenso de la termoclina (Werlinger, 2004).

Los tres ensamblajes encontrados dentro de la bahía, presentaron grupos con características ecológicas diferenciales, lo que se ve soportado por el análisis de similitud, en donde la agrupación uno se caracterizó por tener un mayor aporte de grupos neríticos, como quetognatos, salpas y doliólidos (Boltovskoy, 1981 y Esnal, 1981, Madin y Kramer, 1995), el grupo dos, mostro un importante aporte de grupos costeros como gasterópodos y brachiuros, sugiriendo que esta zona podría estarse comportando como área de sala-cuna para invertebrados, además que la profundidad de estas estaciones podría estar favoreciendo el acoplamiento bento-pelagico de estos grupos (Cervellini, 2001; Barletta et al, 2003; Yousuf y Wasee, 2006; Valencia et al, 2014; Zapperi, 2015) y en la agrupación tres, los appendicularios caracterizados por filtrar nano y microzooplancton (0.2 a 20 micras) (King et al, 1980; Uye & Ichino, 1995; Lombard et al, 2009) pueden estar cumpliendo un importante aporte junto con los pequeños copépodos de este ensamblaje. La forma en que estas agrupaciones se presentaron en la bahía, pueden ser producto del giro ciclónico que se desarrolla en la zona de estudio durante febrero introduciendo aguas ricas en el área (Giraldo et al, 2012), lo cual es explotado

inicialmente por el grupo 1, seguido por el 2 que aprovecha el giro ciclónico para el asentamiento de los grupos meroplanctónicos y finalmente el grupo 3 que explota los recursos por la vía del bucle microbiano (Figura 8). Estos resultados se soportan además con la correlación positiva encontrada entre las abundancias de los grupos zooplanctónicos con la salinidad a 30 y temperatura superficial. Además esto es también concordante con lo reportado por Ayón y Correa, (2012), Giraldo et al (2014) y Rakhesh (2013) para zonas tropicales y sub-tropicales donde las abundancias de la comunidad zooplanctónica se ve correlacionadas positivamente con la salinidad.

**Figura 8.** Distribución espacial de las agrupaciones de las estaciones de Bahía Cupica en Febrero de 2013 según el agrupamiento por promedio ponderado simple (CLUSTER).



## **5. CONCLUSIÓN**

Bahia Cupica se comportó como una zona homogénea en sus condiciones de salinidad, temperatura y abundancias de la comunidad zooplanctónica durante febrero 2013. Se lograron diferenciar tres agrupaciones de la composición de los grupos zooplanctónicos, los cuales mostraron diferencias por sus características ecológicas. Se presume la presencia de un giro ciclónico al interior de la bahía debido a la forma en como las agrupaciones se presentaron durante este periodo, además de la evidencia del ingreso de aguas frías oceánicas, la orientación y geomorfología de la línea de costa.

## **6. COMPETENCIAS DESARROLLADAS POR EL PASANTE**

- ✓ Se reconocieron e identificaron algunos de los principales grupos de zooplancton marino presentes en el Pacífico colombiano.
  
- ✓ Se adquirió destreza en el manejo de las claves para la identificación de zooplancton marino.
  
- ✓ Se adquirió experiencia en la aplicación de los métodos y técnicas utilizadas para el análisis en laboratorio del componente zooplanctónico marino.
  
- ✓ Se integraron los conocimientos adquiridos en el análisis de datos para dar respuesta a una pregunta de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

AYÓN, Patricia; CORREA, Jonathan. Ictioplancton y volúmenes de zooplancton frente a la costa peruana, verano 2005.(BIC Olaya-BIC SNP2: 0502-04). 2012.

BATTEN, Sonia D.; WELCH, David W. Changes in oceanic zooplankton populations in the north-east Pacific associated with the possible climatic regime shift of 1998/1999. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2004, vol. 51, no 6, p. 863-873.

BEAUGRAND, Grégory, et al. Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science*, 2002, vol. 296, no 5573, p. 1692-1694.

BARLETTA, Mário, et al. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Marine Ecology Progress Series*, 2003, vol. 256, no 4, p. 217-228.

BOLTOVSKOY, Demetrio. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. En *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, 1981.

CERVELLINI, Patricia M. Variabilidad en la abundancia y retención de larvas de crustáceos decápodos en el estuario de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Investigaciones marinas*, 2001, vol. 29, no 2, p. 25-33.

CLARK, Darren R.; AAZEM, Khalid V.; HAYS, Graeme C. Zooplankton abundance and community structure over a 4000 km transect in the north-east Atlantic. *Journal of Plankton Research*, 2001, vol. 23, no 4, p. 365-372.

Esnaol, G.B. Chaetognatha. En: BOLTOVSKOY, Demetrio. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino,. Publicacion Especial del INIDEP, Mar del plata. 1981, p. 792-808.

FRANK, Kenneth T., et al. Trophic cascades in a formerly cod-dominated ecosystem. *Science*, 2005, vol. 308, no 5728, p. 1621-1623.

GIRALDO, Alan; GUTIÉRREZ, Erica. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones marinas*, 2007, vol. 35, no 1, p. 117-122.

GIRALDO, Alan, et al. Informe técnico, 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. Universidad del Valle, Cali. 2012

GIRALDO, Alan, et al. Fitoplancton y zooplancton en el área marina protegida de Isla Gorgona, Colombia, y su relación con variables oceanográficas en estaciones lluviosa y seca. *Revista de Biología Tropical*, 2014, vol. 62, no 1, p. 117-132.

GUTIERREZ, Carolina; FLOREZ, Gladys Reinoso; JOLI, Jordi Eras. Composición taxonómica y de ácidos grasos del zooplancton superficial de la bahía Málaga (Pacífico colombiano). *Tumbaga*, 2013, vol. 1, no 8, p. 75-96.

HULSEMANN, K.; GASCA, R.; SUÁREZ, E. Copepoda. *Introducción al estudio del zooplancton marino*, 1996, p. 250-294.

KESSLER, William S. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 2006, vol. 69, no 2, p. 181-217.

KING, K. R.; HOLLIBAUGH, J. T.; AZAM, F. Predator-prey interactions between the larvacean *Oikopleura dioica* and bacterioplankton in enclosed water columns. *Marine Biology*, 1980, vol. 56, no 1, p. 49-57.

LENZ, J. Produktions biologische untersuchungsmethoden (plankton). *Methoden der Meeresbiologischen Forschung*, 1968, p. 256-270.

LOMBARD, Fabien, et al. Appendicularian ecophysiology i: Food concentration dependent clearance rate, assimilation efficiency, growth and reproduction of *Oikopleura dioica*. *Journal of Marine Systems*, 2009, vol. 78, no 4, p. 606-616.

LÓPEZ, R., et al. Mesozooplancton superficial del Océano Pacífico Colombiano durante los cruceros de 2001, 2002 y 2003 de la serie ERFEN (Estudio Regional del Fenómeno El Niño). *Inf. Final Proyecto CIAS-2003-003. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada", Bogotá, DC, 2005.*

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LE CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 1958, vol. 11, no 2, p. 143-170.

MADIN, L. P. Field observations on the feeding behavior of salps (Tunicata: Thaliacea). *Marine Biology*, 1974, vol. 25, no 2, p. 143-147.

MADIN, L. P.; KREMER, P. Determination of the filter-feeding rates of salps (Tunicata, Thaliacea). *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 1995, vol. 52, no 3-4, p. 583-595.

MANN, Kenneth; LAZIER, John. *Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans*. John Wiley & Sons, 2013.

MAUNA, J. E. Distribución de tunicados planctónicos y quetognatos en el Pacífico colombiano: relación con el fenómeno El Niño 1991-1992. *Distribución de tunicados planctónicos y quetognatos en el Pacífico colombiano: relación con el fenómeno El Niño 1991-1992*, 1994.

MÁRQUEZ-ROJAS, Brightdoom J., et al. Estructura comunitaria del zooplancton en dos localidades del golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 2011, vol. 50, no 2.

MARTÍNEZ, T.; GIRALDO, A.; RODRÍGUEZ-RUBIO, E. Zooplancton en la Corriente Colombia, Pacífico colombiano durante marzo de 2006. *Bol. Cient. CCCP*, 2007, vol. 14, p. 69-82.

RIAÑO, Magnolia Murcia, et al. Condiciones oceanográficas y composición del mesozooplancton en la zona oceánica del Pacífico Colombiano, durante Septiembre-Octubre 2004. *Boletín Científico CCCP*, 2007, no 14, p. 83-94.

NAKATA, Kaoru; HIDAKA, Kiyotaka. Decadal-scale variability in the Kuroshio marine ecosystem in winter. *Fisheries Oceanography*, 2003, vol. 12, no 4-5, p. 234-244.

POSTEL, L.; FOCK, H.; HAGEN, W. 4 Biomass and abundance... En: Harris R.P., Wiebe P.H., Lenz J., Skjoldal H.R. & Huntley M. (eds). *ICES zooplankton methodology manual*, 2000, p. 83-174.

RAKHESH, M., et al. Small copepods structuring mesozooplankton community dynamics in a tropical estuary-coastal system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2013, vol. 126, p. 7-22.

RODRÍGUEZ-RUBIO, Efraín; SCHNEIDER, Wolfgang; ABARCA DEL RÍO, Rodrigo. On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 2003, vol. 30, no 7.

JI, Rubao, et al. Marine plankton phenology and life history in a changing climate: current research and future directions. *Journal of plankton research*, 2010, p. fbq062.

SAMPSON, Laura; GIRALDO, Alan. Annual abundance of salps and doliolids (Tunicata) around Gorgona Island (Colombian Pacific), and their importance as potential food for green sea turtles. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 2014, vol. 62, p. 149-159.

D TODD, C.; STUART LAVERACK, Michael. Coastal marine zooplankton, by cd todd (pbk). 1991.

TURNER, Jefferson T. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zool. Stud*, 2004, vol. 43, no 2, p. 255-266.

UYE, Shin-ichi; ICHINO, Seiko. Seasonal variations in abundance, size composition, biomass and production rate of *Oikopleura dioica* (Fol)(Tunicata: Appendicularia) in a temperate eutrophic inlet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1995, vol. 189, no 1, p. 1-11.

VALENCIA, Bellineth; GIRALDO, Alan. Hipéridos (Crustacea: Amphipoda) en el sector norte del Pacífico oriental tropical colombiano. *Latin american journal of aquatic research*, 2009, vol. 37, no 2, p. 265-273.

VALENCIA, Bellineth, et al. Temporal and spatial variation of hyperiid amphipod assemblages in response to hydrographic processes in the Panama Bight, eastern tropical Pacific. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2013, vol. 73, p. 46-61.

VALENCIA, Bellineth; HERRERA, Leonardo; GIRALDO, Alan. Estructura de la comunidad y distribución vertical de la macrofauna de fondos blandos en isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 2014, vol. 62, no 1, p. 169-188.

VAN GUELPEL, Louis; MARKLE, Douglas F.; DUGGAN, Diane J. An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsampling techniques. *Journal du Conseil*, 1982, vol. 40, no 3, p. 226-236.

WIGGERT, J. D., et al. The role of feeding behavior in sustaining copepod populations in the tropical ocean. *Journal of plankton research*, 2005, vol. 27, no 10, p. 1013-1031.

YOUSUF, Farzana; WASEE, Kiran. Diversity, distribution and abundance of zooplanktonic larvae in Pakistani waters. *Pak. J. Biol. Sci*, 2006, vol. 9, no 4, p. 610-615.

ZAPPERI, Georgina. Estructura y funciones ecológicas de las comunidades bentónicas en planicies de marea de la zona interna del estuario de Bahía Blanca. 2015.