

COPÉPODOS EPIPELÁGICOS EN BAHÍA CUPICA, PACÍFICO COLOMBIANO:
TAXONOMÍA, DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN TEMPORAL

MAURICIO JEREZ GUERRERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA

2015

COPÉPODOS EPIPELÁGICOS EN BAHÍA CUPICA, PACÍFICO COLOMBIANO:
TAXONOMÍA, DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN TEMPORAL

MAURICIO JEREZ GUERRERO

Trabajo de Grado para optar por el título de
Biólogo

Directora

MARÍA ISABEL CRIALES HERNÁNDEZ

Bióloga Marina

Codirector

ALAN GIRALDO LÓPEZ

Biólogo – Énfasis Biología Marina

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mis padres, familia y amigos, por su ayuda incondicional y apoyo constante.

A los profesores María Isabel Criales Hernández y Alan Giraldo López por darme la oportunidad de conocer el campo del zooplancton marino, por las enseñanzas tanto académicas como para la vida.

Al equipo de trabajo del Laboratorio de Hidrobiología por darme su ayuda cuando más la necesite.

A las biólogas Patricia Ayón y Katia Arones del Instituto del Mar del Perú, y al biólogo Julián Uribe de Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) por la ayuda en la identificación y confirmación de algunos organismos.

A la Universidad Industrial de Santander y la Universidad del Valle por brindarme las herramientas y hacer posible la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS.....	13
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
2.1 MUESTREO	14
2.2 ANÁLISIS DE DATOS.....	15
3. RESULTADOS.....	17
4. DISCUSIÓN.....	27
5. CONCLUSIÓN.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31

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 cuadro negro indica la ubicación de Bahía Cupica en Colombia.	15
Figura 2. Comparación de la temperatura, salinidad y pH entre los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013 en Bahía Cupica.	18
Figura 3. Variación espacial de la temperatura y salinidad a 30 m, entre diciembre 2012 y febrero 2013.	19
Figura 4. Distribución espacial de la abundancia total (Ind. 100 m ⁻³) de los copépodos en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013.	21
Figura 5. Análisis de agrupamiento de la comunidad de copépodos encontrados en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013. La línea punteada representa la significancia de los agrupamientos (SIMPROF, P < 0,05), la letra identifica el periodo (D: diciembre 2012, F: febrero 2013) y el número la estación de muestreo.	23

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Rango de dispersión de los parámetros abióticos y bióticos evaluados en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013, DE: desviación estándar, P: resultado de comparación entre periodos usando la prueba de Mann-Whitney, TSM: temperatura superficial del mar (°C), T: temperatura (°C), SSM: salinidad superficial del mar, S: salinidad.	17
Tabla 2. Lista de especies de copépodos encontrados en Bahía Cupica, océano Pacífico colombiano, durante diciembre 2012 y febrero 2013. *Especies únicas durante diciembre de 2012, **Especies únicas durante febrero de 2013.	20
Tabla 3. Hábito trófico (HT) y abundancia (Ind. 100 m ⁻³) de las especies evaluadas en diciembre 2012 y febrero 2013 para determinar la estructura trófica de Bahía Cupica. O: omnívoro, H: herbívoro, C: carnívoro.	22
Tabla 4. Principales especies de mayor contribución al porcentaje de similitud (Sim) de los agrupamientos generados entre estaciones durante diciembre 2012 y febrero 2013.	24
Tabla 5. Especies de copépodos discriminantes que más aportaron a la disimilitud (Dis) entre los agrupamientos generados entre estaciones durante diciembre 2012 y febrero 2013, disimilitud entre periodos: 47,61%.	25
Tabla 6. Resultados del análisis de relación entre la comunidad de copépodos con las condiciones oceanográficas de Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013, a partir de la rutina Bio-Env. Se presentan los mejores 5 resultados, ps: coeficiente de correlación de Spearman entre matrices de similitud, TSM: temperatura superficial del mar, T: temperatura, SSM: salinidad superficial del mar, S: salinidad.	26

RESUMEN

TÍTULO: COPÉPODOS EPIPELÁGICOS EN BAHÍA CUPICA, PACÍFICO COLOMBIANO: TAXONOMÍA Y VARIACIÓN TEMPORAL*

AUTOR: MAURICIO JEREZ GUERRERO**

PALABRAS CLAVE: Copépodos, estructura comunitaria, estructura trófica, Pacífico colombiano.

DESCRIPCIÓN

Los cambios en la composición y abundancia de las especies de copépodos a escala espacial y temporal, ayuda a comprender el comportamiento de los ecosistemas que habitan y como la dinámica oceanográfica afecta esta variación. En este estudio se estableció la distribución espacial y temporal de la estructura comunitaria de las especies de copépodos epipelágicos de Bahía Cupica, Pacífico colombiano, durante diciembre 2012 y febrero 2013. Los resultados mostraron que durante los 2 periodos, Bahía Cupica presentó diferencias significativas en los parámetros oceanográficos evaluados. Se encontraron en total 53 especies de copépodos, la abundancia total fue un orden de magnitud mayor en febrero 2013 que en diciembre 2012 y se registró una mayor diversidad en el ensamblaje de copépodos durante febrero 2013. Durante los 2 periodos los copépodos de talla pequeña fueron dominantes representando hasta el 70% de la abundancia total, conformada en su mayoría por especies con hábito trófico omnívoro. Los ensamblajes de la comunidad estuvieron organizados en 6 agrupaciones significativas, de las cuales 4 corresponden a las estaciones de diciembre 2012, y 2 a febrero 2013. Durante ambos periodos la estructura comunitaria de los copépodos en Bahía Cupica estuvo modulada principalmente por la salinidad, donde se encontró una población residente dominada por copépodos de talla pequeña, los cuales están contribuyendo de manera significativa a la transferencia de energía por la vía del bucle microbiano.

*Trabajo de Grado.

**Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Directora: María Isabel Criales Hernández, Bióloga Marina. Codirector: Alan Giraldo López, Biólogo - Énfasis Biología Marina.

ABSTRACT

TITLE: EPIPELAGIC COPEPODS IN BAHÍA CUPICA, COLOMBIAN PACIFIC: TAXONOMY, DISTRIBUTION AND TEMPORAL VARIATION*

AUTHOR: MAURICIO JEREZ GUERRERO**

KEYWORDS: Copepods, community structure, trophic structure, Colombian Pacific

DESCRIPTION

Composition and abundance changes of copepod species in spatial and temporal scale, helps to understand the behavior of the ecosystems they inhabit and how the oceanographic dynamic affects this variation. In this study the spatial and temporal distribution of the community structure of the epipelagic copepods species of Bahía Cupica, Colombian Pacific, was established during December 2012 and February 2013. The results showed that during the 2 periods, Bahía Cupica presented significant differences on the oceanographic parameters evaluated. In total 53 species of copepods were found, the total abundance in February 2013 was an order of magnitude higher than in December 2012 and greater diversity in the copepod assemblage was registered in February 2013. During the 2 periods copepods of small size were dominant representing up to 70% of the total abundance, composed mostly by species with omnivore trophic habit. Community assemblies were organized in 6 significant groups, 4 correspond to the sampling stations of December 2012, and 2 to February 2013. During both periods the community structure of copepods in Bahía Cupica was modulated mainly by salinity, where a resident population dominated by small-sized copepods was found, which are contributing significantly to energy transfer via microbial loop.

*Bachelor Thesis.

**Science faculty, Department of Biology. Director: María Isabel Criales Hernández, Marine Biologist. Co-director: Alan Giraldo López, Biologist - Marine Biologist Émphasis.

INTRODUCCIÓN

El océano Pacífico colombiano presenta una amplia variación espacio-temporal en sus condiciones oceanográficas, debido a la interacción de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el proceso de surgencia de la Ensenada de Panamá y el efecto de fenómenos a gran escala como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (CCCP 2002, Tejada *et al.* 2003, Villegas & Málikov 2006, Martínez *et al.* 2007, Giraldo *et al.* 2012). Además de estos elementos, en la zona nerítica costera la variabilidad espacial y temporal puede llegar a ser aún mayor como consecuencia del efecto de la Corriente de Colombia, la geomorfología de la línea de costa, el régimen regional de precipitación y el arribo de numerosas fuentes de agua continental, condición que define un gradiente salino zonal definido (Forsbergh, 1969, Walsh 1988, Rodríguez-Rubio *et al.* 2003, Amador *et al.* 2006, López 2012, Valencia *et al.* 2013, López & Mojica 2015). Considerando esta intensa dinámica oceanográfica costera, es de esperar que haya un efecto sobre las tendencias de variación espacial y temporal de los organismos planctónicos como los copépodos, ya que el transporte advectivo por las corrientes marinas jugaría un papel importante en los patrones de distribución de estos organismos (Ayón *et al.* 2008, Giraldo *et al.* 2009, Hwang *et al.* 2010, López 2012).

De acuerdo con numerosos autores, los copépodos representan una interesante manera de evaluar la producción secundaria de una localidad, ya que sobrepasan en número a otros grupos planctónicos y además permiten explicar la estabilidad de los sistemas tróficos, y la estructura y el funcionamiento de los mismos (Cushing 1953, Escribano & Castro 2004, Wiggert *et al.* 2005, Schnack-Schiel *et al.* 2010, Jaimes & López 2014, Zaid *et al.* 2014). Estos organismos son una subclase de crustáceos conformada por más de 2.500 especies de vida libre y generalmente comprende más del 70% de la abundancia y biomasa mesozooplanctónica (Palomares-García *et al.* 1998, Bradford-Grieve *et al.* 1999, Miyashita *et al.* 2009, Jaimes & López 2014, Dias *et al.* 2015, López & Mojica 2015, Razouls *et al.* 2005-2015). Además, conforman el mayor componente de la producción secundaria, cumpliendo un papel intermedio en los procesos de transferencia de energía en las redes tróficas marinas (Dias *et al.* 2014, Jaimes & Lopez 2014, Burd & Thomson 2015, Giraldo *et al.* 2014, Lopez & Mojica 2015).

En el Pacífico Colombiano los estudios sobre la comunidad de copépodos están enfocados en su mayoría a estudios generales del zooplancton (Noriega 1992, Patiño 1993, Giraldo *et al.* 2005, López *et al.* 2005, Murcia-Riaño 2006, Giraldo &

Gutiérrez 2007, Martínez *et al.* 2007, Murcia & Giraldo 2007, López & Medellín 2010, López 2012), y algunos tratan su dinámica ecológica (Jaimes & López 2009, 2014; López 2012, Giraldo *et al.* 2014, López & Mojica 2015). El único trabajo científico disponible que incluye información taxonómica a nivel de especie en el Pacífico colombiano es el de Monsalve (1976), siendo este tipo de información aún más escasa para las zonas costeras, ya que hasta el momento no se encuentra registro alguno sobre esta temática en la literatura científica publicada.

Bahía Cupica 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, que la posicionan como una de las reservas ícticas de gran importancia económica y de biodiversidad para el Pacífico Oriental Tropical (POT) (Giraldo *et al.* 2012). En esta región costera del Pacífico Colombiano, las condiciones térmicas y salinas son moduladas estacionalmente por la influencia del proceso de surgencia que se desarrolla en la Ensenada de Panamá entre febrero y marzo de cada año, lo que genera condiciones contrastantes (Rodríguez-Rubio *et al.* 2003, Valencia *et al.* 2013, Lopez & Mojica 2015).

Teniendo en cuenta que la composición taxonómica y la distribución espacial de las especies que conforman los ensamblajes en el ambiente marino dependen en gran medida de las condiciones ambientales del lugar que habitan (Hays *et al.* 2005, Moller *et al.* 2015), se espera que durante el periodo de mayor influencia de la surgencia de Panamá (primer trimestre del año) la estructura y composición del ensamblaje de copépodos epipelágicos de Bahía Cupica este conformado por una mayor abundancia de especies oceánicas, y además se desarrolle un gradiente de abundancia de especies de copépodos costeros hacia mar afuera. También se esperaría registrar una mayor abundancia de especies predominantemente herbívoras, debido al potencial incremento de la disponibilidad de fitoplancton en la bahía como consecuencia del ingreso de aguas ricas en nutrientes al sistema provenientes de la zona de surgencia. Por lo tanto, se podrá identificar para esta localidad una variación temporal significativa en la estructura y composición del ensamblaje de copépodos.

1. OBJETIVOS

General

Describir la distribución espacial de las especies de Copepoda superficiales, en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano, considerando la dinámica oceanográfica local durante dos periodos estacionales contrastantes.

Específicos

1. Identificar la composición taxonómica de las especies de Copepoda presentes en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano.
2. Describir los atributos ecológicos del ensamblaje de copépodos presente en la bahía de Cupica considerando la dinámica oceanográfica local durante dos periodos estacionales contrastantes.
3. Establecer la distribución espacial y temporal de las especies de Copepoda en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano, considerando la dinámica oceanográfica local durante dos periodos estacionales contrastantes.
4. Evaluar el grado de relación entre la temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, clorofila-a y transparencia de la columna de agua, de la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano, con la distribución espacial y temporal de las especies de Copepoda considerando la dinámica oceanográfica local durante dos periodos estacionales contrastantes.
5. Describir la estructura trófica del ensamblaje de copépodos presentes en la bahía de Cupica, Pacífico Colombiano, considerando la dinámica oceanográfica local durante dos periodos estacionales contrastantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestreo

Bahía Cupica (6°40'9.77"N; 77°27'22.28"W) se encuentra en la zona norte del Pacífico colombiano, en el Departamento del Chocó. Se caracteriza por presentar un sistema de línea de costa alineado en sentido oriente-occidente, lo que modula el ingreso de masas de agua a la bahía (Giraldo *et al.* 20121). La región presenta altas tasas de precipitación y aportes continuos de agua dulce por escorrentía, las cuales afectan la estructura termo-halina de la columna de agua y los patrones de circulación superficial, además del efecto del patrón local de vientos y el flujo de mareas, la cual puede llegar a tener un rango de 4 m (CCCP 2002, Tejada *et al.* 2003).

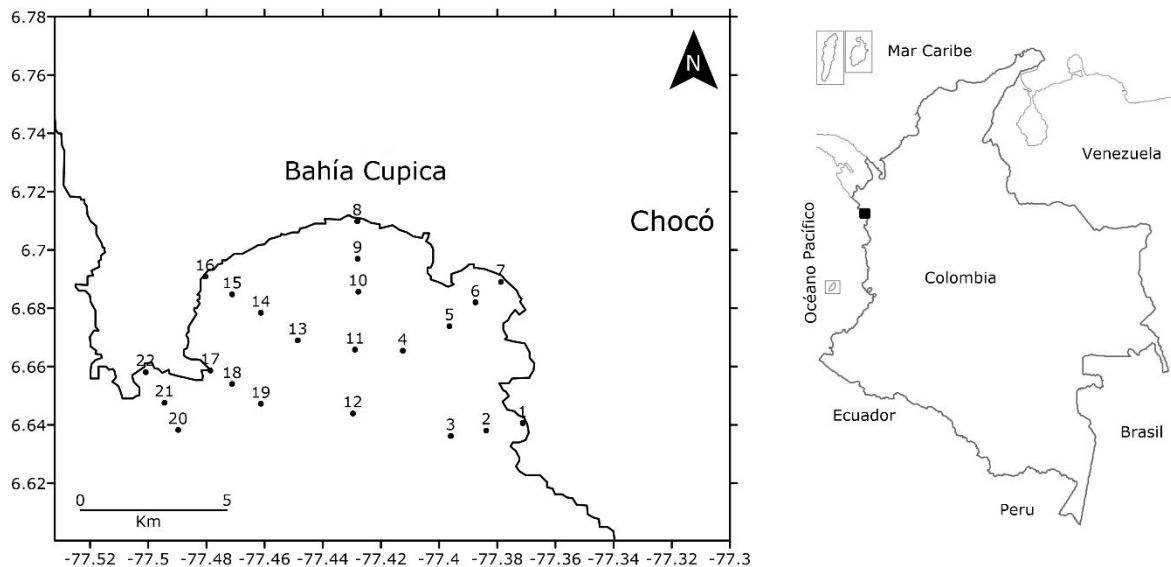
Para el desarrollo de esta investigación se procesaron y analizaron 44 muestras de zooplancton recolectadas en 2 campañas de muestreo realizadas en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013.

Durante cada periodo de muestreo se realizó la captura de zooplancton realizando arrastres oblicuos con una red bongo de 30 cm de diámetro y 250 μ m de ojo de malla, equipada con un flujómetro digital General Oceanics, siguiendo una malla de muestreo conformada por 22 estaciones dispuestas a lo largo de 6 trayectos lineales perpendiculares a la línea de costa (Fig. 1). Las muestras recolectadas fueron preservadas en una solución de formalina buferizada al 4% para su posterior análisis. Los muestreos se realizaron durante el día por lo que no se consideró la variación circadiana para el desarrollo del presente estudio. Se complementó la pesca de zooplancton en cada estación con el registro vertical continuo de temperatura y salinidad usando un CTD SeaBird 19, y se estimó el pH a profundidades de 1, 10 y 30 m utilizando un pHmetro YSI 10 previamente calibrado a partir de muestras discretas obtenidas con una botella Niskin (5 L).

En el laboratorio, las muestras de zooplancton fueron fraccionadas usando la técnica de submuestreo de los Beakers del Laboratorio Marino de Hustman (Van Guelpen *et al.* 1982). Cada submuestra se observó bajo un estéreo microscopio donde se identificaron las especies de copépodos, siguiendo las claves taxonómicas de Boltovskoy (1981, 1999), Palomares-García *et al.* (1998) y Razouls

et al. (2005-2015), acogiendo la nomenclatura taxonómica propuesta por Walter & Boxshall (2015). Adicionalmente se tomaron medidas y fotografías para confirmar algunas especies. Una vez fueron identificados y cuantificados los copépodos, sus abundancias fueron estandarizadas a ind. 100 m⁻³ basados en las lecturas del flujómetro.

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



2.2 Análisis de datos

Se realizaron gráficos georeferenciados para describir la distribución espacio-temporal de las abundancias de los copépodos en Bahía Cupica y se realizaron gráficos de interpolación utilizando la rutina de geoestadística “Krigging” del software Surfer v.10 (Golden Software Inc. 2012) para describir la variación espacial de la temperatura, salinidad y pH en la zona de estudio durante los periodos de muestreo.

Se cuantificó la diversidad ecológica utilizando los índices de riqueza de Margalef (d) (Margalef 1968), diversidad de Shannon-Wiener (H') (Shannon & Wiener 1949), dominancia de Simpson (λ) (Simpson 1949) y equitabilidad de Pielou (J) (Pielou

1969), estimados a partir de la matriz de abundancia estandarizada utilizando el programa PRIMER v.75. Se compararon las condiciones oceanográficas (temperatura, salinidad y pH), y los descriptores biológicos (abundancia, d , H' , λ , J) entre los dos periodos utilizando una prueba de comparación no paramétrica de Mann-Whitney.

Se construyó una matriz de similitud a partir de los datos de abundancia de las especies encontradas utilizando el algoritmo de Bray-Curtis y se realizó un análisis de agrupamiento por promedio ponderado simple para evaluar la estructura del ensamblaje de copépodos en la zona de estudio. Se utilizó la rutina SIMPROF para establecer la significancia de los agrupamientos obtenidos y se establecieron las especies que aportan en un 90% a la similitud de las agrupaciones generadas mediante un análisis de porcentajes de similitud SIMPER (Clarke & Warwick 2001). Adicionalmente se evaluó el grado de relación entre la estructura del ensamblaje de copépodos y las condiciones ambientales de Bahía Cupica mediante un análisis de correlación matricial utilizando la rutina Bio-Env. Estos análisis se llevaron a cabo usando el software estadístico PRIMER v.75.

Finalmente, se describió la estructura trófica de la comunidad de copépodos durante los 2 periodos, catalogando los hábitos tróficos de las 10 especies más representativas de cada periodo, a partir de la información disponible en la literatura científica (Timonin 1971, Hayward 1980, Turner 1984, 2004, Conley & Turner 1985).

3. RESULTADOS

Las condiciones oceanográficas en Bahía Cupica fueron significativamente diferentes entre los 2 periodos de estudio (Tabla 1). En términos generales durante diciembre 2012 la temperatura superficial (1 m) fue significativamente menor, la salinidad fue altamente variable y el pH fue significativamente menor que durante febrero 2013 (Tabla 1, Fig. 2). Mientras que a 30 m de profundidad la temperatura y salinidad durante febrero 2013 fue significativamente menor que durante diciembre 2012, sin registrarse diferencias significativas de pH entre periodos (Tabla 1; Figs. 2 y 3).

Tabla 1. Rango de dispersión de los parámetros abióticos y bióticos evaluados en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013, DE: desviación estándar, P: resultado de comparación entre periodos usando la prueba de Mann-Whitney, TSM: temperatura superficial del mar (°C), T: temperatura (°C), SSM: salinidad superficial del mar, S: salinidad.

Parámetro	Diciembre de 2012			Febrero de 2013			P
	Mínimo	Máximo	DE	Mínimo	Máximo	DE	
TSM	24,2	25,7	0,36	25,4	26,7	0,36	< 0,01
T _{10m}	23,9	24,4	0,15	21,5	25	0,86	< 0,01
T _{30m}	22,4	23,8	0,47	16,1	19,8	1,19	< 0,01
SSM	27,2	34,4	0,19	27,2	28,5	0,35	< 0,01
S _{10m}	30,7	34,7	0,93	28,6	30,2	0,42	< 0,01
S _{30m}	33,5	34,6	0,39	31,1	32,5	0,48	< 0,01
pH superficial	7,5	7,7	0,07	7,8	8	0,07	< 0,01
pH _{10m}	7,5	7,7	0,07	7,4	8	0,14	< 0,01
pH _{30m}	7,4	7,7	0,08	7,2	7,9	0,22	0,13
Riqueza (<i>d</i>)	2,5	6,2	0,82	2,9	6,6	0,86	< 0,01
Diversidad (<i>H'</i>)	2,4	3,3	0,21	2,5	3,5	0,22	< 0,01
Equitabilidad (<i>J'</i>)	0,97	0,99	< 0,01	0,98	0,99	< 0,01	< 0,01
Dominancia (<i>λ</i>)	0,92	0,97	0,01	0,93	0,97	< 0,01	< 0,01

Figura 2. Comparación de la temperatura, salinidad y pH entre los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013 en Bahía Cupica.

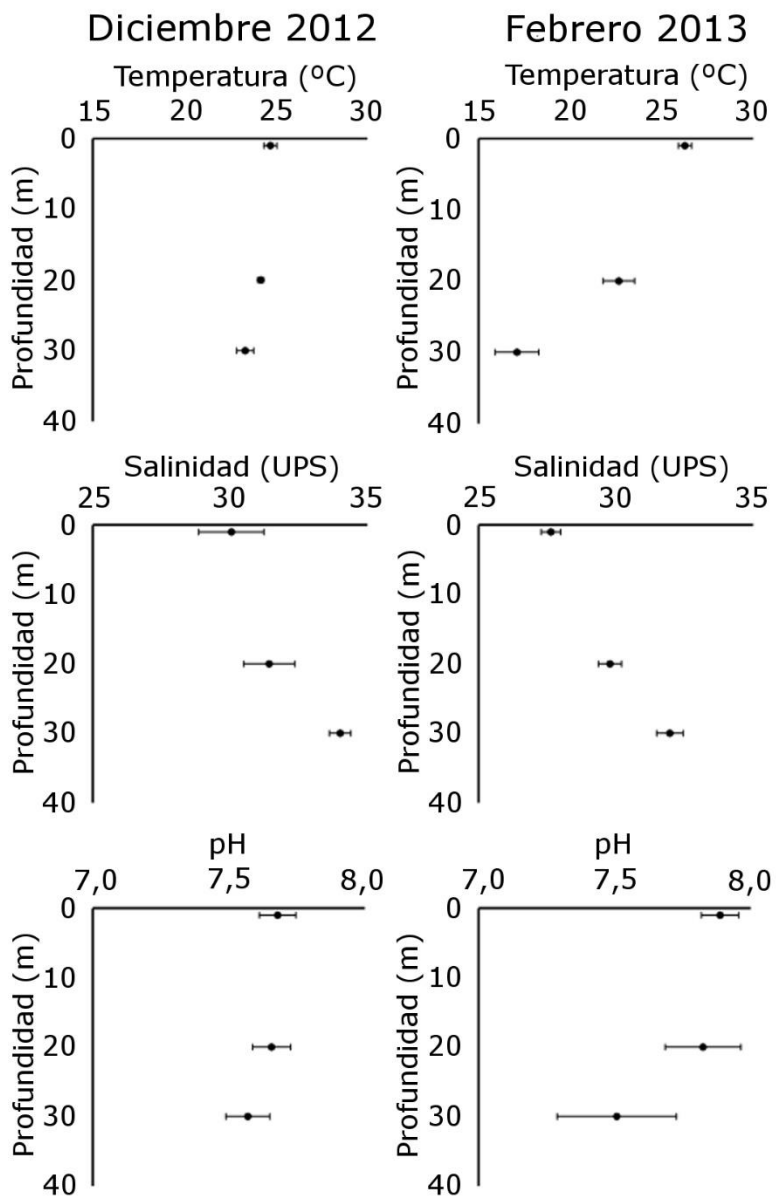
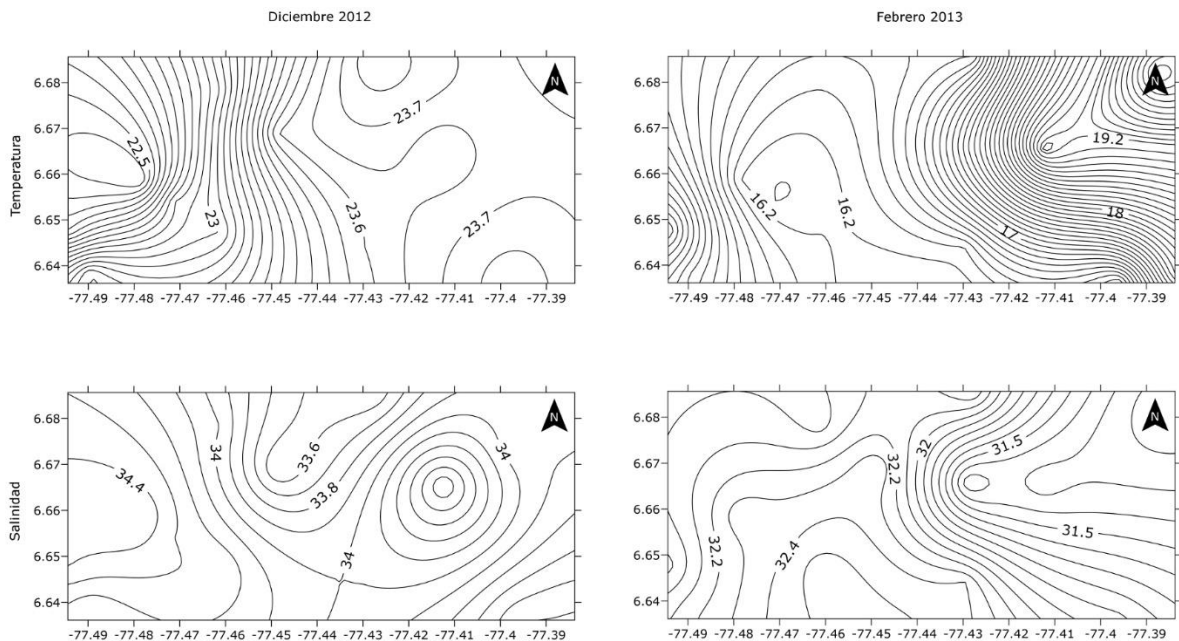


Figura 3. Variación espacial de la temperatura y salinidad a 30 m, entre diciembre 2012 y febrero 2013.



Se identificaron un total de 53 especies de copépodos en los 2 periodos estudiados de los cuales 42 fueron registrados en diciembre 2012 y 51 en febrero 2013, de esta lista de especies sólo 2 fueron únicas para diciembre y 11 fueron únicas para febrero (Tabla 2). La abundancia total de copépodos fue un orden de magnitud mayor en febrero 2013 que en diciembre 2012 (Feb= 28.604 ind. 100 m⁻³, Dic= 2.612 ind. 100 m⁻³; Fig. 4), registrándose una mayor diversidad en el ensamblaje de copépodos durante febrero 2013 (Tabla 1). *Ditrychocorycaeus andrewsi* (1.386 ind. 100 m⁻³) fue la especie dominante durante diciembre 2012 con un 53% de la abundancia total, mientras que durante febrero 2013 *Centropages furcatus* (7.782 ind. 100 m⁻³), *Nannocalanus minor* (5.576 ind. 100 m⁻³) y *D. andrewsi* (5.306 ind. 100 m⁻³) fueron las especies dominantes representando el 65% de la abundancia total.

Durante ambos periodos de estudio los copépodos de talla pequeña pertenecientes a los órdenes Calanoida, Cyclopoida, Poecilostomatoida y Harpacticoida (e.g., *D. andrewsi*, *Euterpina acutifrons*, *Acrocalanus monachus*) representaron el mayor porcentaje de la abundancia total con un 70% durante diciembre de 2012 y 54% durante febrero 2013. La estructura trófica del ensamblaje de copépodos en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013 estuvo dominada por especies omnívoras, que representaron el 85 y 84% respectivamente de la abundancia total de las especies evaluadas, seguido por especies herbívoras con un 15 y 13%,

finalmente no se encontraron representantes carnívoros durante diciembre 2012, mientras que para febrero 2013 este gremio trófico representó el 4% de la abundancia total de las especies evaluadas (Tabla 3).

Tabla 2. Lista de especies de copépodos encontrados en Bahía Cupica, océano Pacífico colombiano, durante diciembre 2012 y febrero 2013. *Especies únicas durante diciembre de 2012, **Especies únicas durante febrero de 2013.

CALANOIDA	CYCLOPOIDA
Acartiidae	Oithonidae
<i>Acartia (Odontocartia) lilljeborgi</i>	<i>Dioithona oculata</i>
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i>	<i>Oithona atlantica</i>
Aetideidae	<i>Oithona sp.</i>
<i>Aeitideus armatus**</i>	
<i>Euchirella amoena</i>	HARPACTICOIDA
Calanidae	Euterpinidae
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	<i>Euterpina acutifrons</i>
<i>Nannocalanus minor</i>	Miraciidae
<i>Neocalanus gracilis</i>	<i>Macrosetella gracilis</i>
<i>Undinula vulgaris</i>	Peltidiidae
Candaciidae	<i>Clytemnestra scutellata</i>
<i>Candacia catula</i>	
<i>Candacia truncata</i>	POECILOSTOMATOIDA
Centropagidae	Clausidiidae
<i>Centropages furcatus</i>	<i>Saphirella tropica*</i>
Eucalanidae	Corycaeidae
<i>Pareucalanus langae</i>	<i>Agetus limbatus**</i>
<i>Pareucalanus sewelli</i>	<i>Corycaeus speciosus</i>
Euchaetidae	<i>Ditrichocorycaeus affinis</i>
<i>Euchaeta marina</i>	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i>
Lucicutiidae	<i>Onychocorycaeus catus</i>
<i>Lucicutia flavicornis**</i>	Oncaeidae
Paracalanidae	<i>Oncaea media</i>
<i>Acrocalanus monachus**</i>	<i>Oncaea venusta</i>
<i>Calocalanus pavo</i>	<i>Triconia conífera**</i>
<i>Paracalanus aculeatus**</i>	Sapphirinidae
<i>Paracalanus parvus</i>	<i>Copilia mirabilis</i>
Phaennidae	<i>Sapphirina darwinii</i>
<i>Phaenna spinifera</i>	<i>Sapphirina opalina</i>
	<i>Sapphirina scarlata**</i>

Tabla 2. (Continuación)

CALANOIDA

Pontellidae

- Calanopia minor***
- Labidocera acuta*
- Labidocera detruncata**
- Labidocera johnsoni*
- Labidocera minuta*
- Labidocera trispinosa***
- Pontellina plumata*
- Pontellopsis armata*
- Pontellopsis regalis*

Pseudodiaptomidae

- Pseudodiaptomus wrighti*

Rhincalanidae

- Rhincalanus nasutus***
- Rhincalanus rostrifrons***

Subeucalanidae

- Subeucalanus pileatus*

Temoridae

- Temora discaudata*

Figura 4. Distribución espacial de la abundancia total (Ind. 100 m⁻³) de los copépodos en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013.

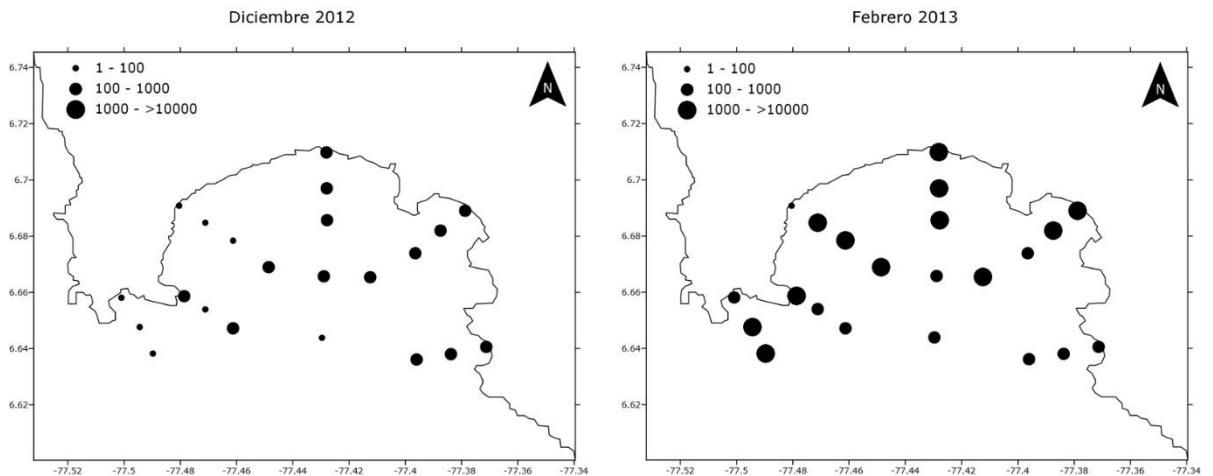


Tabla 3. Hábito trófico (HT) y abundancia (Ind. 100 m⁻³) de las especies evaluadas en diciembre 2012 y febrero 2013 para determinar la estructura trófica de Bahía Cupica. O: omnívoro, H: herbívoro, C: carnívoro.

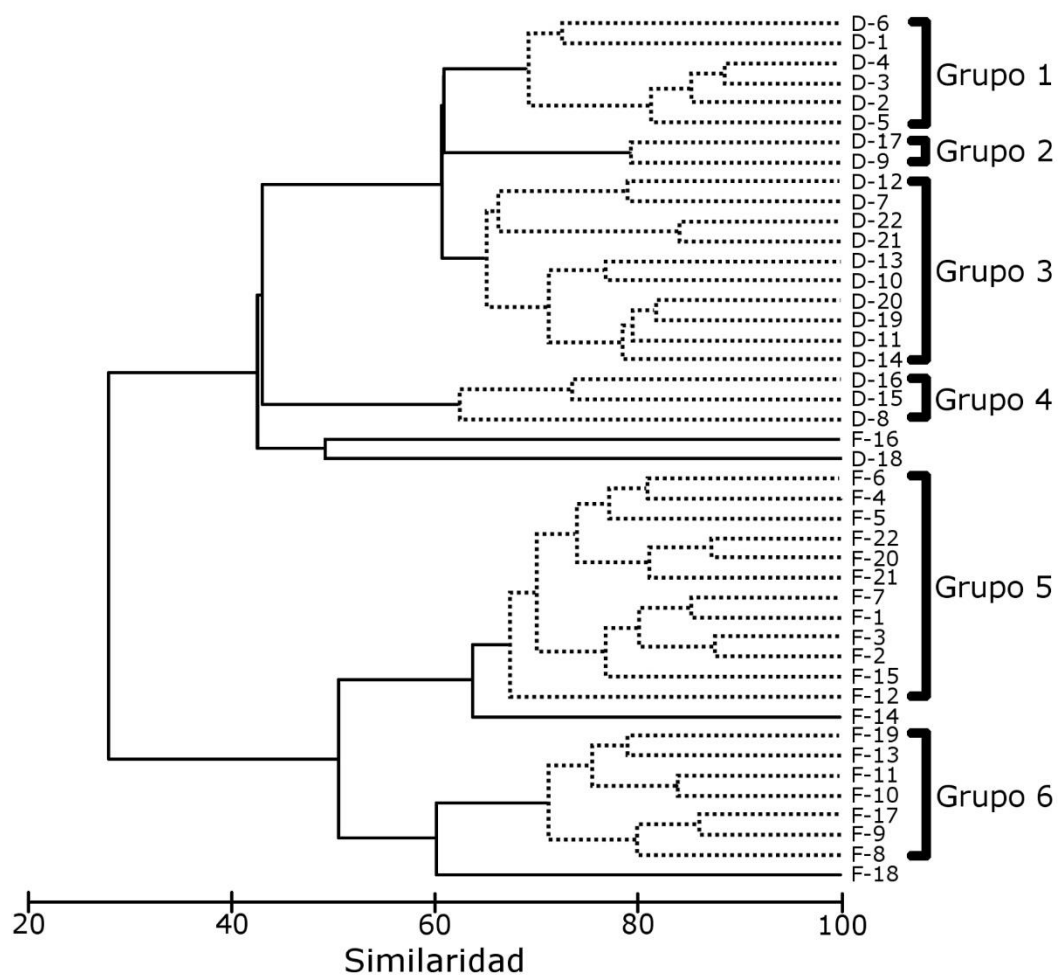
Diciembre de 2012			Febrero de 2013		
	HT	Abundancia		HT	Abundancia
<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i>	O	1.386	<i>Centropages furcatus</i>	O	7.782
<i>Centropages furcatus</i>	O	285	<i>Nannocalanus minor</i>	O	5.576
<i>Undinula vulgaris</i>	H	180	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i>	O	5306
<i>Temora discaudata</i>	H	115	<i>Neocalanus gracilis</i>	H	2245
<i>Nannocalanus minor</i>	O	114	<i>Euterpina acutifrons</i>	O	1902
<i>Acartia tonsa</i>	O	74	<i>Pareucalanus sewelli</i>	H	1086
<i>Neocalanus gracilis</i>	H	69	<i>Acartia tonsa</i>	O	829
<i>Oncaea media</i>	O	60	<i>Dioithona oculata</i>	O	738
<i>Oithona atlantica</i>	O	52	<i>Labidocera minuta</i>	C	529
<i>Oncaea venusta</i>	O	48	<i>Labidocera acuta</i>	C	435

Se identificaron 6 agrupaciones significativas (SIMPROF, $P < 0,05$), de las cuales 4 correspondieron a las estaciones de diciembre, y 2 a febrero (Fig. 5). Durante diciembre 2012 el Grupo 1 estuvo conformado por especies con mayor afinidad por aguas oceánicas (e.g., *Euchaeta marina*, *Euchirella amoena*, *Pareucalanus sewelli*), el Grupo 4 estuvo conformado mayormente por especies costeras (e.g., *Labidocera johnsoni*, *Labidocera minuta*, *Pseudodiaptomus wrighti*), mientras que los Grupos 2 y 3 estuvieron conformados por especies con afinidad oceánica y costera por lo que fueron denominados grupo de mezcla. En febrero 2013 sólo se presentaron 2 agrupaciones significativas, estando conformados por especies con afinidad costera (e.g., *L. minuta*, *Acartia tonsa*) y oceánica (e.g., *Mesocalanus ternuicornis*, *Subeucalanus pileatus*).

La similitud de los ensamblajes de copépodos encontrados en diciembre de 2012 estuvo por encima del 68%, y las especies que más aportaron a este ensamblaje fueron: *D. andrewsi*, *C. furcatus*, *N. minor*, *A. tonsa* y *Undinula vulgaris*, mientras que para febrero 2013 la similitud de los ensamblajes de copépodos estuvo por

encima del 75%, y las especies con mayor contribución fueron: *C. furcatus*, *D. andrewsi*, *N. minor*, *Neocalanus gracilis* y *E. acutifrons* (Tabla 4). La disimilitud entre los periodos evaluados fue de 47,61%, mientras que la disimilitud entre los agrupamientos establecidos durante diciembre 2012 estuvo entre 27,79 y 44,57% y durante febrero 2013 fue del 27,43% (Tabla 5).

Figura 5. Análisis de agrupamiento de la comunidad de copépodos encontrados en Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013. La línea punteada representa la significancia de los agrupamientos (SIMPROF, $P < 0,05$), la letra identifica el periodo (D: diciembre 2012, F: febrero 2013) y el número la estación de muestreo.



La relación entre la comunidad de copépodos y las condiciones oceanográficas de diciembre 2012, mostró correlaciones positivas con diferentes parámetros combinados, presentándose valores iguales o similares de correlación (Bio-Env, $ps \leq$

0,639), en donde destaca la temperatura a 30 m, la SSM y a 10 como los principales factores abióticos (Tabla 6). Durante febrero 2013, se encontró que la SSM fue el principal parámetro que afectó la estructura de la comunidad (Bio-Env, ps= 0,274) (Tabla 6).

Tabla 4. Principales especies de mayor contribución al porcentaje de similitud (Sim) de los agrupamientos generados entre estaciones durante diciembre 2012 y febrero 2013.

Periodo	Agrupamiento	Especies (Contribución %)
Diciembre Sim: 67,76%	Grupo 1 Sim: 79,67%	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i> (12,3); <i>Centropages furcatus</i> (9,57); <i>Undinula vulgaris</i> (8,65); <i>Nannocalanus minor</i> (8,56); <i>Oncaea media</i> (7,52); <i>Oncaea venusta</i> (7,37)
	Grupo 2 Sim: 72,29%	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i> (9,69); <i>Nannocalanus minor</i> (7,48); <i>Centropages furcatus</i> (7,3); <i>Neocalanus gracilis</i> (7,18); <i>Oithona atlántica</i> (6,48); <i>Temora discaudata</i> (6,03)
	Grupo 3 Sim: 74,2%	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i> (10,45); <i>Centropages furcatus</i> (8,57); <i>Undinula vulgaris</i> (7,09); <i>Nannocalanus minor</i> (6,15); <i>Acartia tonsa</i> (6,03); <i>Temora discaudata</i> (5,92)
	Grupo 4 Sim: 68%	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i> (12,1); <i>Acartia tonsa</i> (10,28); <i>Centropages furcatus</i> (9,31); <i>Paracalanus parvus</i> (7,93); <i>Pseudodiaptomus wrighti</i> (7,87); <i>Temora discaudata</i> (7,56)
Febrero Sim: 70,26%	Grupo 5 Sim: 77,49%	<i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i> (11,86); <i>Centropages furcatus</i> (9,82); <i>Acartia tonsa</i> (7,05); <i>Nannocalanus minor</i> (6,89); <i>Temora discaudata</i> (6,62); <i>Oithona atlántica</i> (6,2)
	Grupo 6 Sim: 78,18%	<i>Centropages furcatus</i> (8,13); <i>Ditrichocorycaeus andrewsi</i> (7,26); <i>Nannocalanus minor</i> (6,81); <i>Neocalanus gracilis</i> (6,56); <i>Pareucalanus sewelli</i> (5,86); <i>Temora discaudata</i> (5,33)

Tabla 5. Especies de copépodos discriminantes que más aportaron a la disimilitud (Dis) entre los agrupamientos generados entre estaciones durante diciembre 2012 y febrero 2013, disimilitud entre periodos: 47,61%.

Periodo	Disimilaridad	Especies (Contribución %)
Diciembre	Grupo 1 y Grupo 2 Dis: 32,61%	<i>Dioithona oculata</i> (8,19); <i>Calocalanus pavo</i> (5,75); <i>Undinula vulgaris</i> (5,4); <i>Mesocalanus ternuicornis</i> (5,19); <i>Pseudodiaptomus wrighti</i> (4,99); <i>Labidocera johnsoni</i> (4,86)
	Grupo 1 y Grupo 3 Dis: 27,79%	<i>Paracalanus parvus</i> (6,68); <i>Ditrichocorycaeus affinis</i> (5,28); <i>Mesocalanus ternuicornis</i> (5,04); <i>Euchirella amoena</i> (4,95); <i>Neocalanus gracilis</i> (4,71); <i>Dioithona oculata</i> (4,24)
	Grupo 1 y Grupo 4 Dis: 44,57%	<i>Undinula vulgaris</i> (7,7); <i>Labidocera johnsoni</i> (6,7); <i>Pseudodiaptomus wrighti</i> (5,94); <i>Oncaea venusta</i> (5,51); <i>Labidocera minuta</i> (5,49); <i>Paracalanus parvus</i> (5,09)
	Grupo 2 y Grupo 3 Dis: 28,82%	<i>Euchirella amoena</i> (5,18); <i>Dioithona oculata</i> (5,04); <i>Undinula vulgaris</i> (4,9); <i>Labidocera johnsoni</i> (4,7); <i>Ditrichocorycaeus affinis</i> (4,68); <i>Paracalanus parvus</i> (4,65)
	Grupo 2 y Grupo 4 Dis: 35,58%	<i>Calocalanus pavo</i> (5,43); <i>Nannocalanus minor</i> (5,32); <i>Labidocera minuta</i> (5,05); <i>Euchaeta marina</i> (4,84); <i>Mesocalanus ternuicornis</i> (4,72); <i>Paracalanus parvus</i> (4,58)
	Grupo 3 y Grupo 4 Dis: 39,43	<i>Undinula vulgaris</i> (7,34); <i>Labidocera johnsoni</i> (6,52); <i>Pseudodiaptomus wrighti</i> (5,23); <i>Labidocera minuta</i> (5,1); <i>Euchirella amoena</i> (4,46); <i>Oncaea venusta</i> (3,84)
Febrero	Grupo 5 y Grupo 6 Dis: 27,43%	<i>Triconia confera</i> (5,73); <i>Mesocalanus ternuicornis</i> (4,52); <i>Labidocera minuta</i> (4,44); <i>Acrocalanus monachus</i> (4,05)

Tabla 6. Resultados del análisis de relación entre la comunidad de copépodos con las condiciones oceanográficas de Bahía Cupica durante diciembre 2012 y febrero 2013, a partir de la rutina Bio-Env. Se presentan los mejores 5 resultados, ρ_s : coeficiente de correlación de Spearman entre matrices de similitud, TSM: temperatura superficial del mar, T: temperatura, SSM: salinidad superficial del mar, S: salinidad.

Periodo	Variabes	ρ_s
Diciembre	$T_{30m} - SSM - S_{10m}$	0,639
	$T_{10m} - T_{30m} - SSM - S_{10m} - pH_{superficial}$	0,639
	$T_{30m} - SSM - S_{10m} - pH_{superficial}$	0,639
	$T_{30m} - SSM - S_{10m} - pH_{superficial} - pH_{10m}$	0,636
	$T_{10m} - T_{30m} - SSM - S_{10m}$	0,636
Febrero	SSM	0,274
	$SSM - pH_{30m}$	0,216
	$SSM - pH_{superficial} - pH_{30m}$	0,212
	$SSM - pH_{superficial}$	0,198
	$SSM - S_{10m}$	0,189

4. DISCUSIÓN

Durante diciembre 2012 y febrero 2013 los parámetros físico-químicos en Bahía Cupica presentaron diferencias significativas, donde se observó una variación en la temperatura y la salinidad particularmente a 30 m, probablemente debido a que durante febrero se presentó el ingreso de masas de agua con temperaturas más bajas y de menor salinidad, por la influencia del proceso de surgencia que se desarrolla en la Ensenada de Panamá (Rodríguez-Rubio *et al.* 2003, Valencia & Giraldo 2009, Valencia *et al.* 2013).

Los valores de pH durante los 2 periodos en Bahía Cupica, se encontraron en un rango bajo para los que se reportan para el Pacífico Tropical (Shinjo *et al.* 2013). Si bien el nivel de acidificación en las zonas costeras es mayor al de las zonas oceánicas, en este estudio se encontró que los valores de pH evidenciaron una tendencia a la acidificación de las aguas, mayor que lo proyectado para el océano Pacífico colombiano de acuerdo con Rojas-Higuera & Pabón-Caicedo (2015). Estos autores mencionan los posibles efectos que podrían observarse en los ecosistemas marinos colombianos, dentro de los cuales vale la pena mencionar las alteraciones en la cadena trófica de los organismos asociados a aguas estuarinas en zonas de manglar, el blanqueamiento y muerte de arrecifes coralinos, y el aumento de praderas de pastos marinos.

Del total de las especies identificadas durante diciembre 2012 y febrero 2013 en Bahía Cupica, se encontró que estas especies de copépodos son reportadas en la literatura para ambientes epipelágicos de aguas tropicales y subtropicales (Monsalve 1976, Palomares-García *et al.* 1998, Boltovskoy 1999, Razouls *et al.* 2005-2015). Gran parte de estas especies se encuentran distribuidas en los trópicos alrededor del mundo, y como sugieren otros trabajos, la mayoría pertenecen a los órdenes Calanoida, Poecilostomatoida, Cyclopoida y Harpacticida, siendo estos 4 los más comunes para el océano Pacífico tropical (Monsalve 1976, Palomares-García *et al.* 1998, Boltovskoy 1999, López 2012, Jaimes & López 2014, López & Mojica 2015, Razouls *et al.* 2005-2015). Además, la mayoría de las especies encontradas en los 2 periodos son copépodos de pequeña talla (< 1 mm), los cuales son considerados actualmente como uno de los componentes más importantes del zooplancton en estas zonas, debido a que logran adaptarse eficientemente a estos ambientes alimentándose de la vía microbiana más que de la cadena trófica convencional (Turner 2004, Calbet & Saiz 2005). Los copépodos de talla pequeña presentan una baja tasa de depredación comparado con los copépodos de mayor talla, además de altas tasas de producción de huevos y un rápido desarrollo (Turner

2004, Miyashita *et al.* 2009, Rakhesh *et al.* 2013, Antacli *et al.* 2014). Este resultado es similar a lo encontrado por Palomares-García *et al.* (1998) y Jaimes & López (2014), quienes mencionan que para el Pacífico colombiano y mexicano poco menos de la mitad de los copépodos adultos tienen tallas menores a 2 mm.

Tradicionalmente, los copépodos de talla pequeña han sido submuestreados ya que comúnmente los estudios de zooplancton se realizan con mallas de gran calibre (> 200-300 μm), en donde copépodos de mayor tamaño son catalogados como especies claves, sin embargo, si tenemos en cuenta la abundancia y biomasa de los copépodos de pequeña talla, podrían exceder fácilmente las generadas por copépodos más grandes (Hopcroft & Roff 1998, Gallienne & Robins 2001, Turner 2004, Antacli *et al.* 2010, 2014; Rakhesh *et al.* 2013).

Nuestros resultados indican que durante los 2 periodos el principal componente trófico estuvo compuesto por copépodos omnívoros u oportunistas antes que de herbívoros, señalando que Bahía Cupica presumiblemente no presenta una cadena trófica convencional, sino que estos pequeños copépodos están cumpliendo su papel central en el flujo de energía hacia niveles tróficos superiores, explotando de manera más eficiente el bucle microbiano, probablemente actuando como depredadores tope del microzooplancton (Sherr & Sherr 2002, Calbet & Landry 2004, Turner 2004, Calbet & Saiz 2005, Calbet 2008, Rakhesh *et al.* 2013).

Aunque Bahía Cupica presenta influencia de aguas frías de surgencia provenientes de la Ensenada de Panamá, las cuales pueden contribuir a la formación de afloramientos de fitoplancton como los encontrados por Criales-Hernández & Fernández (2001), probablemente estas aguas sean ya oligotróficas cuando ingresan a la bahía, por lo que no alcanzarían a generar un incremento significativo en la productividad primaria de la zona, lo que estaría permitiendo la prevalencia de especies omnívoras en la bahía (Dam *et al.* 1995, Calbet & Landry 1999, Calbet & Saiz 2005, Calbet 2008), especies que son capaces de alimentarse, tanto de material particulado como de pequeños organismos del microzooplancton (Turner 2004, Calbet & Saiz 2005, Tsai *et al.* 2013).

La abundancia de copépodos encontrado en Bahía Cupica entre los 2 periodos fue contrastante, debido a que en febrero 2013 se observó un aumento significativo en la abundancia conformado por una comunidad más diversa que lo que se presentó en diciembre 2012. Muchos de los estudios de zooplancton que se han hecho para el Pacífico colombiano no identifican las copépodos hasta niveles de género o

especie, y quedan como un grupo taxonómico que generalmente conforma la mayor abundancia zooplanctónica en los ecosistemas marinos, donde se ha encontrado que este grupo puede representar hasta el 78% del total de la comunidad (Monsalve 1976, Giraldo & Gutiérrez 2007, Martínez *et al.* 2007, Murcia & Giraldo 2007, López 2012). Monsalve (1976) encontró que los copépodos en la franja costera colombiana presentan abundancias más altas pero diversidades más bajas que las oceánicas; según nuestros resultados, los altos valores de abundancia en febrero podrían atribuirse a la geomorfología costera, y la alta diversidad por el enriquecimiento de aguas oceánicas provenientes de la Ensenada de Panamá, dando como resultado una comunidad heterogénea y con baja dominancia. Se debe mencionar que pueden existir otros factores que estarían afectado las condiciones ambientales de la bahía en diferentes escalas (*e.g.*, macroescalar, mesoescalar y microescalar) como lo sugiere López (2012).

El cambio en la estructura del ensamblaje de copépodos entre los periodos de estudio sugiere que efectivamente Bahía Cupica estuvo afectada por diferentes procesos oceanográficos, como el tránsito de la Zona de Convergencia Intertropical a través de la zona de estudio que promueve una mayor precipitación en diciembre y un periodo seco en febrero (Rodríguez-Rubio *et al.* 2003, Valencia & Giraldo 2009, Valencia *et al.* 2013), y la influencia del ingreso de agua fría oceánica durante febrero 2013 que sumado a la orientación y geomorfología de la línea de costa podría promover un giro ciclónico que incrementa la capacidad de retención de partículas al interior de la bahía (Giraldo *et al.* 2012).

En términos generales los resultados de esta investigación concuerdan con otros estudios en zonas tropicales donde la salinidad parece ser el factor más influyente sobre la estructura de los ensamblajes de organismos marinos, debido a que la temperatura tiende a un menor rango de variabilidad (Duggan *et al.* 2008, Rakhesh *et al.* 2013). En este sentido, ha sido ampliamente descrito que la abundancia, presencia/ausencia y el recambio de especies de estos organismos son afectados drásticamente por la variación de la salinidad (Christou 1998, Rakhesh *et al.* 2013, Santhanam *et al.* 2013). En nuestros resultados, aunque no varió la composición de especies en los diferentes ensamblajes observados, sí se registró una diferencia significativa en la abundancia. Esto sugiere que las especies de copépodos encontradas en Bahía Cupica están presentando una adaptabilidad modulada por la variación en la salinidad, sin embargo, no podemos olvidar que pueden existir otras variables como la clorofila, oxígeno, nutrientes, entre otros, que pueden estar influyendo en la formación de estos ensamblajes (Ayón *et al.* 2008, Rakhesh *et al.* 2013, Kozak *et al.* 2014).

5. CONCLUSIONES

La estructura comunitaria de los copépodos en Bahía Cupica durante los periodos de diciembre 2012 y febrero 2013 se encontró modulada principalmente por la salinidad, en donde se logró identificar el ingreso moderado de masas de aguas provenientes del proceso de surgencia de la ensenada de panamá durante febrero de 2013. En los 2 periodos Bahía Cupica presentó una población residente dominada por copépodos de pequeña talla, que han logrado adaptarse a las condiciones de salinidad de la bahía, los cuales están contribuyendo de manera significativa en la transferencia de energía por la vía del bucle microbiano. Los resultados de este estudio infieren la dinámica de este grupo dentro de los ecosistemas costeros colombianos aumentando el conocimiento de la diversidad marina, pero es necesario realizar más estudios en zonas costeras que involucren mediciones de los parámetros físico-químicos más detallados. Por tanto, es importante continuar con un seguimiento del comportamiento del pH en zonas costeras para evaluar posibles efectos por acidificación en los ecosistemas presentes en la bahía.

BIBLIOGRAFÍA

Amador J, E Alfaro, O Lizano & V Magaña. 2006. Atmospheric forcing of the Eastern Tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69(2): 101-142.

Antacli JC, D Hernández & ME Sabatini. 2010. Estimating copepods abundance with paired nets: Implications of mesh size for population studies. *Journal of Sea Research* 63: 71-77.

----- . 2014. First report on the contribution of small-sized species to the copepod community structure of the Southern Patagonian shelf (Argentina, 47-55°S). *Scientia Marina* 78: 17-26.

Ayón P, MI Críales-Hernández, R Schwamborn & H Hirche. 2008. Zooplankton research off Peru: A review. *Progress in Oceanography* 79: 238-255.

Boltovskoy D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino, 936 pp. Publicación Especial del INIDEP, Mar de Plata.

----- . 1999. South Atlantic zooplankton, Vol. 1- 2: 1-1706. Backhuys Publishers, Leiden.

Bradford-Grieve J, E Markhaseva, C Rocha & B Abiahy. 1999. Copepoda. In: Boltovskoy D (ed). South Atlantic zooplankton 2: 869-1098. Backhuys Publishers, Leiden.

Burd B & R Thomson. 2015. The importance of hydrothermal venting to water-column secondary production in the Northeast Pacific. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* <doi:10.1016/j.dsr2.2015.04.014>

Calbet A. 2008. The trophic roles of microzooplankton in marine systems. ICES Journal of Marine Science 65: 325-331.

Calbet A & M Landry. 1999. Mesozooplankton influences on the microbial food web: Direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean. Limnology and Oceanography 44(6): 1370-1380.

----- . 2004. Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. Limnology and Oceanography 49: 51-57.

Calbet A & E Saiz. 2005. The ciliate-copepod link in marine ecosystems. Aquatic Microbial Ecology 38: 157-167.

CCCP. 2002. Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Centro Control de Contaminación del Pacífico, 109 pp. Ed. Imágenes de la Naturaleza, Cali.

Christou E. 1998. Interannual variability of copepods in a Mediterranean coastal area (Saronikos Gulf, Aegean Sea). Journal of Marine Systems 15: 523-532.

Clarke K & R Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, 165 pp. PRIMER-E, Plymouth.

Conley W & J Turner. 1985. Omnivory by the coastal marine copepods *Centropages hamatus* and *Labidocera aestiva*. Marine Ecology Progress Series 21: 113-120.

Criales-Hernández MI & CE Fernández. 2001. Distribución de la biomasa planctónica en la costa pacífica colombiana entre noviembre de 1997 y noviembre de 1998. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 25(96): 371-380.

Cushing D. 1953. Studies on plankton populations. Journal Du Conseil 19: 3-22.

Dam H, X Zhang, M Butler & M Roman. 1995. Mesozooplankton grazing and metabolism at the equator in the central Pacific: Implications for carbon and nitrogen fluxes. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 42(2-3): 735-756.

Dias CO, AV Araujo, SC Vianna, LF Loureiro Fernandes, R Paranhos, MS Suzuki & SLC Bonecker. 2015. Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 95(3): 483-496.

Duggan S, A McKinnon & J Carleton. 2008. Zooplankton in an Australian tropical estuary. *Estuaries and Coasts* 31: 455-467

Escribano R & L Castro. 2004. Plancton y productividad. En: Werlinger C, K Alveal & H Romo (eds). *Biología marina y oceanografía: Conceptos y procesos*. Tomo I, pp. 289-312. Trama Impresores, Concepción.

Forsbergh E. 1969. Estudio sobre la climatología, oceanografía y pesquerías del Panamá Bight. *Comisión Interamericana Del Atún Tropical* 14(2): 46-385.

Gallienne C & D Robins. 2001. Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans?. *Journal of Plankton Research* 23(12): 1421-1432.

Giraldo A & E Gutiérrez. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico Colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones Marinas* 35: 117-122.

Giraldo A, R Escribano, V Marín & P Hidalgo. 2009. Coastal upwelling circulation and its influence on the population dynamics of *Calanus chilensis* (Brodski, 1959) off Northern Chile (23°S). *Marine Biology Research* 5(3): 244-256.

Giraldo A, DG Ramírez & M Murcia. 2005. Producción primaria, biomasa fitoplanctónica y composición taxonómica del fitoplancton y zooplancton del Pacífico

Colombiano: una aproximación holística a la base del sistema pelágico, 29 pp. Informe Científico Pacífico 29, ERFEN 37, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali.

Giraldo A, E Velasco & TI Martínez. 2014. Impacto alimentario de los copépodos calanoideos en el ambiente oceánico del Pacífico Colombiano. *Revista de Ciencias* 18(2): 11-25.

Hays G, A Richardson & C Robinson. 2005. Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution* 20(6): 337-344.

Hayward T. 1980. Spatial and temporal feeding patterns of copepods from the North Pacific central gyre. *Marine Biology* 58: 295-309.

Hopcroft R & J Roff. 1998. Zooplankton growth rates: The influence of size in nauplii of tropical marine copepods. *Marine Biology* 132: 87-96.

Hwang JS, R Kumar, CW Hsieh, AY Kuo, S Souissi, MH Hsu, JT Wu, WC Liu, CF Wang & QC Chen. 2010. Patterns of zooplankton distribution along the marine, estuarine and riverine portions of the Danshuei ecosystem in Northern Taiwan. *Zoological Studies* 49(3): 335-352.

Jaimes JC & RH López. 2009. Efecto de los periodos circadiano y lunares sobre la biomasa de copépodos (Crustacea) en aguas marinas del Pacífico Colombiano. En XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, 26-30 Oct. 2009, La Habana.

----- . 2014. Biomasa y abundancia de Copepoda (Crustacea) en aguas superficiales del océano Pacífico Colombiano durante septiembre de 2007. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 49: 31-41.

Kozak E, C Franco-Gordo, E Suárez-Morales & R Palomares-García. 2014. Seasonal and interannual variability of the calanoid copepod community structure in

shelf waters of the Eastern Tropical Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 507: 95-110.

López RH. 2012. Distribución y abundancia de copépodos pelágicos en el Pacífico Colombiano. *Universidad Militar Nueva Granada* 8: 108-131.

López RH & J Medellín. 2010. Distribución de eufausiáceos (Crustacea: Malacostraca) en el Océano Pacífico Colombiano durante el periodo 02 a 27 de septiembre de 2005. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 6(2): 240-255.

López RH & LH Mojica. 2015. Influencia abiótica sobre algunos géneros de copépodos (Crustacea) epipelágicos en el Pacífico Colombiano. Septiembre de 2002. *Universidad Militar Nueva Granada* 11: 20-33.

López RH, J Uribe, N Escobar, C López & D Riveros. 2005. Mesozooplankton 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, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 75 pp.

Margalef R. 1968. *Perspectives in ecological theory*, 111 pp. Prensa Universidad de Chicago, Chicago.

Martínez TI, A Giraldo & E Rodríguez-Rubio. 2007. Zooplankton en la Corriente Colombia, Pacífico Colombiano durante marzo de 2006. *Boletín Científico CCCP* 14: 69-82.

Miyashita LK, M de Melo Júnior & RM Lopes. 2009. Estuarine and oceanic influences on copepod abundance and production of a subtropical coastal area. *Journal of Plankton Research* 31(8): 815-826.

Moller KO, JO Schmidt, M St.John, A Temming, R Diekmann, J Peters, J Floeter, AF Sell, JP Herrmann & C Mollmann. 2015. Effects of climate-induced habitat changes on a key zooplankton species. *Journal of Plankton Research* 0: 1-12.

Monsalve B. 1976. Copépodos del Pacífico Colombiano, cruceros Pacífico V y VII. *Divulgación Pesquera* 18(3/4): 2-9.

Murcia-Riaño M. 2006. Estudio del impacto alimentario del zooplancton herbívoro y la estructura de la comunidad mesozooplanctónica en el Pacífico Colombiano durante septiembre – octubre de 2004. Tesis de Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali, 245 pp.

Murcia M & A Giraldo. 2007. Condiciones oceanográficas y composición del mesozooplancton en la zona Oceánica del Pacífico Colombiano durante septiembre-octubre 2004. *Boletín Científico CCCP* 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. Fase II, 69 pp. Centro de Contaminación del Pacífico CCCP, San Andrés de Tumaco.

Palomares-García R, E Suárez-Morales & S Hernández-Trujillo. 1998. Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano, 352 pp. CICIMAR / ECOSUR, México.

Patiño J. 1999. Variación espacio-temporal del zooplancton en la ensenada de Tumaco, costa Pacífica colombiana. Periodo mayo-diciembre 1999, 25 pp. Convenio ECOPETROL-CCCP. San Andrés de Tumaco, Colombia.

Pielou E. 1969. *An introduction to mathematical ecology*, 286 pp. Wiley, New York.

Poveda IC, CA Rojas, A Rudas & O Rangel. 2004. El Chocó biogeográfico: Ambiente físico. En: Rangel O (ed). *Colombia diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica*: 1-22. Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional, Bogotá.

Rakhesh M, A Raman, T Ganesh, P Chandramohan & F Dehairs. 2013. Small copepods structuring mesozooplankton community dynamics in a tropical estuary-coastal system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 126: 7-22.

Razouls C, F de Bovée, J Kouwenberg & N Desreumaux. 2005-2015. Diversity and geographic distribution of marine planktonic copepods. <<http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>>.

Rodríguez-Rubio E, W Schneider & R Abarca del Río. 2003. On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *Geophysical Research Letters* 30(7): 1410-1413.

Rojas-higuera PJ & JD Pabón-Caicedo. 2015. Sobre el calentamiento y la acidificación del océano mundial y su posible expresión en el medio marino costero colombiano. *Revista de la Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39(151): 201-217.

Santhanam P, N Jeyaraj, J Sivakumar, K Jothiraj, T Jayalakshmi, S Ananth, R Nadakumar, A Shenbaga, B Balaji & S Dinesh. 2013. Diversity and abundance of marine copepods in Muthupet mangrove waters, southeast coast of India. En: Venkataraman K, C Sivaperuman & C Raghunathan (eds). *Ecology and conservation of tropical marine faunal communities*: 117-136. Springer, Heidelberg.

Schnack-Schiel SB, E Mizdalski & A Cornils. 2010. Copepod abundance and species composition in the Eastern subtropical/tropical Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 57(24): 2064-2075.

Shannon C & W Wiener. 1949. *The mathematical theory of communication*, 117 pp. Prensa Universidad de Illinois, Urbana.

Sherr E & B Sherr. 2002. Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. *Antonie van Leeuwenhoek* 81: 293-308.

Shinjo R, R Asami, K Huang, C You & Y Iryu. 2013. Ocean acidification trend in the tropical North Pacific since the mid-20th century reconstructed from a coral archive. *Marine Geology* 342: 58-64.

Simpson E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.

Tejada C, L Castro, A Navarrete, T Cardona, L Otero, F Afanador, A Mogollón & W Pedroza. 2003. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. DIMAR (ed). Centro de Control de Contaminación del Pacífico, Serie Publicaciones Especiales 3: 1-123. San Andrés de Tumaco. <www.cccp.org.co/index.php/descargas/category/5-libros?download>

Timonin A. 1971. The structure of plankton communities of the Indian Ocean. *Marine Biology* 9: 281-289.

Tsai A, G Gong & Y Huang. 2013. Variations of microbial loop carbon flux in western subtropical Pacific coastal water between warm and cold season. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 449: 111-117.

Turner J. 1984. Zooplankton feeding ecology: contents of fecal pellets of the copepods *Acartia tonsa* and *Labidocera aestiva* from continental shelf waters near the mouth of the Mississippi River. *Marine Ecology Progress Series* 5(3): 265-282.

----- . 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies* 43(2): 255-266.

Valencia B & A Giraldo. 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, B Lavaniegos, A Giraldo & E Rodríguez-Rubio. 2013. 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 73: 46-61.

Van Guelpen L, D Markle & D Duggan. 1982. An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsampling techniques. Journal Du Conseil 40(3): 226-236.

Villegas NL & I Málikov. 2006. Modelación de la estructura dinámica de las aguas de la cuenca del Pacífico Colombiano. Boletín Científico CCCP 13: 97-114.

Walsh JJ. 1988. On the nature of continental shelves, 520 pp. Academic Press, London.

Walter TC & G Boxshall. 2015. World of Copepods database. <<http://www.marinespecies.org/copepoda>>.

Wiggert JD, AGE Haskell, GA Paffenhöfer, EE Hofmann & JM Klinck. 2005. The role of feeding behavior in sustaining copepod populations in the tropical ocean. Journal of Plankton Research 27(10): 1013-1031.

Zaid MM, M El Raey, SM Aboul, NE Abdel & HA Abo-Taleb. 2014. Diversity of copepoda in a stressed eutrophic bay (El-Mex Bay), Alexandria, Egypt. The Egyptian Journal of Aquatic Research 40(2): 143-162.