



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

**COPÉPODOS Y CLADÓCEROS (CRUSTACEA) EN ÉPOCA DE SURGENCIA DE LA
BAHÍA DE MOCHIMA (EDO. SUCRE)**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela, por la **Br. Daniela Cristina Segovia Kancev**, como requisito parcial para optar al título de Licenciada en Biología.

Tutor: Dr. Rubén Torres-Parra

Caracas, Venezuela

Mayo – 2017



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

ACTA

Quienes suscribimos, miembros del jurado evaluador designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo Especial de Grado de la Br. Daniela Cristina Segovia Kancev, C.I.: V-22.048.039, titulado **“Copépodos y Cladóceros (Crustacea) en época de surgencia de la bahía de Mochima (Edo. Sucre)”**, para optar al título de Licenciada en Biología, considerando que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos en los reglamentos respectivos, lo consideramos **APROBADO**.

Para dar fe de ello se levanta la presente acta en Caracas, a los diecisiete días del mes de mayo del año 2017, dejando constar que el Dr. Rubén Torres-Parra actuó como coordinador del jurado examinador.

Dra. Evelyn Zoppi de Roa

(Jurado)

MSc. Edie Montiel

(Jurado)

Dr. Rubén Torres-Parra

(Tutor)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi familia (Puly, José y Bobi) por ser mi fuente infinita de amor. Por quererme, cuidarme, consentirme y regañarme cuando es necesario. Esto es por y para ustedes. Los amo más allá de la razón, y fronteras. ☺

Gracias a todas las personas del Laboratorio de Plancton, empezando con mi tutor y amigo Rubén por aceptar ser mí guía en este trayecto, por su compromiso, paciencia y cariño. A la profe Zoppi, por ser a su vez la guía de todos, ofreciendo su ayuda siempre con un consejo, un libro o un paper, y por abrirnos las puertas de su casa en Mochima. Al profe Edie, por tenderme su mano y colaborar con la estadística de los datos.

A Joxmer, por compartir conmigo momentos de risas, llantos y chucherías, además de ayudarme con la identificación de los organismos (debería ser considerado un taxónomo reconocido de copépodos, al menos a mi parecer). A Carlos "Char", por también ayudarme con mis muestras, además de que hizo entretenido el tiempo en el laboratorio. A todos los que me ayudaron en el muestreo (Diego, Cesar, Leopoldo, Alberto y Robert), y a los que de alguna manera aportaron un granito de arena para realizar este trabajo (María Angélica, mi motor de arranque en la taxonomía, Deyarling, Carlitos y Federico).

A mis amigos (hermanos) de la facultad: Marinés, Jesús, Ángel, Marcela, Daniela, Juan Carlos, y del colegio: Dili, Marianna, Piña y Luis Daniel, porque con ellos todo es más divertido, hasta los momentos de tristeza o estrés, que a veces vivimos casi en conjunto.

A mis profesores, por enseñarme que la vida es más bella y compleja de lo que pensaba, porque por ellos confirmé que me dedico a lo que realmente me apasiona.

Quiero mencionar a tanta gente que no me cabe en este espacio. Simplemente a todos aquellos que señalé arriba, y a los que no pude pero saben quienes son:

¡LOS QUIERO MUCHÍSIMO Y GRACIAS!

Dedicado a mi amado país, Venezuela.

**Anhelando que venza la sombra del
servilismo y la tiranía.**

Porque todo te lo debo a ti...

ÍNDICE GENERAL

PÁG.

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	11
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
ÁREA DE ESTUDIO	14
MÉTODOS DE CAMPO	16
ANÁLISIS DE LABORATORIO	17
ANÁLISIS DE DATOS	19
RESULTADOS	21
VARIABLES FISICOQUÍMICAS	21
AIRE.....	21
AGUA.....	25
VARIABLES BIOLÓGICAS.....	30
FITOPLANCTON.....	30
ZOOPLANCTON.....	39
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	56
DISCUSIÓN.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71
APÉNDICES.....	77

RESUMEN

Los microcrustáceos conforman el grupo más numeroso del zooplancton marino. Entre los mismos, los copépodos generalmente presentan la mayor abundancia en los ambientes donde habitan, mientras que los cladóceros incrementan su población durante ciertos periodos, caracterizados por condiciones favorables en el ambiente. La abundancia, composición y distribución espacial de dichos organismos están influidas por patrones de vientos y circulación como la surgencia costera, fenómeno que confiere características particulares a los cuerpos de agua, lo que aumenta de manera significativa su productividad. Debido a esto, el plancton constituye la base de las redes tróficas marinas, por lo que su caracterización es primordial para conocer las dinámicas de esos ecosistemas, razón por la cual el objetivo de este trabajo radica en determinar la composición y abundancia de cladóceros y copépodos de la bahía de Mochima para época de surgencia. El muestreo se basó en un modelo de diseño experimental de una vía completamente aleatorio de tipo I, replicando 12 veces, determinando la toma de 12 muestras de zooplancton y 12 de fitoplancton, para un total de 24 muestras. Las variables ambientales tomadas en aire (velocidad del viento), así como en agua (radiación, salinidad y temperatura), correspondieron a valores obtenidos durante periodos de no surgencia. Sumado a esto, se encontró una dominancia significativa de los dinoflagelados sobre las diatomeas y cianobacterias, una densidad baja de cladóceros y ausencia de copépodos de profundidades mayores en superficie. Por todo esto, se puede concluir que el muestreo se realizó en un momento donde no ocurría este fenómeno. Además, se evidenció en la bahía un gradiente en cuanto a factores ambientales y composición de especies, diferenciándose en 3 grupos: canal, ensenada y boca.

Palabras clave: copépodos, cladóceros, fitoplancton, bahía, surgencia costera, temperatura, vientos.

INTRODUCCIÓN

El plancton es una comunidad acuática pelágica, en su mayoría constituida por especies microscópicas que viven en suspensión en las aguas de los océanos, lagos, humedales y ríos. Sus movimientos son limitados y están a merced de las corrientes. Se divide en dos grandes grupos: un componente vegetal (fitoplancton) y otro animal (zooplancton) (Gasca y Suárez, 1996). Este último abarca taxa de protistas, invertebrados y vertebrados, con una variedad amplia de organismos, lo cual hace que la composición de especies no sea estática, sino que responde a condiciones ambientales diversas y criterios de eficiencia máxima que se seleccionan en el tiempo, por lo que el análisis en los cambios estacionales en abundancia y mecanismos causales son de gran significación (López, 1986).

Una gran variedad de estos organismos cumple todo su ciclo de vida en el zooplancton (holoplancton), o sólo forman parte de esta comunidad durante estadios iniciales de su vida (meroplancton) (Gasca y Suárez, 1996). Además, no están repartidos uniformemente en los océanos, sino que generalmente se distribuyen en aglomeraciones o parches, encontrándose en la plataforma continental (zooplancton nerítico) o en mar abierto (zooplancton oceánico), ambos con características particulares (Morales, 2008). El primer grupo presenta una diversidad de organismos mayor que la zona oceánica, ya que el alimento para el zooplancton es más abundante cerca de la costa y coexisten holoplancton y casi todas las formas de meroplancton, mientras que en mar abierto tiende a escasear por ser un ambiente oligotrófico. Por otro lado, tomando en cuenta la profundidad en la que viven, existe el plancton de la zona epipelágica (0-200 m), mesopelágica (200-2000 m) y batipelágica (2000-4000 m) (Suárez y Gasca, 1992).

Dentro del zooplancton, los microcrustáceos conforman el grupo más numeroso, ocupando el segundo nivel trófico en la cadena alimentaria de los océanos. Los copépodos se incluyen dentro de dicho taxón con la mayor abundancia en ambientes marinos costeros y oceánicos, ya que conforman entre 70-90% de la comunidad planctónica (Rivera, 2006). Estos organismos acuáticos holoplanctónicos, de gran variedad morfológica, son crustáceos maxilópodos pequeños de vida libre, principalmente herbívoros, aunque muchos presentan hábitos omnívoros y carnívoros, así como algunos ectoparásitos (Medellín-Mora y Navas, 2010). Su forma de nutrición es por filtración. Poseen distribución cosmopolita, pues han colonizado distintos ambientes, desde las aguas heladas que rodean los casquetes polares hasta los océanos y mares tropicales. Su reproducción es exclusivamente sexual, con presencia de dimorfismo marcado en diversas especies (Calbet, 1999).

La importancia ecológica de los copépodos radica en su papel de enlace en los procesos de transferencia energética de los productores primarios (fitoplancton) a individuos de niveles superiores como otros invertebrados y vertebrados. Su contribución a la regeneración de nutrientes mediante su actividad excretora, participación activa en la regulación del flujo de partículas y papel como "estabilizadores" del ambiente oceánico hacen de este grupo el foco de atención en la mayoría de estudios ecológicos referentes al zooplancton marino (Fernández de Puelles, 2015).

El taxón abarca cerca de 12000 especies incluidas en 10 órdenes (Gasca y Suárez, 1996), de los cuales 2, Calanoida y Cyclopoida, así como algunos representantes de los órdenes Harpacticoida, Poecilostomatoida y Siphonostomatoida, son típicamente pelágicos e incluyen de 20-25 especies que pueden definirse como indicadoras de masas de agua, surgencia o zonas de eutrofización. El Orden Calanoida comprende los organismos más abundantes y diversos del zooplancton marino y son exclusivamente planctónicos. Por su parte, todos los miembros del Orden Cyclopoida son de vida libre y poseen una riqueza y abundancia menores a los primeros en el zooplancton marino. Los integrantes del Orden Harpacticoida son eminentemente bentónicos y pocos géneros tienen hábitos pelágicos. En el Orden Poecilostomatoida sólo 4 familias son planctónicas y pueden ser abundantes en las comunidades costeras u oceánicas. En cuanto al Orden Siphonostomatoida, la familia de mayor interés es Caligidae (Campos y Suárez, 1994).

Otro taxón de microcrustáceos holoplanctónicos de gran relevancia es el conformado por los cladóceros. Son branquiópodos con una riqueza baja en ecosistemas marinos, pero con distribución geográfica amplia, encontrándose en aguas costeras y oceánicas, cálidas y templadas (Onbé, 1999). Representan un grupo significativo de esta comunidad en periodos determinados, puesto que, debido a su tamaño pequeño y agregaciones estacionales que forman en áreas costeras, dichos organismos son importantes en las tramas tróficas pelágicas, principalmente para consumidores secundarios pequeños, con los que coexisten temporal y espacialmente (Mujica y Espinoza, 1994).

Aunque son predominantemente de agua dulce, existen 10 especies marinas pertenecientes a los subórdenes Ctenopoda (Familia Sididae) y Onychopoda (Familia Podonidae), éste exclusivamente marino, los cuales son componentes regulares del plancton costero. En algunas épocas del año pueden ser los consumidores primarios principales de la cadena alimentaria en los océanos, y en ciertos ambientes y épocas desplazar a los copépodos. Si bien no se descarta su presencia a mayor profundidad, la mayoría de los cladóceros son epipelágicos (Onbé, 1999). La variación importante que estos crustáceos presentan en su abundancia deriva de la capacidad de incrementar sus poblaciones por partenogénesis, que es una adaptación reproductiva asexual en dichos organismos,

de manera que pueden aprovechar rápidamente las condiciones favorables para su desarrollo, como ocurre durante fenómenos de surgencia (Manrique y Molina, 2003).

Los patrones de circulación (tanto local como regional) así como los de lluvia parecen jugar un papel importante en el control de los esquemas de producción primaria en aguas venezolanas nororientales, lo que a su vez influye en la abundancia, composición y distribución espacial del zooplancton. Estos procesos oceanográficos multiescalares determinan las características físicas, químicas y biológicas de la columna de agua (Márquez-Rojas y col., 2011).

Un tipo de circulación de masas de aguas verticales y horizontales que tiene lugar principalmente en las zonas intertropicales, como el Caribe sur, es la surgencia. Se trata de una corriente horizontal y vertical inducida generalmente por el viento y movimientos del agua, que transmiten dicha energía hasta el fondo (espiral de Eckman), en donde las aguas profundas ricas en nutrientes y bajas en oxígeno disuelto pueden alcanzar la superficie del mar. Este proceso implica que el ascenso del agua, el cual se origina por la advección mar afuera de la capa de agua superficial, rompa la estratificación de la termoclina, lo que ocasiona una mezcla homogénea en el plano vertical y horizontal dentro del área de surgencia (Pérez, 2012).

Cuando este fenómeno ocurre en las áreas neríticas es denominado surgencia costera, originada por corrientes de borde oriental. Este evento es importante, dado que determina contrastes climáticos y biológicos notables y crea condiciones para el aumento de la producción biológica (Tomczak y Godfrey, 2001). En el mar Caribe sur se presenta surgencia costera en Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, la cual se ve influida tanto por el desplazamiento latitudinal de la zona de convergencia intertropical, así como por los vientos promotores principales de este fenómeno en la franja subtropical y tropical, denominados vientos alisios del noreste y suroeste que se mueven hacia el Ecuador, donde generan energía suficiente para impulsar el movimiento de grandes cantidades de agua superficial, de oriente a occidente en la cuenca oceánica (Pérez, 2012). Dichos vientos soplan desde el nororiente hacia el noroccidente con mayor intensidad de diciembre a marzo, momento en el cual la zona de convergencia intertropical es desplazada hacia el sur del continente suramericano, originándose la temporada de sequía. Cuando los vientos alisios se debilitan, la zona de convergencia intertropical se desplaza hacia el norte, lo que da lugar a la temporada de lluvias en la región (Bakun, 1973).

Además del aumento de nutrientes y disminución del oxígeno disuelto, los cuerpos de agua influidos por la surgencia se caracterizan por presentar descenso de la temperatura del agua cercana a la costa, intensificación de la brisa del mar derivada de la diferencia térmica, disminución

del pH y aumento de la salinidad (Pérez, 2012), así como abundancia de especies zooplanctónicas procedentes de profundidades mayores, pues están directamente relacionadas con la dinámica de las masas de agua y son llevadas por las corrientes marinas, lo que las hace indicadores ecológicos e hidrológicos importantes (Fernández de Puellas, 2015).

El fitoplancton al ser afectado por las corrientes también es un indicador de la productividad alta en el mar. El grupo de las diatomeas es el más dominante en dicha comunidad durante estos eventos, seguido por los dinoflagelados, los que presentan cambios en sus densidades en respuesta a variaciones en la estratificación del agua (Franco-Herrera y col., 2006). La abundancia y distribución en parches de los mencionados productores biológicos en el océano son importantes soportes energéticos para copépodos herbívoros, los cuales a su vez incrementan sus poblaciones y dominan el zooplancton, con efecto de cascada hacia niveles superiores de la trama trófica marina (Miralto y col., 1999).

Las características del cuerpo de agua durante eventos de surgencia en la zona nororiental del país promueven el florecimiento y producción de materia orgánica por la fotosíntesis del fitoplancton (Lara-Rodríguez y col., 2015). Cualquier cambio en la intensidad del viento afecta la intensidad del afloramiento, lo que da como resultado cambios marcados en la productividad (Herrera y col., 1980). Por esta razón, las zonas de surgencia están caracterizadas como sistemas de gran productividad biológica, abarcando 0,24% del total de la superficie de los océanos mundiales, calculada aproximadamente en un área de $334,8 \times 10^6 \text{ km}^2$ (Pauly y Christensen, 1995).

Sumado a su papel fundamental en las tramas tróficas marinas, otro papel primordial del plancton es su contribución en la regulación de los ciclos biogeoquímicos del planeta, puesto que el fitoplancton fija desde la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) y algunas especies también utilizan el nitrógeno en su forma gaseosa (N_2). Esta bomba biológica es capaz de absorber el exceso de CO_2 atmosférico, cuyos niveles están aumentando en forma alarmante, producto de la quema de combustibles fósiles que da lugar al conocido efecto invernadero que provoca un cambio climático en la Tierra. De esta manera, el plancton, en forma directa o indirecta, puede tener una actuación destacada en la regulación del clima del planeta (Escribano y Castro, 2004).

ANTECEDENTES

La mayoría de los trabajos efectuados en el Caribe y especialmente hacia el oriente de Venezuela, como en la bahía de Mochima y otras zonas de surgencia adyacentes importantes del país, están enfocados principalmente en el fitoplancton. Uno de los mismos es el realizado por González y col. (2006), relacionado con la productividad primaria de dicha comunidad en la bahía de Mochima, durante eventos de surgencia y no surgencia.

Otros trabajos referentes a comunidades fitoplanctónicas conciernen al estudio de su biomasa, como son los de Gómez-Carvajal y col. (2002) y Rivas-Rojas y col. (2007) en playas próximas a Cumaná; Salazar y col. (2011) en la bahía de Mochima durante la época de lluvias y el de Lara-Rodríguez y col. (2015) en aguas superficiales de la zona costera de Chacopata, al noreste de Venezuela.

Con respecto al estudio de la composición y abundancia del fitoplancton, los trabajos más resaltantes corresponden a los de Pirela-Ochoa y col. (2008) en la bahía de Charagato, Isla de Cubagua y Navarro-Vargas y col. (2014) en la bahía Turpialito, golfo de Cariaco. Además de éstos, el estudio de Varela y col. (s.f.) incluye una revisión de publicaciones y reportes de trabajos realizados con fitoplancton, conteniendo datos de diversas campañas oceanográficas. Según el procedimiento empleado en la obtención de la información dicha investigación fue agrupada en tres secciones: composición y abundancia de las especies, pigmentos clorofílicos y producción primaria, e imágenes de satélite "Coastal Zone Color Scanner" CZCS.

Con relación al zooplancton, se han hecho diversos estudios en el Caribe incluyendo, de igual manera, el oriente del país. Sin embargo, los mismos no abundan con respecto a microcrustáceos planctónicos, y aún menos en zonas de surgencia. Los trabajos efectuados en la bahía de Mochima están orientados esencialmente hacia el saco (zona interna) y la boca (zona externa). Al respecto, los más relevantes corresponden al estudio de la abundancia y composición de dicha comunidad, como los de Expósito (1997), Marcano (2010), Marcano y col. (2010) y Narváez (2011), todos realizados en el saco. Por otra parte, el trabajo de Brito (2013) se enfocó en la biomasa del zooplancton asociado a formaciones coralinas, tanto en el saco como en la ensenada. En los estudios efectuados por Márquez y col. (2007) y Márquez-Rojas y col. (2008) se integran la abundancia, composición y biomasa del plancton, ambos con dos puntos de muestreo, uno situado en el canal y otro en la boca de la bahía.

Algunos trabajos sobre zooplancton se han hecho en otras zonas del oriente del país, como es el caso del golfo de Cariaco. Entre los relacionados con la composición y abundancia de organismos

planctónicos se encuentran los de Marín y col. (2004) y Márquez-Rojas y col. (2014). Por otro lado, los estudios que adicionan biomasa a las variables mencionadas anteriormente incluyen los de Morales (2008), Márquez y col. (2009) y Márquez-Rojas y col. (2011). El trabajo de Ramírez (2013) en esta localidad incluye densidad y distribución vertical del zooplancton.

Además del componente biótico, otros trabajos se centran principalmente en caracterizar zonas de surgencia en el Caribe mediante factores abióticos, como lo son los realizados por Castellanos y col. (2000) con un sensor infrarrojo AVHRR, y Aparicio-Castro y Contreras (2003) utilizando índices de surgencia costera. Un trabajo relevante que relaciona dicho índice con la composición y abundancia del plancton corresponde al de González (2003), en la bahía de Mochima.

Debido a que el plancton constituye la base de las redes tróficas marinas, su caracterización es primordial para conocer las dinámicas de esos ecosistemas. Dicha importancia se acentúa en áreas de surgencia privilegiadas por la influencia oceánica relacionada con la topografía submarina, como ocurre en la bahía de Mochima, ya que favorece el desarrollo y gran crecimiento del plancton, por lo que actúa como un vivero natural.

Finalmente, los trabajos realizados en la bahía durante surgencia se limitan únicamente a la parte externa (boca) de la misma, por lo que la investigación presente constituye el primer aporte donde se evaluará el alcance de dicha corriente dentro de la bahía, específicamente en el canal y la ensenada. Con base a esto, el propósito general del proyecto radica en determinar la composición y abundancia de copépodos y cladóceros, dos de los taxa principales del zooplancton, durante la época de surgencia, y establecer la relación que existe entre dichos grupos y un conjunto de características bióticas y abióticas determinadas en el ambiente.

HIPÓTESIS BIOLÓGICA

La composición y abundancia de copépodos y cladóceros de la bahía varían en función de un gradiente horizontal, a lo largo del canal y la boca.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

La hipótesis nula (H_0) indica que las medias poblacionales (μ) de copépodos y cladóceros en todas las estaciones son iguales, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) señala que al menos una pareja de medias poblacionales difiere entre sí.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \quad \forall i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$$\forall j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

OBJETIVO GENERAL

Estudiar los copépodos y cladóceros en época de surgencia de la bahía de Mochima, en un gradiente horizontal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y cuantificar las especies fitoplanctónicas.
2. Caracterizar la composición y abundancia de copépodos y cladóceros.
3. Determinar las variables fisicoquímicas del ambiente.
4. Establecer relaciones ecológicas entre las variables biológicas y fisicoquímicas a lo largo de la bahía.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Mochima (Parque Nacional Mochima) está situada en la vertiente norte de la Cordillera de la Costa ($64^{\circ}19'30''$ - $64^{\circ}22'30''$ O, $10^{\circ}24'$ - $10^{\circ}20'N$). Presenta una comunicación directa con la fosa de Cariaco a través de una boca de 1,7 km de ancho y 60 m de profundidad hacia el norte de la misma, y posee una extensión de 0,3-3,5 km de ancho y 7,6 km de largo, en dirección norte-sur, constituyendo un área de 24 km², haciendo frente a la influencia de los vientos alisios del noroeste (Okuda y col., 1968), por lo que es uno de los ecosistemas costeros favorecidos por procesos de surgencia costera (Márquez y col., 2007).

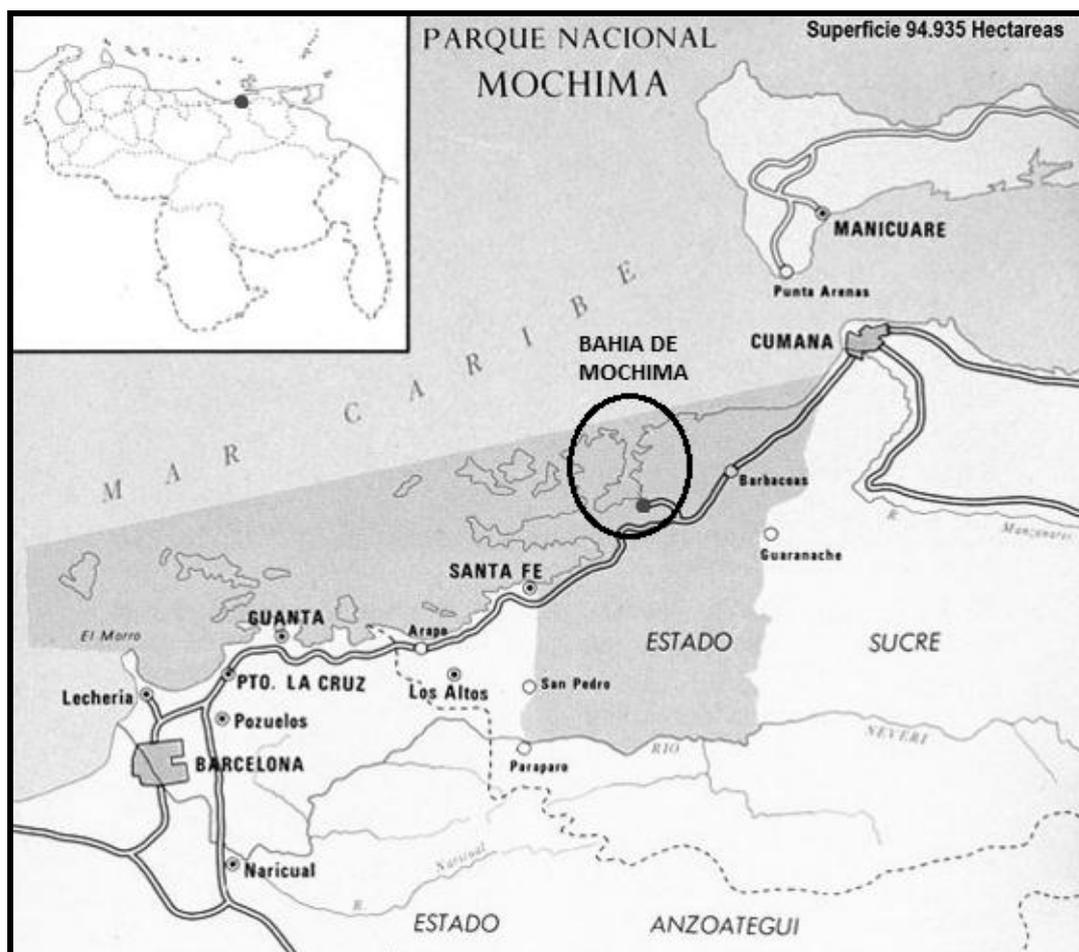


Figura 1. Ubicación de la bahía en el mapa geográfico de Venezuela.

La bahía puede ser dividida en tres zonas bien diferenciadas: zona interna, que se caracteriza por su topografía suave y regular con profundidad máxima de 20 m en aguas tranquilas, que disminuye progresivamente hasta las orillas; zona central, con costas de barrancas de caídas pronunciadas en ambos lados, determinando en parte las paredes del canal central, cuyas máximas profundidades llegan hasta 27 m; y zona externa, la cual presenta en general pocas irregularidades y un declive suave hacia la zona de la bahía, donde predominan costas de playas con caídas suaves hacia el mar y profundidades que alcanzan los 60 m con oleaje fuerte (Caraballo, 1968).

En lo referente al clima, la zona en estudio se corresponde con el llamado clima semiárido o árido cálido que incluye toda la franja costera oriental venezolana, comprendida entre Puerto La Cruz y Cumaná (Herrera y col., 1980), con un período de lluvia que se ubica entre julio y septiembre, y una estación de sequía entre los meses de diciembre y abril, que comprende temperaturas elevadas durante todo el año (Núñez y Hernández, 2013), las cuales se ubican por encima de 26°C y precipitaciones entre 300-699 mm/año, aproximadamente (Silva, 2010).

Con respecto a la fauna, la bahía posee áreas de nidificación y alimentación de varias especies de tortugas marinas, y un gran número de aves residentes y migratorias. Además, presenta una diversidad enorme de invertebrados marinos, mamíferos en el ambiente terrestre y gran riqueza de peces de importancia para la pesca artesanal. En cuanto a la flora, existe una vegetación variada constituida principalmente por praderas de fanerógamas en el fondo marino, en la parte terrestre escarpada hay gran cobertura de cactus, arbustos, helechos y orquídeas, mientras que en la zona litoral predominan manglares y especies costeras como hierba de vidrio, batatilla de playa, entre otras (Silva, 2010).

El área de estudio incluye 6 estaciones, ubicadas a lo largo de la bahía (Fig. 2):

- Estación 1 (Mangle Quemado), situada frente a la playa del mismo nombre en el medio del canal: 10°22'39,9"N - 64°20'43"O.
- Estación 2 (Punta Leona), dispuesta cerca de dicha zona: 10°22'56,4"N - 64°20'44,8"O.
- Estación 3 (Las Maritas), ubicada al final del canal frente a la entrada de la ensenada: 10°23'16,7"N - 64°20'37,7"O.
- Estación 4 (Playa Blanca), situada en el medio de la ensenada: 10°26'27,3"N - 64°20'37,8"O.
- Estación 5 (Boca): 10°23'42,9"N - 64°20'39,8"O.
- Estación 6 (Mar Abierto): 10°23'57,4"N - 64°20'41"O.

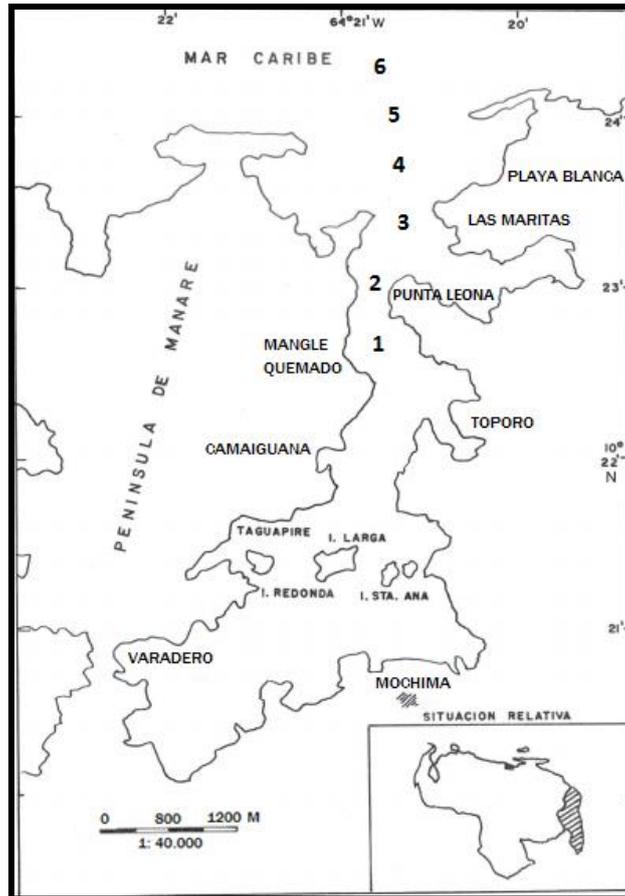


Figura 2. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo. Modificado de González (2003).

MÉTODOS DE CAMPO

El muestreo se realizó el 15 y 16 de marzo de 2016, que corresponde a la época de vientos (surgencia), en horas comprendidas entre las 7:00 AM y 3:00 PM, siendo el primer día desde las 11:30 AM – 3:00 PM (tarde), y el segundo desde las 9:30 AM – 11:30 AM (mañana). Para probar las hipótesis planteadas se seleccionó un modelo de diseño experimental de una vía completamente aleatorio de tipo I, replicando 12 veces. Se establecieron las variables, siendo la independiente la ubicación de las estaciones a través de un transecto, y las dependientes las densidades poblacionales de las especies zooplanctónicas y fitoplanctónicas, y las variables fisicoquímicas. El método de muestreo que se realizó para este modelo fue muestreo por conglomerado bietápico sistemático (2 muestras con submuestras). Este diseño determinó la toma de 12 muestras de zooplancton y 12 de fitoplancton, para un total de 24 muestras.

Se determinaron variables ambientales en el aire cada media hora a partir del momento en el cual se inició el muestreo en ambos días. Se midió la velocidad del viento y la temperatura del aire mediante un anemómetro digital, marca SPER SCIENTIFIC 84003, con la medición de 8 valores en

serie a los que se les calculó la media aritmética y desviación estándar. En el cuerpo de agua se determinó la transparencia con un disco Secchi. La salinidad y temperatura se establecieron con un medidor digital de salinidad, conductividad y temperatura, modelo YSI 30, en estratos verticales de 0-15 m. La radiación solar, tanto en aire como agua, se midió con un radiómetro digital de aire y agua, modelo LI-250A. Con los valores de las variables fisicoquímicas a distintas profundidades se construyeron perfiles, con el propósito de representar sus tendencias en la columna de agua.

El orden de la toma de cada muestra fue al azar y en forma sistemática a través del transecto entre los dos días de permanencia en el lugar. Muestras de fitoplancton se tomaron con una botella Van Dorn de 3 L en tres profundidades integradas (3, 6 y 9 m) en todos los puntos, y se fijaron *in situ* con solución de lugol. Las muestras de zooplancton se colectaron mediante barridos verticales con empleo de una red cónica ($\varnothing = 280 \mu\text{m}$) de la columna de agua, y se fijaron *in situ* con formol técnico 10% (v/v). Las amplitudes de las profundidades se fijaron según la batimetría de cada estación:

- Estaciones 1 y 2 = 25 m.
- Estación 3 = 35 m.
- Estación 4 = 56 m.
- Estaciones 5 y 6 = 70 m.

Es preciso indicar que las variables mencionadas anteriormente, tanto fisicoquímicas como biológicas, no pudieron ser medidas durante el segundo día de muestreo (16/03/16) en la estación 6 (la más lejana), debido a falta de presupuesto para cubrir el costo adicional por el viaje a dicho punto lejano.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Las muestras de fitoplancton se sometieron a un proceso de sedimentación en cilindros graduados de 1 L por 48 horas. Luego de esto, la mayor parte del volumen de dichas muestras se eliminó por decantación o transporte pasivo (capilaridad), hasta 100 ml aproximadamente. Seguidamente, se tomaron submuestras de 25 ml, las cuales se colocaron en cámaras de sedimentación con ese aforo y se dejaron sedimentar por 4 horas. Las mismas se observaron con un microscopio invertido para la cuantificación de la abundancia del fitoplancton por el método de conteo de bandas (Utermöhl, 1930), mediante la ecuación:

$$D = \frac{S}{I \cdot a \cdot V} N \cdot 1000$$

Donde:

D = densidad poblacional de una especie fitoplanctónica.

S = superficie o área de la base circular de la cámara (πr^2).

I = longitud de la banda contada, la cual corresponde al diámetro de la base de la cámara (2 cm).

a = ancho de la banda, el cual depende del aumento del objetivo donde se observará la muestra.

V = volumen de la cámara (25 ml).

N = número de células contadas en la alícuota de 25 ml.

El ancho de la banda fue medido con una escala de referencia grabada en un portaobjetos. Para cada objetivo se obtuvieron los siguientes valores:

- 10x: a = 2 mm.
- 20x: a = 0,99 mm.
- 40x: a = 0,5 mm.

A partir de la ecuación anterior, las densidades poblacionales quedaron expresadas en células por litro (cél./L). Al mismo tiempo, se procedió a la identificación de los taxa fitoplanctónicos dominantes. Para ello se contó con bibliografía especializada, la cual contiene claves, dibujos e imágenes (Marshall 1986, La Barbera 1991, Guiry 1996-2016). Como en el caso del zooplancton, se consultó a especialistas en estos taxa. A su vez, se tomaron fotos de los organismos de ambas comunidades planctónicas mediante una cámara digital PAXCAM acoplada al microscopio invertido y computadora, y con un microscopio digital con pantalla marca CELESTRON.

La primera etapa del procesamiento de las muestras de zooplancton consistió en la medición del volumen de campo (volumen total) en cilindros graduados de 1 L. Para la cuantificación de los organismos zooplanctónicos (copépodos y cladóceros) se tomaron dos submuestras de 3 ml con una pipeta Pasteur, las cuales se colocaron en una cámara Bogorov. En este instrumento se hicieron las cuantificaciones de las poblaciones de copépodos y cladóceros utilizando un microscopio

estereoscopio (lupa) marca WILD HEERBRUGG, y la extrapolación de dichos conteos en la submuestra al volumen total se hizo por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{N}^\circ \text{ org. totales} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de org. de la muestra} \times \text{Vol. total}}{\text{Vol. submuestra}}$$

El volumen de arrastre fue determinado por la ecuación:

$$V = d \cdot \pi \cdot r^2$$

Donde:

d = profundidad de arrastre.

r = radio del aro de la red (0,25 m).

A partir de la relación entre el número total de individuos de cada especie de copépodo y cladóceros y el volumen de arrastre, la densidad poblacional quedó expresada en individuos por metro cúbico (Ind./m³).

En forma simultánea, se realizó la identificación taxonómica de las especies. Para la observación de estructuras diagnósticas que no pudieron ser apreciadas en la lupa, se utilizó un microscopio invertido marca LEICA DMIL. Para la taxonomía de estos organismos se consultó bibliografía especializada (Campos y Suárez 1994, Razouls y col. 2005-2016, Boxshall y col. 2014), así como el empleo del método comparativo con dibujos e imágenes. Adicionalmente, se consultó con especialistas en estos taxa.

ANÁLISIS DE DATOS

Las variables fisicoquímicas y biológicas se ordenaron en matrices de datos, donde las mismas se ubicaron en columnas y los casos (estaciones) en filas. Estos datos se analizaron con estadística descriptiva. Para pruebas de inferencia estadística se utilizaron modelos lineales de una vía, usando como variables independientes las estaciones (seis niveles) con dos muestras tomadas en cada una, mientras que las variables dependientes aleatorias fueron las densidades poblacionales de las especies zooplanctónicas (copépodos y cladóceros), fitoplancton y factores fisicoquímicos. Se realizaron diagramas circulares y gráficas de columnas para representar las proporciones y abundancias absolutas, respectivamente, de los grupos y especies más importantes del fitoplancton y zooplancton (copépodos y cladóceros).

Antes de aplicar el modelo lineal completamente aleatorizado, se realizó un análisis de datos con las variables dependientes con la finalidad de observar los parámetros de las mismas, corroborar los supuestos del modelo y escoger aquellas que se utilizaron para confirmar la hipótesis nula o alternativa.

Los programas para manejar los datos fueron Stat-ease design expert Ver. 7.0 y Statgraphics Centurion XVI Ver. 16.1.15. Se hicieron pruebas sucesivas de Lilleford para las distintas variables dependientes. Utilizando el método de Box-Cox se escogieron las transformaciones pertinentes para cada una de ellas: $\log(Y)$ y $1/Y$. Las variables que no pudieron normalizarse, ya que sólo aparecieron en 1 ó 2 estaciones, se eliminaron en los análisis a posteriori. Con el resto de las variables transformadas y las normales, se recalcularon los estadísticos descriptivos (media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación), y se reordenó la matriz en forma creciente de acuerdo a este último parámetro.

A partir de un Análisis de Componentes Principales (ACP) sistemático, utilizando como variable auxiliar el Coeficiente de Variación (CV), se escogieron las variables dependientes más importantes desde el punto de vista estadístico; en el mismo se incluyeron especies y variables fisicoquímicas. Para corroborar la homogeneidad de varianzas de las variables escogidas se utilizó la prueba de Bartlett. Con aquellas que resultaron no homogéneas se aplicó una prueba Kruskal-Wallis, y con el resto se empleó un modelo lineal de una vía ($\alpha = 0,05$). Un Análisis de Agrupamiento (Cluster Analysis), con el método de Ward como criterio de agrupamiento y distancia Euclídea como índice de disimilitud, sirvió para constatar los resultados obtenidos del modelo anterior.

Un Análisis de Varianza (ANOVA) para el diseño de un factor ($\alpha = 0,05$), con prueba a posteriori de Diferencia de Mínimos Significativos (DMS), estableció si existían o no diferencias significativas entre las densidades poblacionales de las especies de copépodos y cladóceros escogidas previamente mediante el ACP entre las estaciones a lo largo de la bahía.

RESULTADOS

VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS

A continuación, se describen los datos obtenidos con relación a las variables ambientales determinadas en el aire (ver datos totales en Apéndice 1) y agua (ver datos totales en Apéndice 2), durante los dos días de captación de muestras.

1. AIRE

La Fig. 3 representa la radiación solar medida durante el tiempo de muestreo. En ambos días esta variable siguió tendencias similares, pues fue baja en las primeras horas de muestreo en la mañana y aumentó progresivamente en el transcurso del día. Los valores más altos se obtuvieron a la 1:00 PM (1628,7 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$, para el 15 de marzo), y 11:45 AM (1884 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$, el 16 de marzo). Hacia horas de la tarde del primer día de muestreo, la radiación disminuyó de manera considerable debido a la nubosidad. La radiación solar media durante el periodo de muestreo fue 1237,7 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$.

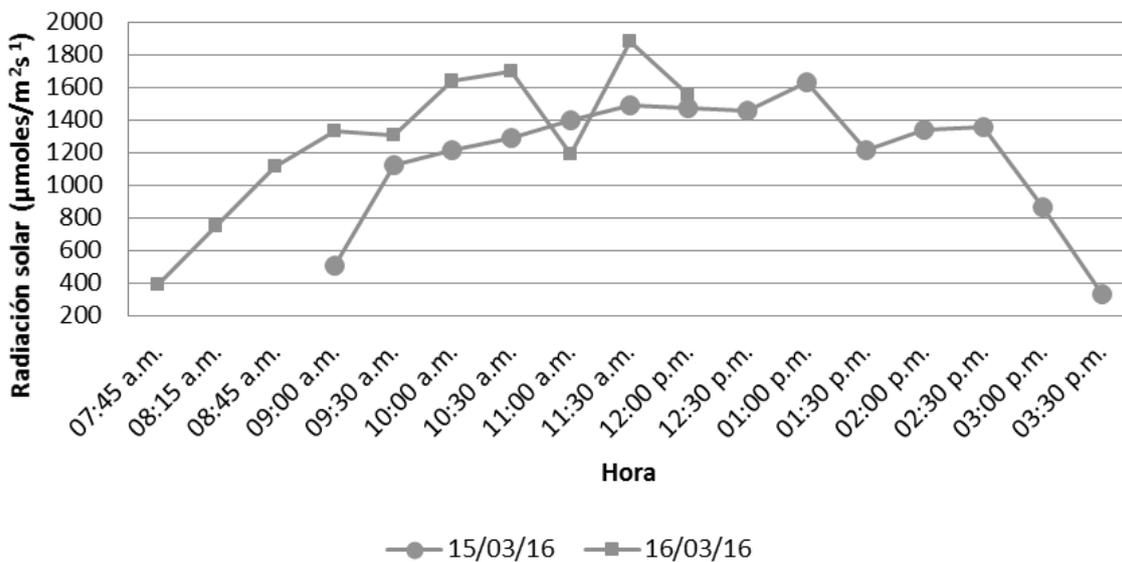


Figura 3. Radiación solar en el aire durante los días de captación de muestras.

La temperatura media durante el período correspondiente a surgencia (diciembre 2015 – abril 2016), cuyos datos fueron suministrados por el Aeropuerto de Cumaná, osciló entre 26-28°C, siendo enero el mes con temperaturas menores, mientras que las mayores correspondieron a abril. Estos registros consistieron en mediciones diarias durante cada mes (Fig. 4).

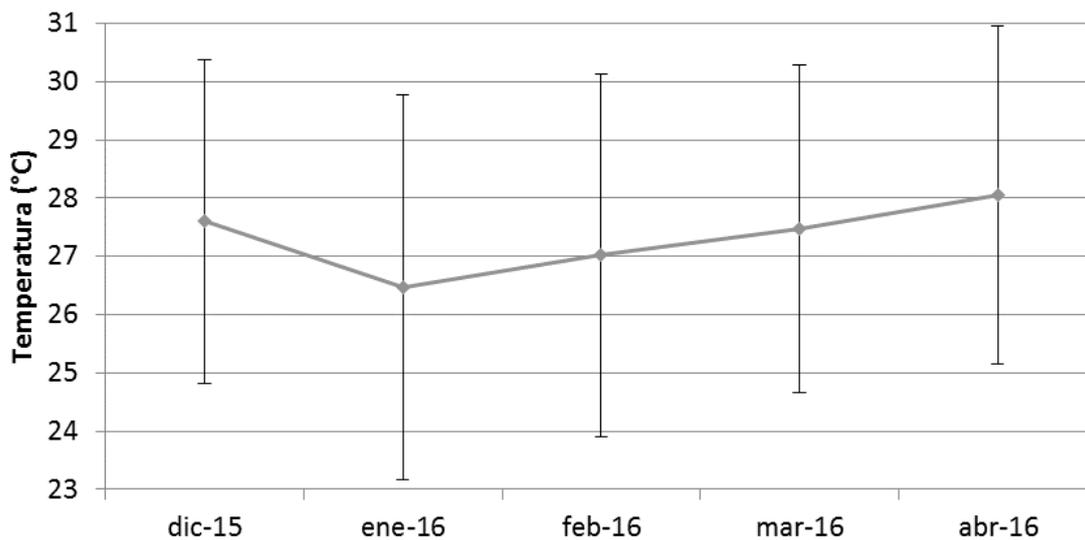


Figura 4. Variación de la temperatura media del aire durante el período de surgencia. Fuente: Aeropuerto de Cumaná.

En lo que concierne a los valores de temperatura obtenidos en este trabajo, el 15 de marzo presentó una variación mayor, lo que se evidenció en ciertas horas (primeras horas de la mañana y en la tarde a partir de las 3:00 PM). En este día el valor máximo se registró a las 2:30 PM (35,9°C), mientras que el 16 de marzo resultó a las 11:15 AM (34,5°C). En general, el segundo día exhibió temperaturas mayores durante el tiempo de captación de muestras, esto para horas donde ambos muestreos coincidieron (Fig. 5). La temperatura media durante el periodo de muestreo fue 31,4°C.

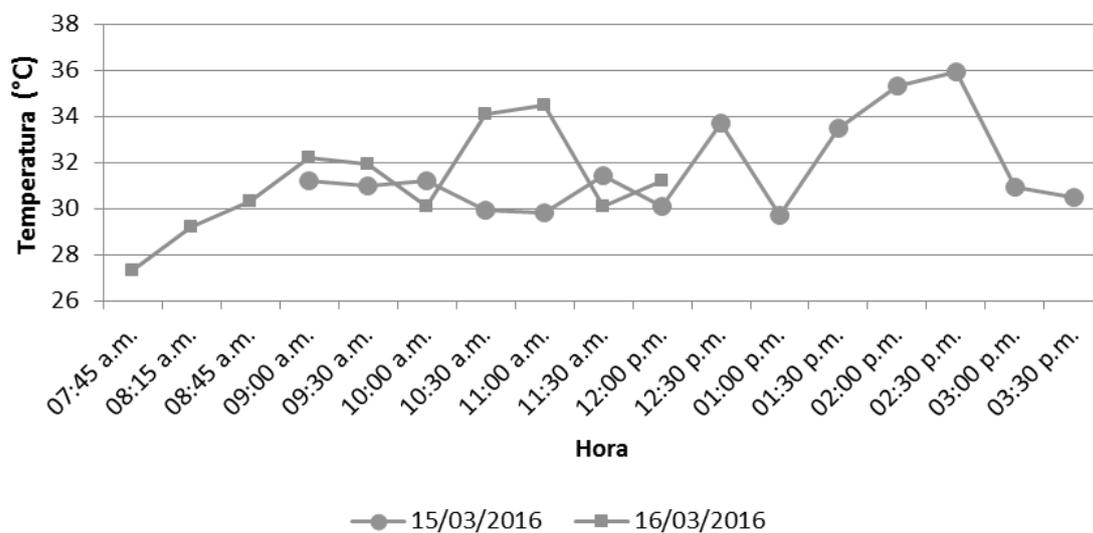


Figura 5. Temperatura del aire correspondiente a los días de captación de muestras.

Los datos correspondientes a la velocidad media del viento registrados por el Aeropuerto de Cumaná indican que este factor durante los meses propios al evento de surgencia variaron entre 5 – 5,5 m/s, siendo abril el mes con los valores más bajos y desviación estándar mayor. De igual manera, estos registros consistieron en mediciones diarias durante cada mes (Fig. 6).

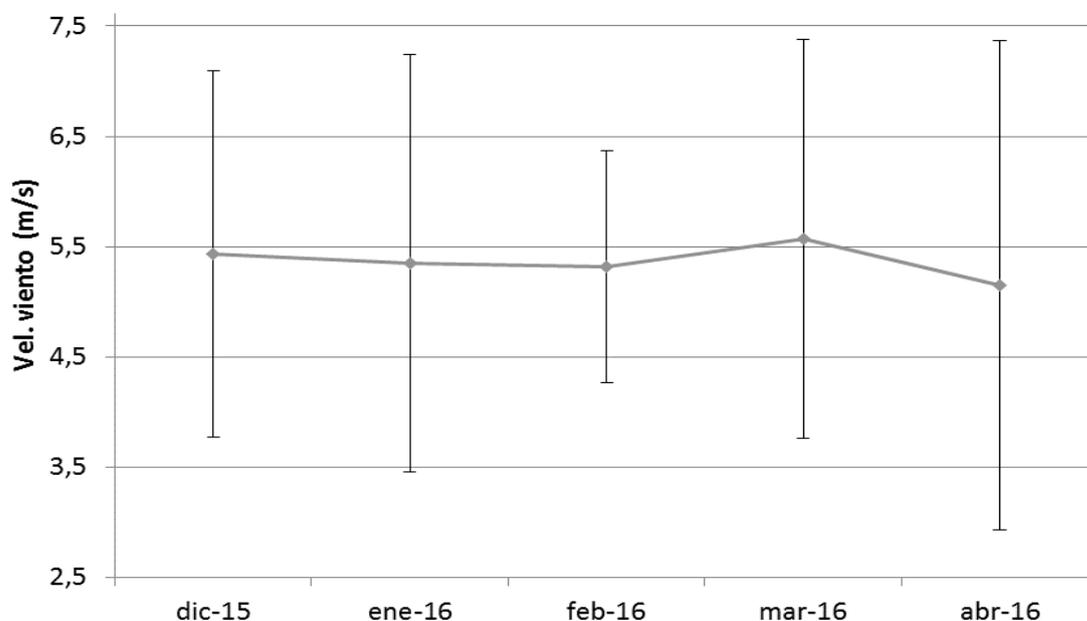


Figura 6. Variación de la velocidad del viento durante el período de surgencia. Fuente: Aeropuerto de Cumaná.

Las mediciones realizadas durante el trabajo de campo variaron notablemente. En ambos días, los vientos aumentaron durante el transcurso de las horas. En horas donde los muestreos interdiarios coincidieron, el 16 de marzo se presentaron valores mayores, siendo el máximo a las 11:45 AM (5,43 m/s), mientras que el máximo para el 15 de marzo fue a las 3:30 PM (5,39 m/s). Para ambos días, los valores incrementaron en forma ostensible al final del muestreo (Fig. 7). La velocidad media del viento durante el periodo de muestreo fue 2,76 m/s.

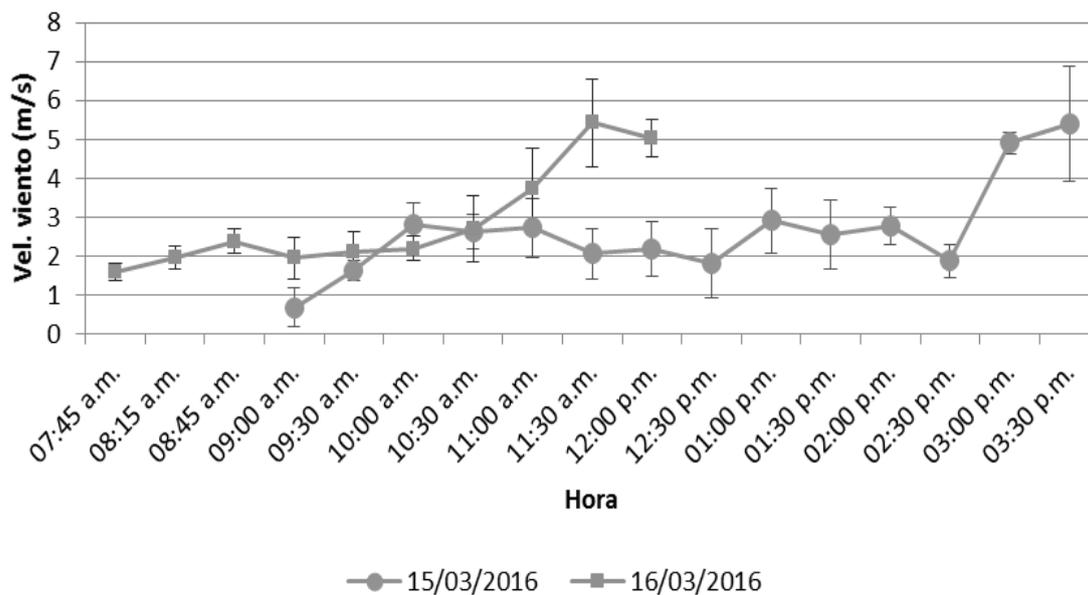


Figura 7. Velocidad del viento registrada los días de captación de muestras.

2. AGUA

Se exponen a continuación los datos obtenidos para las variables fisicoquímicas determinadas en el agua. La transparencia del cuerpo de agua durante ambos días de muestreo siguió tendencias parecidas, puesto que aumentó progresivamente desde la estación 1 a la 6 (del canal a la boca). El día 16 de marzo exhibió transparencias mayores en la mayoría de las estaciones respecto al día anterior, donde el valor máximo se obtuvo en la estación 5 (18,8 m de profundidad). En el caso del día 15 de marzo, dicho valor se consiguió en la estación 6 (20,6 m de profundidad) (Fig. 8).

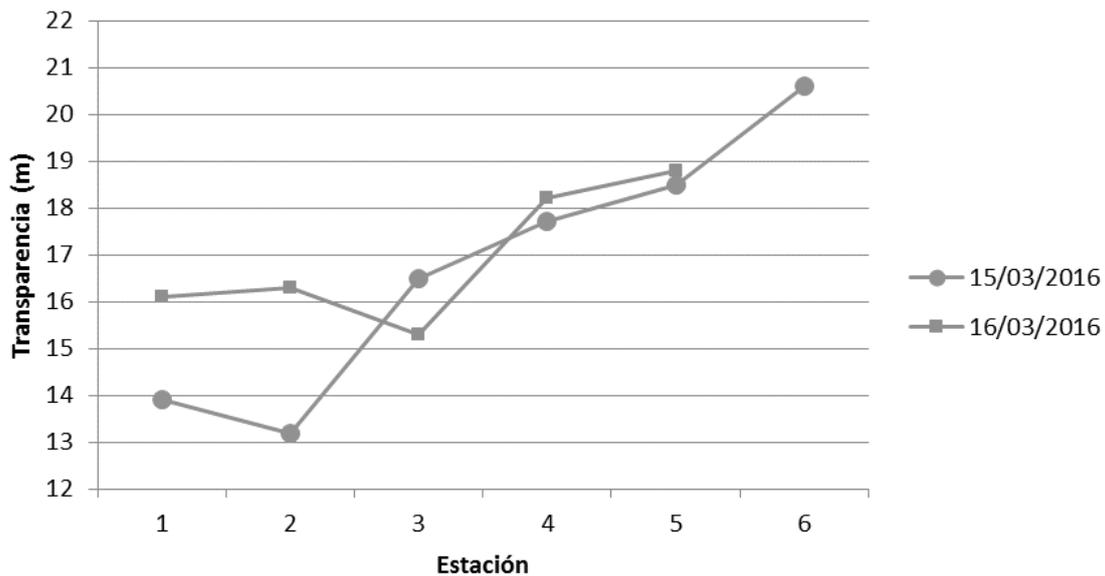


Figura 8. Transparencia del agua durante los días de captación de muestras.

La radiación solar varió notablemente a lo largo de la columna de agua. El primer día las estaciones de la zona externa de la bahía (4 y 5) presentaron radiaciones mayores en la superficie (1452,2 y 1449,8 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente), mientras que las estaciones 2 y 3 exhibieron los valores menores (1056,5 y 1163,7 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente). De todas las estaciones, la 6 mantuvo la radiación más alta a los 15 m de profundidad (Fig. 9a).

Con respecto al segundo día, la radiación solar máxima en la superficie correspondió a la estación 5 (1512,7 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$), seguido por la 2 (1206,6 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$), concerniendo los valores más bajos a las estaciones 1 y 4 (758,9 y 903,5 $\mu\text{moles}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente). A los 15 m de profundidad las estaciones 2 y 5 presentaron radiaciones mayores (Fig. 9b). A pesar de que el primer día de muestreo esta variable fue más alta en la superficie en casi todas las estaciones, a partir del primer metro la radiación disminuyó de manera abrupta en comparación con el día 16 de marzo, el cual a

su vez mantuvo valores mayores de radiación a lo largo de la columna de agua a partir de esa profundidad.

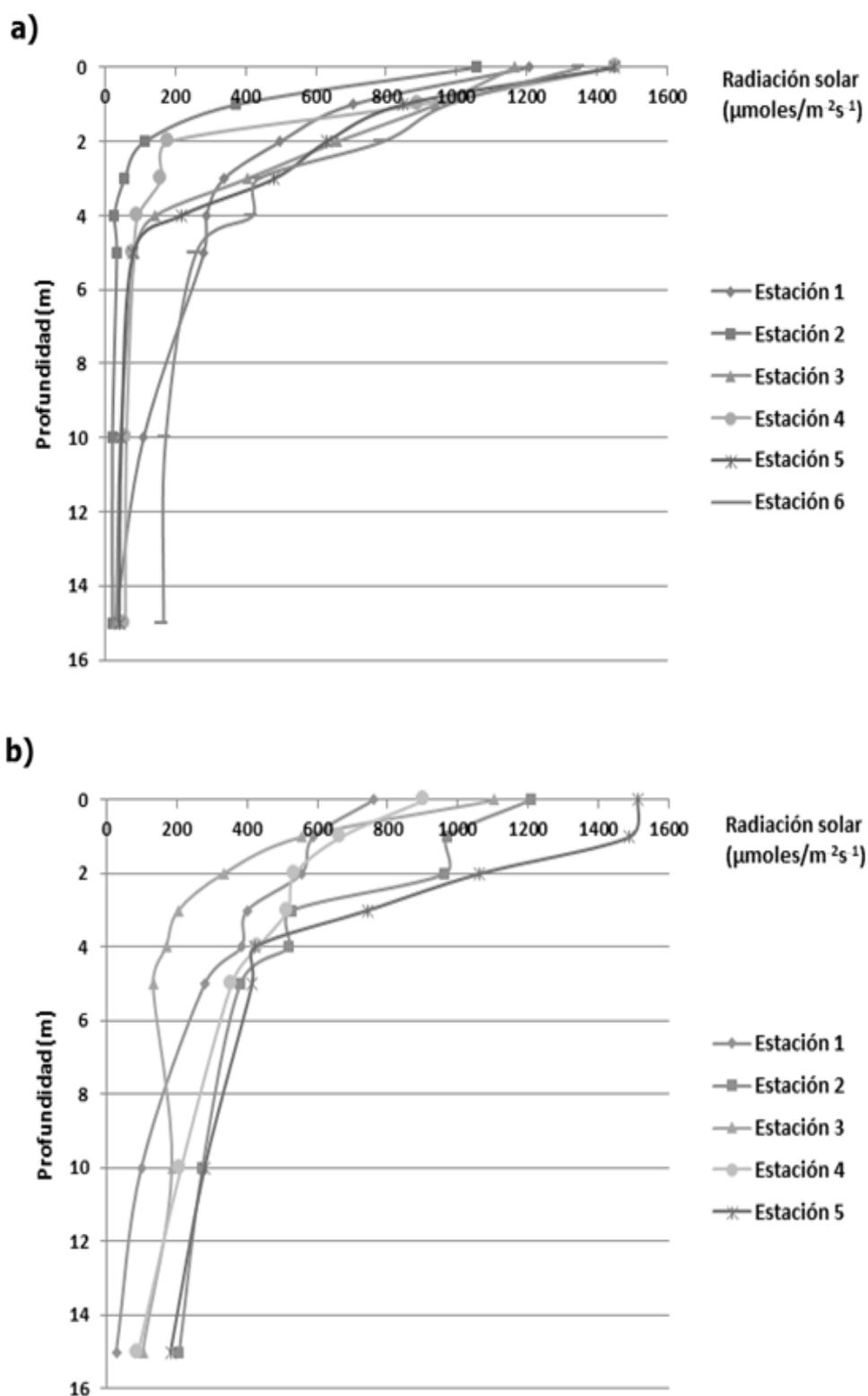


Figura 9. Radiación solar en la columna de agua de cada estación. **a.** 15/03/16. **b.** 16/03/2016.

Los valores de salinidad mostraron alta estabilidad entre las estaciones, sólo el 16 de marzo presentó mayor fluctuación en la estación 5. El primer día el valor más alto en la superficie se encontró en la estación 4 (37,3‰), seguido por la 1 (37,2‰), mientras que los más bajos correspondieron a las estaciones 6 (36,7‰) y 5 (36,6‰). En las primeras cuatro estaciones este factor varió en los estratos iniciales (hasta 5 m de profundidad), y a partir de dicho punto se mantuvieron constantes hasta 15 m. La estación 6 conservó el mismo valor de salinidad en la columna de agua, a diferencia de la estación 5, en la cual la salinidad disminuyó en los primeros estratos, y a partir de 5 m volvió a aumentar hasta 36,6‰ (Fig. 10a).

El 16 de marzo tuvo menor variación de la salinidad, pero valores mayores al día anterior, ya que en todas las estaciones oscilaron entre 36,9-37,1‰ tanto en la superficie como en el resto del cuerpo de agua (Fig. 10b). Tanto el valor más alto registrado durante los días de captación de muestras, así como el más bajo, se observaron el 15 de marzo (36,4‰ y 37,3‰, respectivamente).

Con respecto a la temperatura, en el primer día de captación de muestras se encontraron los valores máximos en las estaciones ubicadas en la zona central de la bahía, siendo los más altos los correspondientes a la estación 1 (27,8°C en superficie), mientras que los más bajos pertenecieron a las estaciones de la zona externa, con un valor mínimo en la 6 (26,1°C en superficie). En todas las estaciones la temperatura disminuyó gradualmente en profundidad, observándose una termoclina en la columna de agua (Fig. 11a).

El segundo día de muestreo presentó una tendencia similar al anterior. La temperatura más alta se determinó en la estación 1 (27,2°C en superficie), y la menor en la 5 (25,9°C en superficie). De igual manera, se evidenció la formación de una termoclina en el cuerpo de agua. En forma general, el primer día de muestreo presentó un intervalo más amplio de temperaturas que el segundo (Fig. 11b).

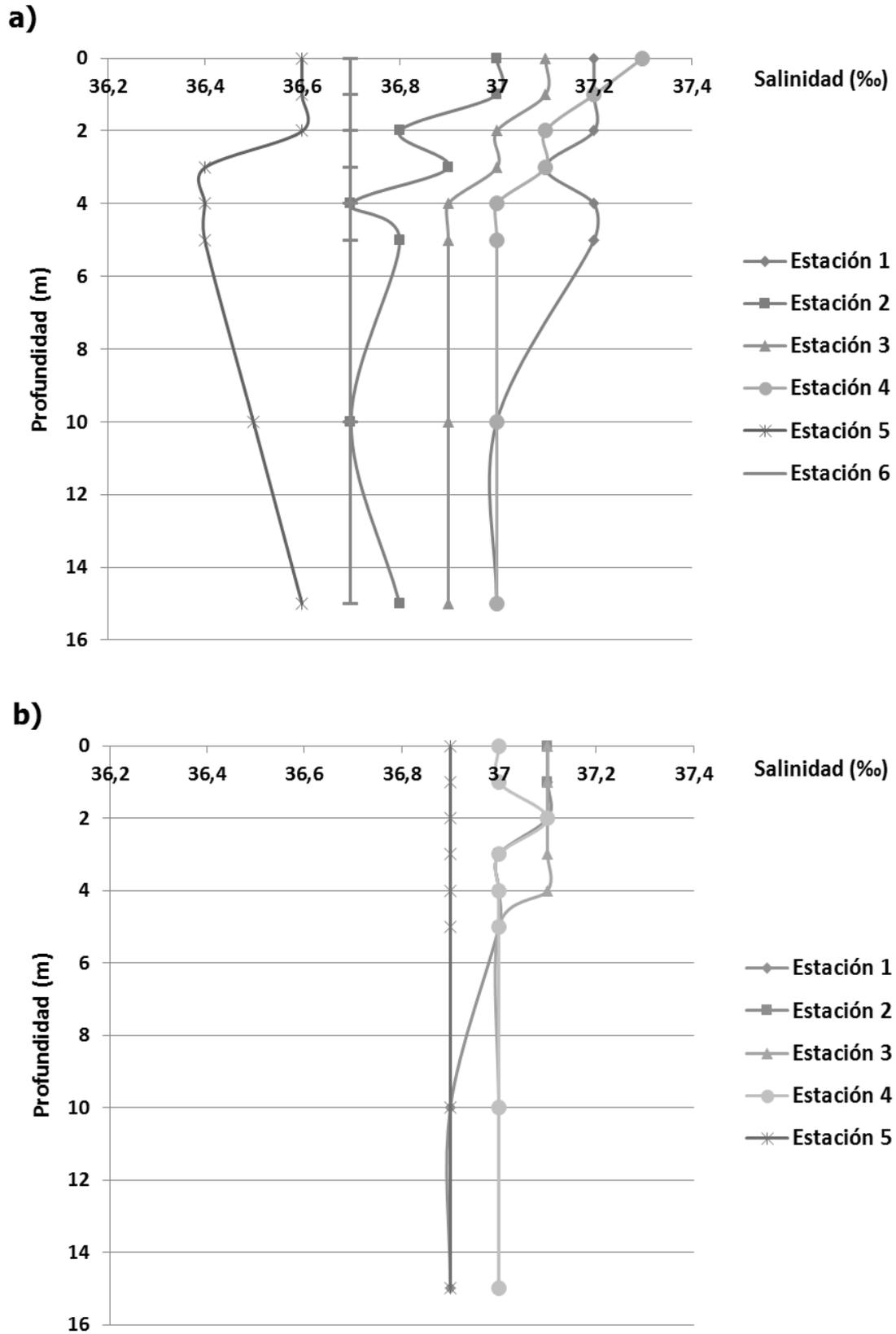


Figura 10. Salinidad en la columna de agua de cada estación. **a.** 15/03/16. **b.** 16/03/2016.

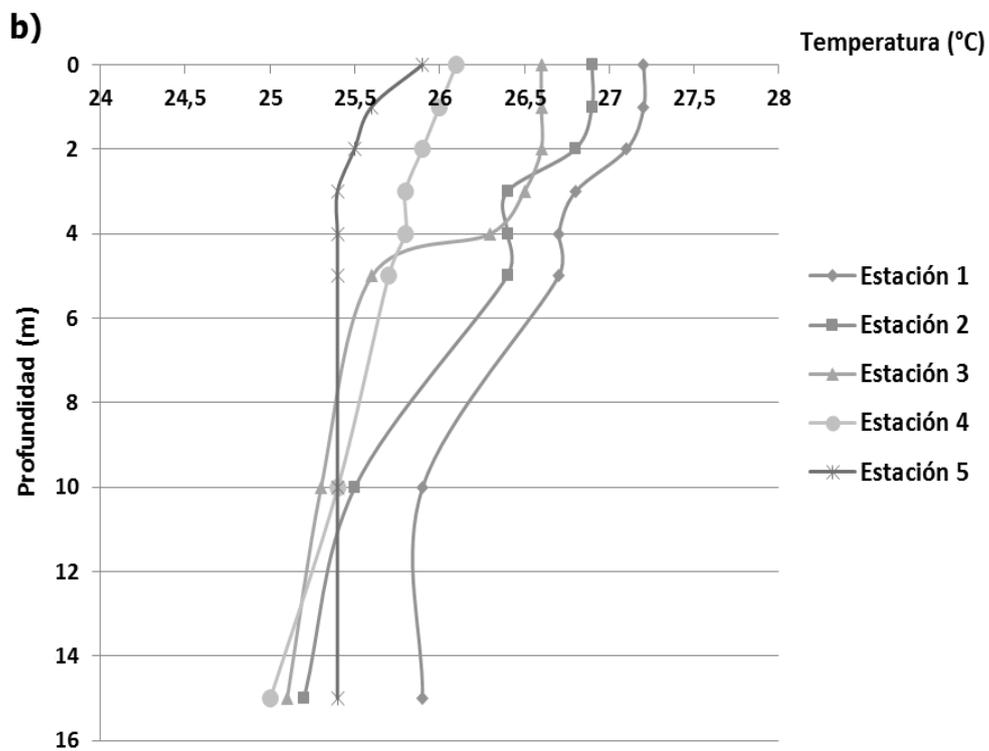
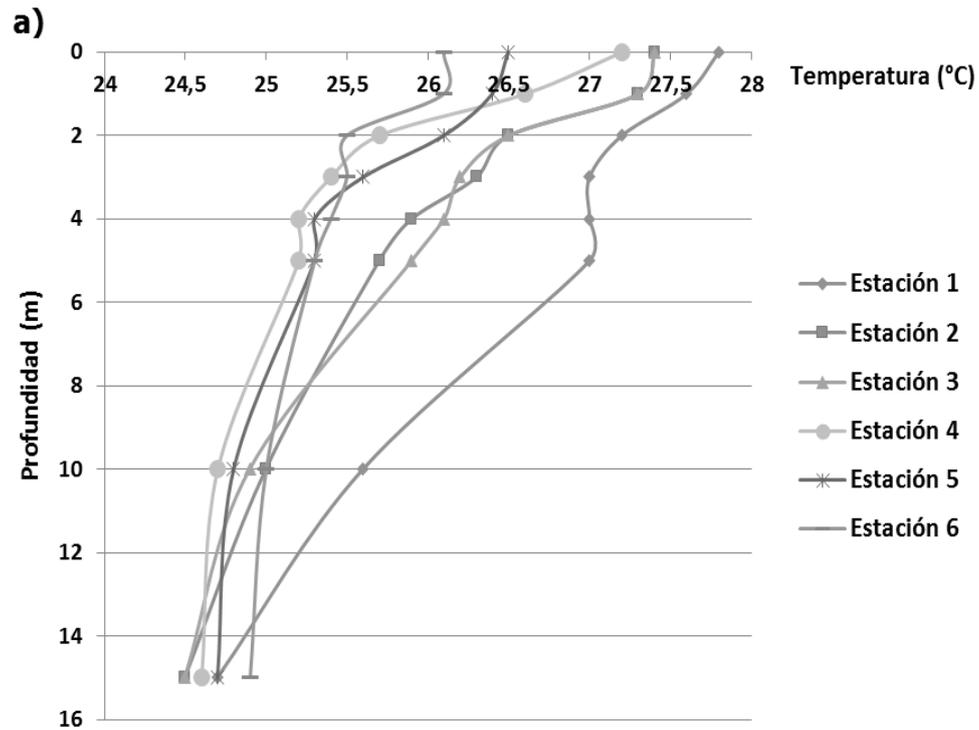


Figura 11. Temperatura en la columna de agua de cada estación. **a.** 15/03/16. **b.** 16/03/2016.

VARIABLES BIOLÓGICAS

1. FITOPLANCTON

1.1 COMPOSICIÓN Y RIQUEZA

En la Tabla 1 se presentan las especies fitoplanctónicas registradas durante los dos días de captación de muestras. En el Apéndice 3 se pueden observar los cómputos.

Se obtuvieron en total 78 especies repartidas en: 6 de cianobacterias (5 géneros), 21 de diatomeas (18 géneros) y 51 de dinoflagelados (17 géneros). De este último grupo, algunas de ellas se observaron en toda la bahía, como *Prorocentrum gracile*, *Protoperidinium excentricum*, *Tripos furca* y *Tripos kofoidii* (sombreadas). La estación más rica en especies fue la 6, con un total de 39 registradas, seguida por la 1 (29 especies), y las que presentaron menor diversidad fueron las estaciones 3 y 5, con 16 y 18 especies halladas, respectivamente. El mayor número de cianobacterias se obtuvo en el canal, las diatomeas en Mangle Quemado y Mar Abierto, mientras que la mayor diversidad de dinoflagelados se consiguió en la estación 6.

Tabla 1. Presencia de diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias en la bahía.

Taxa	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6
CIANOBIACTERIAS						
<i>Chroococcus minutus</i>				x		
<i>Chroococcus turgidus</i>	x	x				
<i>Nostoc</i> sp.	x					
<i>Oscillatoria</i> sp.		x				
<i>Stigonema</i> sp.					x	
<i>Trichodesmium thiebautii</i>						x
Total	2	2	0	1	1	1
DIATOMEAS						
<i>Amphiprora</i> sp.	x					
<i>Amphora</i> sp.						x
<i>Bacteriastrium</i> sp.	x					
<i>Biddulphia rhombus</i>	x					
<i>Cocconeis</i> sp.		x			x	
<i>Coscinodiscus</i> sp.						x
<i>Epithemia</i> sp.						x
<i>Fragilaria cylindrus</i>	x					
<i>Fragilaria</i> sp.	x			x		
<i>Fragilaria striatula</i>						
<i>Hyalodiscus stelliger</i>	x					
<i>Licmophora lyngbyei</i>				x		
<i>Melosira borneri</i>				x	x	

<i>Navicula</i> sp.	x		x	x		
<i>Nitzschia improvisa</i>						x
<i>Nitzschia</i> sp.	x				x	
<i>Pinnularia gibba</i>		x				
<i>Proboscia truncata</i>						x
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>						x
<i>Skeletonema tropicum</i>	x	x			x	x
<i>Thalassiosira subtilis</i>			x			
Total	9	3	2	4	2	7
DINOFLAGELADOS						
<i>Alexandrium tamarense</i>	x	x		x		
<i>Ceratium massiliense</i>	x	x	x		x	
<i>Ceratocorys</i> sp.	x					
<i>Cochlodinium catenatum</i>						x
<i>Dinophysis ovum</i>	x	x			x	x
<i>Diplopsalis lenticula</i>			x	x	x	x
<i>Gonyaulax apiculata</i>			x			
<i>Gonyaulax polygramma</i>						x
<i>Gyrodinium fissum</i>						x
<i>Noctiluca scintillans</i>	x	x		x		
<i>Ornithocercus magnificus</i>				x		x
<i>Ornithocercus steinii</i>						x
<i>Oxytoxum diploconus</i>						x
<i>Oxytoxum reticulatum</i>	x					
<i>Oxytoxum scolopax</i>				x		
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>	x	x				x
<i>Polykrikos schwartzii</i>						x
<i>Prorocentrum gracile</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Prorocentrum lima</i>						x
<i>Prorocentrum micans</i>	x	x		x		x
<i>Prorocentrum minimum</i>	x	x		x		x
<i>Protoceratium reticulatum</i>						
<i>Protoberidinium aff P. curvipes</i>	x					
<i>Protoberidinium balticum</i>				x	x	
<i>Protoberidinium breve</i>		x		x		x
<i>Protoberidinium conicum</i>		x				
<i>Protoberidinium crassipes</i>	x					
<i>Protoberidinium curvipes</i>				x		x
<i>Protoberidinium decipiens</i>			x	x		
<i>Protoberidinium depressum</i>		x	x	x	x	x
<i>Protoberidinium divergens</i>		x	x			x
<i>Protoberidinium excentricum</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Protoberidinium granii</i>		x				
<i>Protoberidinium ovatum</i>		x			x	

<i>Protoberidinium oviforme</i>	x					x
<i>Protoberidinium pedunculatum</i>		x			x	x
<i>Protoberidinium pellucidum</i>		x		x	x	x
<i>Protoberidinium pentagonum</i>			x			
<i>Protoberidinium pyriforme</i>				x		
<i>Protoberidinium roseum</i>				x	x	x
<i>Protoberidinium simulum</i>						x
<i>Protoberidinium sphaericum</i>						x
<i>Protoberidinium steinii</i>	x			x	x	x
<i>Triadinium polyedricum</i>						x
<i>Tripos candelabrus</i>						x
<i>Tripos dens</i>						x
<i>Tripos extensus</i>			x			
<i>Tripos furca</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Tripos fusus</i>	x	x	x	x	x	
<i>Tripos kofoidii</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Tripos tripos</i>			x			
Total	18	20	14	21	15	31
Riqueza total por estación	29	25	16	26	18	39

1.2 ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN

La comunidad fitoplanctónica estuvo representada principalmente por los dinoflagelados a lo largo del gradiente horizontal durante los dos días de captación de muestras, seguidos por las cianobacterias y finalmente las diatomeas (Fig. 12).

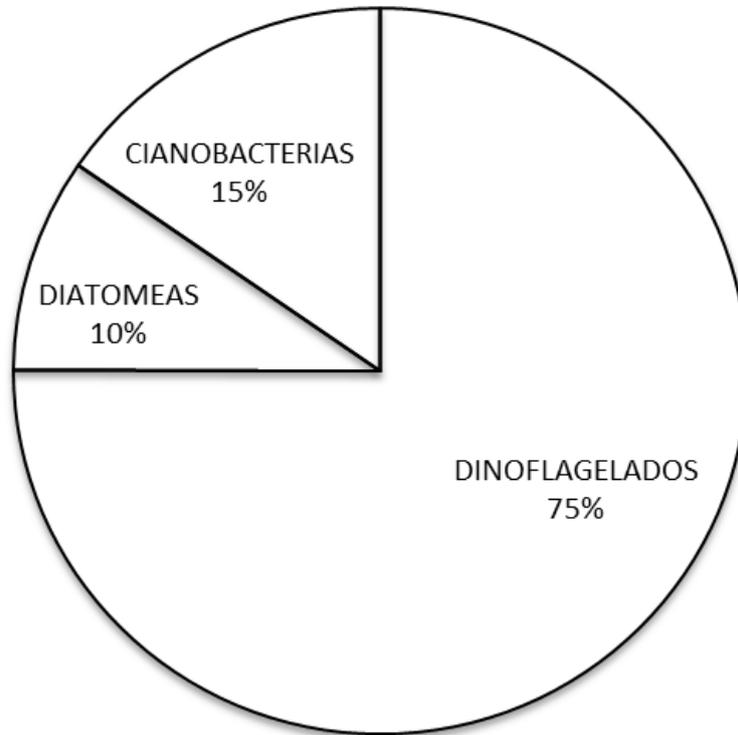


Figura 12. Abundancia porcentual total de los grandes grupos fitoplanctónicos.

El fitoplancton estuvo representado en orden de importancia por dos grupos de tallas: nanoplancton (2-20 μm), y microplancton (20-200 μm). Este último grupo dominó sobre el primero con un 54% de abundancia total (Fig. 13).

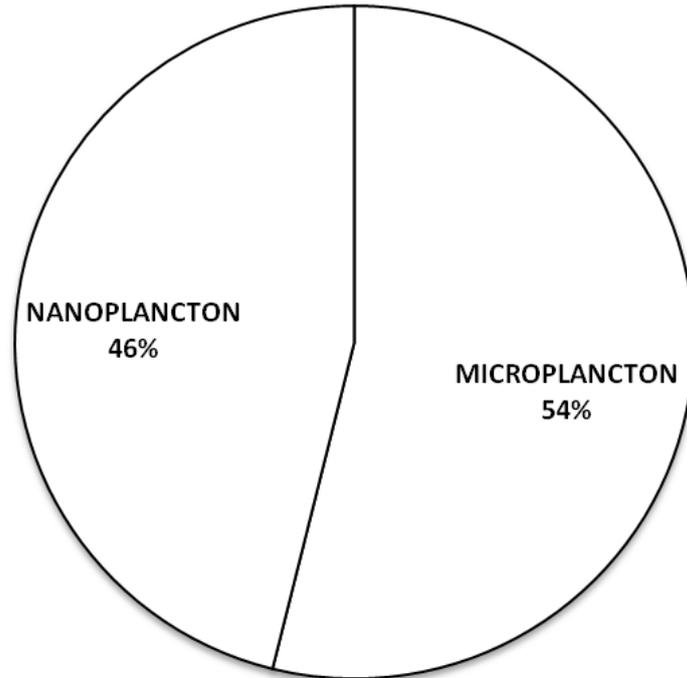


Figura 13. Abundancia porcentual total del fitoplancton por tallas: nanoplancton (2-20 μm), y microplancton (20-200 μm).

Con respecto a la abundancia por especies (Fig. 14), se consideraron aquellas cuyos valores se encontraban por encima de 2.800 cél./L como las más representativas en las muestras (>3%). La más abundante fue *Prorocentrum gracile*, con un 28% de abundancia total, incluyendo los dos días de muestreo, seguida por *Chroococcus minutus* (13%), *Tripos kofoidii* (9%), y *T. fusus* (8%). Otra cianobacteria que se incluye en este conjunto de especies es *Trichodesmium thiebautii* (6%). El género *Protoperidinium*, correspondiente a los dinoflagelados, estuvo representado por varias especies como *Protoperidinium aff P. curvipes* (5%), *P. divergens* (3%), *P. excentricum* (6%) y *P. pellucidum* (3%). Las diatomeas también conforman este grupo, siendo *Rhizosolenia shrubsolei* la más numerosa (5%). Por otro lado, la mayoría de las especies obtuvieron una abundancia menor a la establecida anteriormente, por debajo de 1.000 cél./L (<3%).

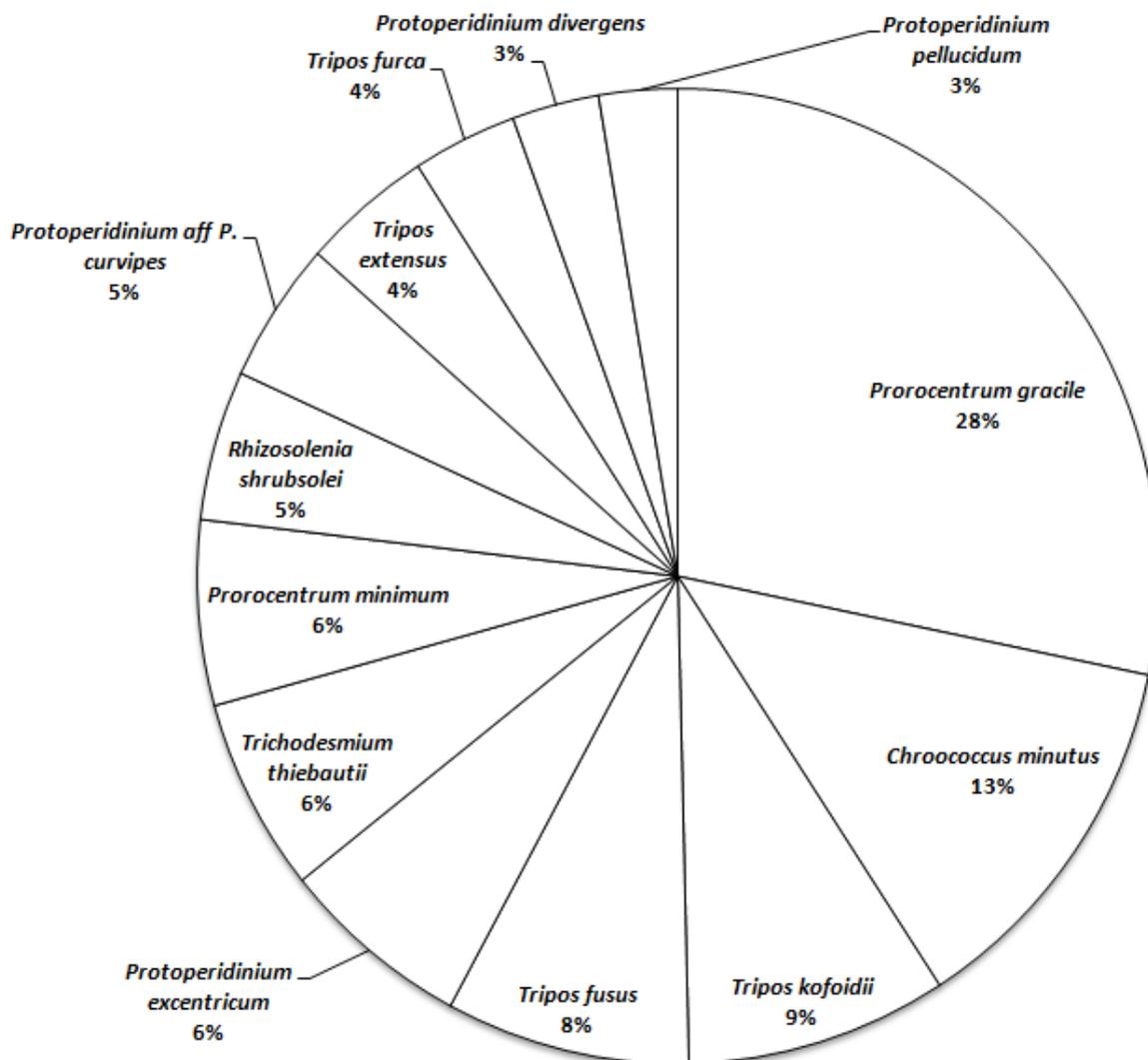


Figura 14. Abundancia porcentual total de las especies fitoplanctónicas dominantes (>2.800 cél./L).

La distribución de las especies a lo largo de la bahía se observa a continuación en la Fig. 15. El primer día de captación de muestras los organismos fueron más abundantes y presentaron mayor distribución a lo largo de las estaciones que durante el segundo día.

El 15-03-16 las cianobacterias se encontraron en todas las estaciones menos en la 3, y fueron más abundantes en la estación 2 debido a la especie *Chroococcus turgidus*, y en la 6 por *Trichodesmium thiebautii*. En el caso de las diatomeas, igualmente se hallaron a lo largo de la bahía a excepción de la estación 3; *Navicula* sp. fue la especie más abundante en la estación 2, mientras que *Nitzschia improvisa* y *Rhizosolenia shrubsolei* fueron las más numerosas en la 6. Finalmente, los

dinoflagelados se distribuyeron por todo el gradiente horizontal, de los cuales *Prorocentrum gracile*, *Protooperidinium excentricum* y *Tripos kofoidii* se presentaron en mayor cantidad (Fig. 15a).

El segundo día de muestreo se encontraron cianobacterias únicamente en las estaciones 1 y 6, correspondiendo su abundancia a *Nostoc* sp. y *Chroococcus minutus*, respectivamente. Las diatomeas se hallaron en todas las estaciones menos en la 2 y 3, siendo *Skeletonema tropicum* y *Amphiprora* sp. las más abundantes en la estación 1, *Fragilaria* sp., *Licmophora lyngbyei* y *Navicula* sp. en la misma proporción en la estación 4, y *Cocconeis* sp. en la 5. Con respecto a los dinoflagelados, al igual que el día anterior, estos organismos se ubicaron en toda la bahía, donde *Prorocentrum gracile*, *P. minimum*, *Protooperidinium divergens* y *Tripos extensus* fueron las más numerosas (Fig. 15b).

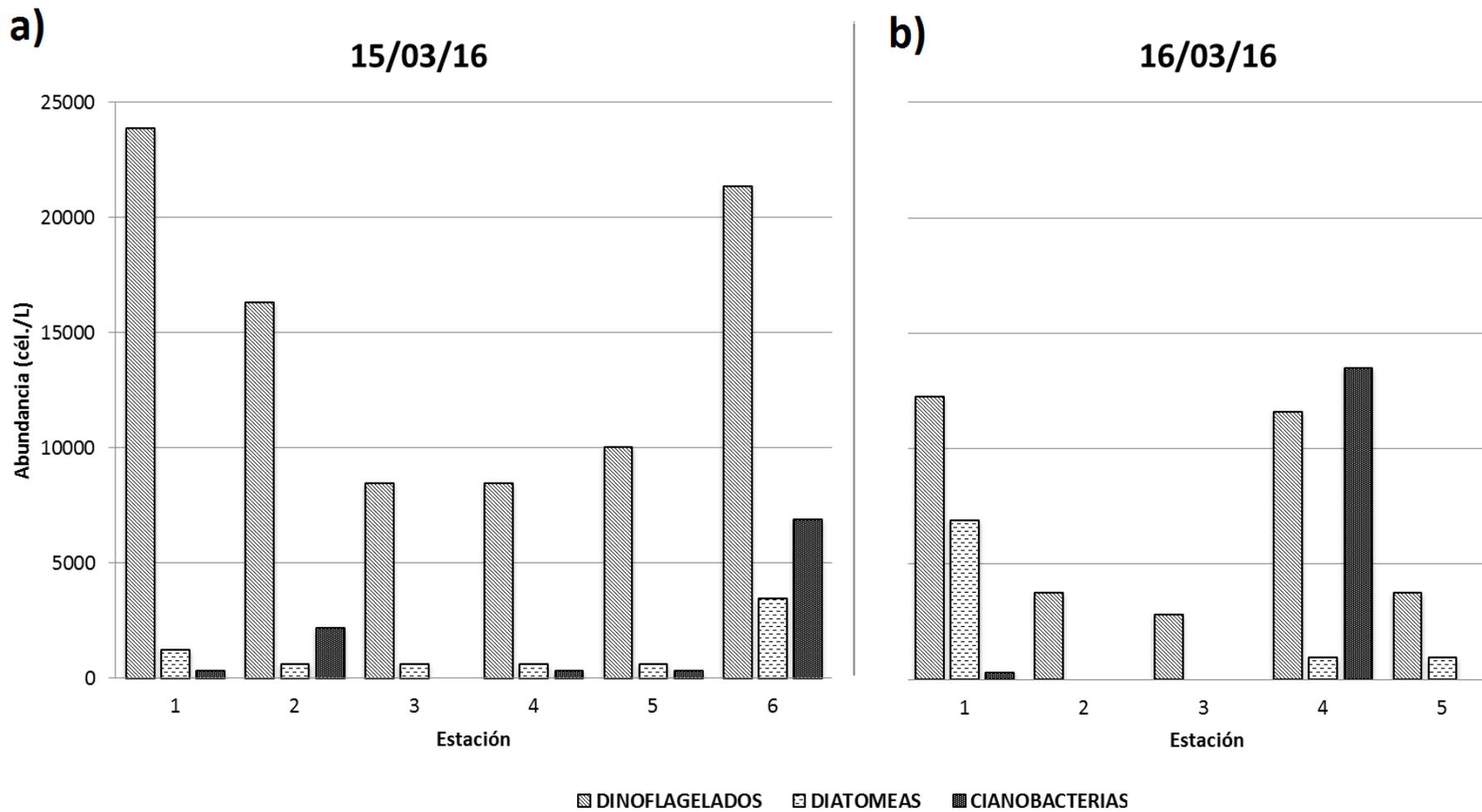


Figura 15. Distribución de los grandes grupos fitoplanctónicos. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

En las muestras de zooplancton también se encontraron algunas especies fitoplanctónicas, especialmente correspondientes al microplancton. Aquellas pertenecientes al nanoplancton no se observaron debido al poro de la red cónica utilizada, pues con la misma se realizó un muestreo selectivo con respecto al tamaño de los organismos (Fig. 16).

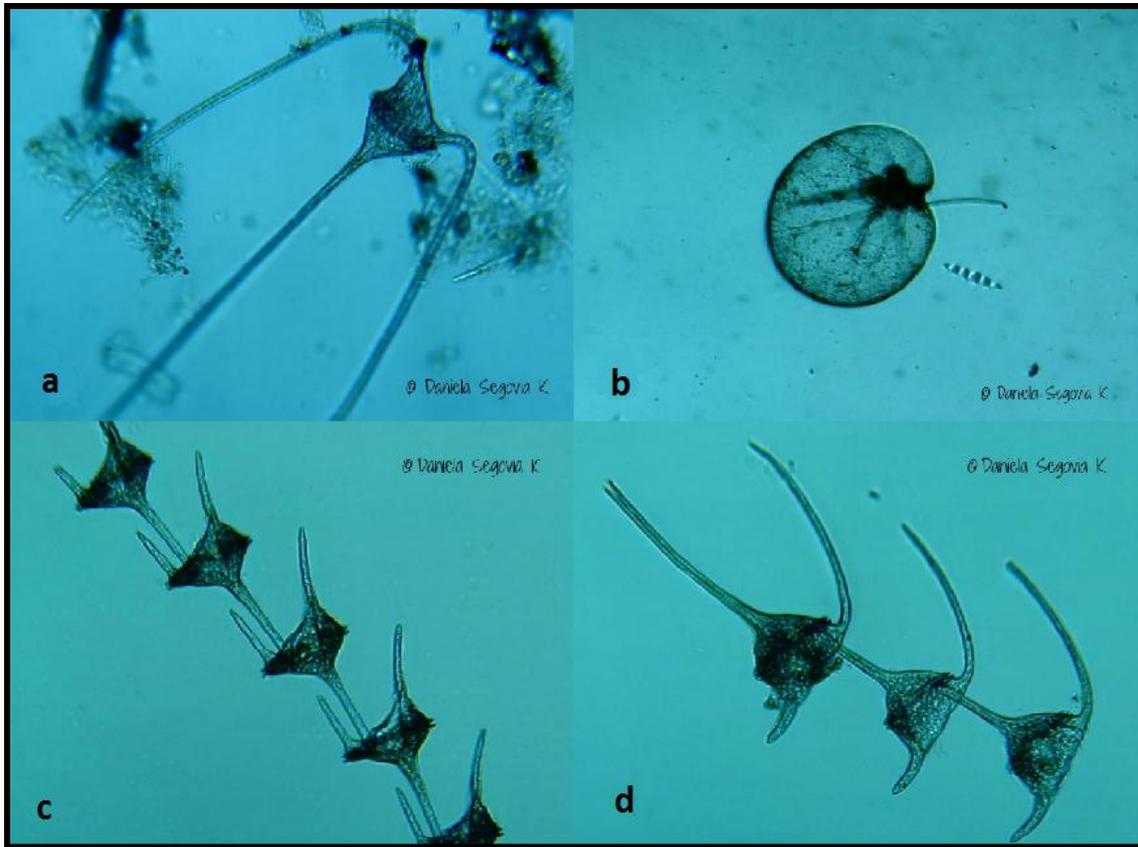


Figura 16. Dinoflagelados colectados con red cónica para zooplancton. **a.** *Ceratium massiliense*. **b.** *Noctiluca scintillans*. **c.** *Tripos candelabrus*. **d.** *Tripos dens*.

2. ZOOPLANCTON

2.1 COMPOSICIÓN Y RIQUEZA

En la Tabla 2 se presentan los copépodos y cladóceros encontrados durante los dos días de captación de muestras.

Se registraron en total de 45 especies identificadas correspondientes al grupo de los copépodos, distribuidas en los distintos órdenes: Calanoida, el más diverso (26 especies), seguido por Poecilostomatoida (15 especies), Harpacticoida (4 especies) y finalmente Cyclopoida, en donde se establecieron dos complejos de especies agrupadas por morfotipos: *Oithona* spp. 1, que incluye posiblemente a *Oithona atlantica*, *O. plumifera* y *O. setigera*, y *Oithona* spp. 2, donde se agrupan probablemente *O. hebes* y *O. oswaldocruzi*. De los cladóceros se hallaron 4 especies.

En la bahía se evidencia un gradiente en cuanto a la riqueza de especies, ya que la misma aumenta desde Mangle Quemado hasta Mar Abierto. Se hallaron en todas las estaciones nauplios y copepoditos, así como las siguientes especies (sombreadas): *Acartia (Acanthacartia) tonsa*, *Acartia (Odontacartia) lilljeborgi*, *Calocalanus pavo*, *Centropages velificatus*, *Clausocalanus furcatus*, *Mecynocera clausi*, *Paracalanus quasimodo*, *Temora stylifera*, *Temora turbinata*, *Euterpina acutifrons*, *Oithona* spp. 1, *Agetus limbatus*, *Agetus typicus*, *Corycaeus clausi*, *Corycaeus speciosus*, *Farranula rostrata*, *Oncaea media*, *Oncaea mediterranea*, *Oncaea venusta*, *Oncocorycaeus catus*, *Onchocorycaeus latus* y *Urocorycaeus furcifer*. Algunas especies se ubicaron hacia el canal, como *Saphirella* sp., mientras que otras se observaron hacia la boca, como *Candacia paenelongimana*, *Distiocolus minor*, *Scolecithrix danae*, *Macrosetella gracilis*, *Sapphirina nigromaculata* y *Rhincalanus cornutus*.

En cuanto a los cladóceros, *Evadne spinifera*, *Penilia avirostris* y *Pseudoevadne tergestina* se consiguieron en toda la bahía, mientras que *Pleopis polyphemoides* no se registró en la estación 6.

Tabla 2. Presencia de copépodos y cladóceros en la bahía.

Taxa	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6
Subclase Copepoda						
Nauplios	X	X	X	X	X	X
Copepoditos	X	X	X	X	X	X
Orden Calanoida						
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Acartia (Acartia) negligens</i>			X			
<i>Acartia (Odontacartia) lilljeborgi</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Calanopia americana</i>	X			X		

<i>Calocalanus pavo</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Calocalanus plumulosus</i>		X	X			
<i>Candacia paenelonginama</i>					X	X
<i>Centropages velificatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>		X	X	X	X	X
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Euchaeta marina</i>	X		X	X	X	X
<i>Mecynocera clausi</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Nannocalanus minor</i>						X
<i>Neocalanus gracilis</i>					X	X
<i>Paracalanus aculeatus</i>	X		X	X	X	X
<i>Paracalanus quasimodo</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Parvocalanus crassirostris</i>			X			
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>					X	
<i>Rhincalanus cornutus</i>					X	X
<i>Scolecithrix danae</i>					X	X
<i>Subeucalanus subcrassus</i>		X	X	X	X	X
<i>Subeucalanus subtenuis</i>		X		X	X	X
<i>Temora stylifera</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Temora turbinata</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Temoropia mayumbaensis</i>					X	X
<i>Undinula vulgaris</i>						X
Total	12	13	16	15	20	21
Orden Cyclopoida						
<i>Oithona</i> spp. 1	X	X	X	X	X	X
<i>Oithona</i> spp. 2	X	X	X	X	X	
Total	2	2	2	2	2	1
Orden Poecilostomatoida						
<i>Agetus limbatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Agetus typicus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Corycaeus clausi</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Corycaeus speciosus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Farranula rostrata</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Oncaea media</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Oncaea mediterranea</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Onchocorycaeus catus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Onchocorycaeus latus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Saphirella</i> sp.	X	X				
<i>Sapphirina nigromaculata</i>						X
<i>Triconia conifera</i>			X	X	X	X
<i>Urocorycaeus furcifer</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Urocorycaeus lautus</i>	X	X	X		X	X
Total	13	13	13	12	13	14

Orden Harpacticoida						
<i>Clytemnestra scutellata</i>		x	x	x	x	x
<i>Distiocolus minor</i>				x		
<i>Euterpina acutifrons</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Macrosetella gracilis</i>				x	x	x
Total	1	2	2	4	3	3
Infraorden Cladocera						
<i>Evadne spinifera</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Penilia avirostris</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Pleopis polyphemoides</i>	x	x	x	x	x	
<i>Pseudoevadne tergestina</i>	x	x	x	x	x	x
Total	4	4	4	4	4	3
Total de taxa por estación	32	34	37	37	42	42

2.2 ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN

La comunidad zooplanctónica estuvo representada principalmente por los copépodos a lo largo del gradiente horizontal durante los dos días de captación de muestras, con 92% de abundancia (Fig. 17), seguido por los cladóceros con 8% (ver datos en Apéndice 4).

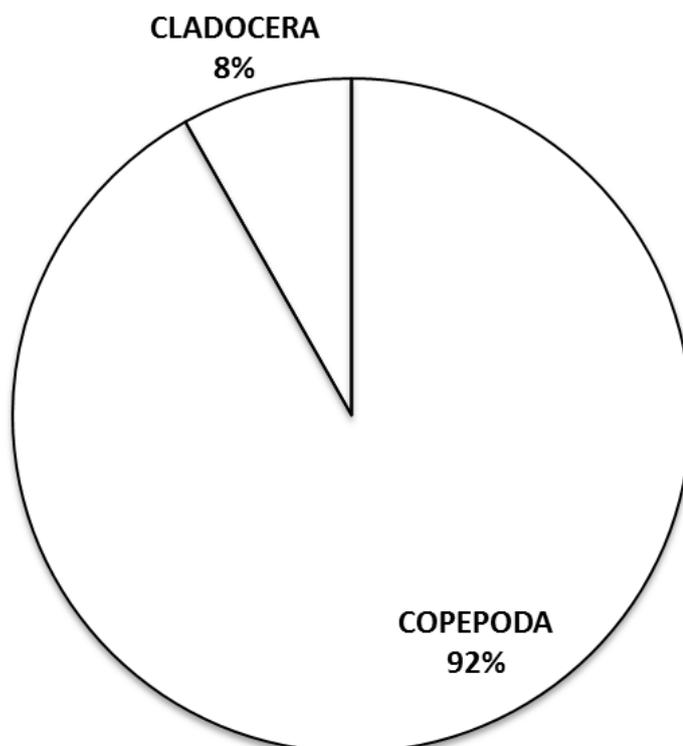


Figura 17. Abundancia porcentual total de los taxa zooplanctónicos estudiados.

2.2.1 COPEPODA

Se hizo la distinción por estadios de desarrollo de este grupo, ya que los copepoditos fueron un componente importante dentro del mismo. Los organismos adultos representaron el 51% de la abundancia, seguido por los juveniles con 46%, y finalmente los nauplios con 3% (Fig. 18).

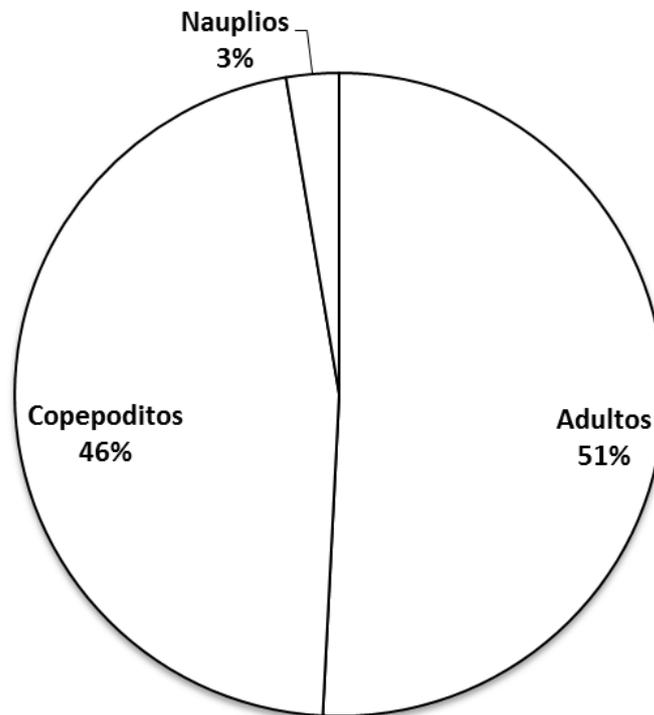


Figura 18. Abundancia porcentual total de los individuos por estructura de etapas.

Los copepoditos y los adultos se agruparon por Familias, representados en la Fig. 19. En el caso de los copepoditos, se hallaron un total de 16 Familias, de las cuales se graficaron aquellas con más de 1.800 Ind./m³ (>2%) (Fig. 19a). Los organismos correspondientes a Clausocalanidae y Paracalanidae, debido a que la separación de ambas Familias fue compleja, se colocaron en un solo conjunto, el cual fue el más abundante (66%), seguido por Oithonidae (11%), Eucalanidae y Corycaeidae (5%), Temoridae y Acartiidae (4%), Tachidiidae (3%) y Oncaeidae (2%). El resto de las Familias encontradas (Centropagidae, Candaciidae, Euchaetidae, Pontellidae, Sapphirinidae, Calanidae y Scolecitrichidae) obtuvieron valores por debajo de 120 Ind./m³ (<2%).

En lo que respecta a los adultos, se encontraron 21 Familias, cuyas densidades mayores a 3.400 Ind./m³ (> 4%) se representaron en la Fig. 19b. Las más abundantes coincidieron con las más cuantiosas de los copepoditos, solo que en este caso la de

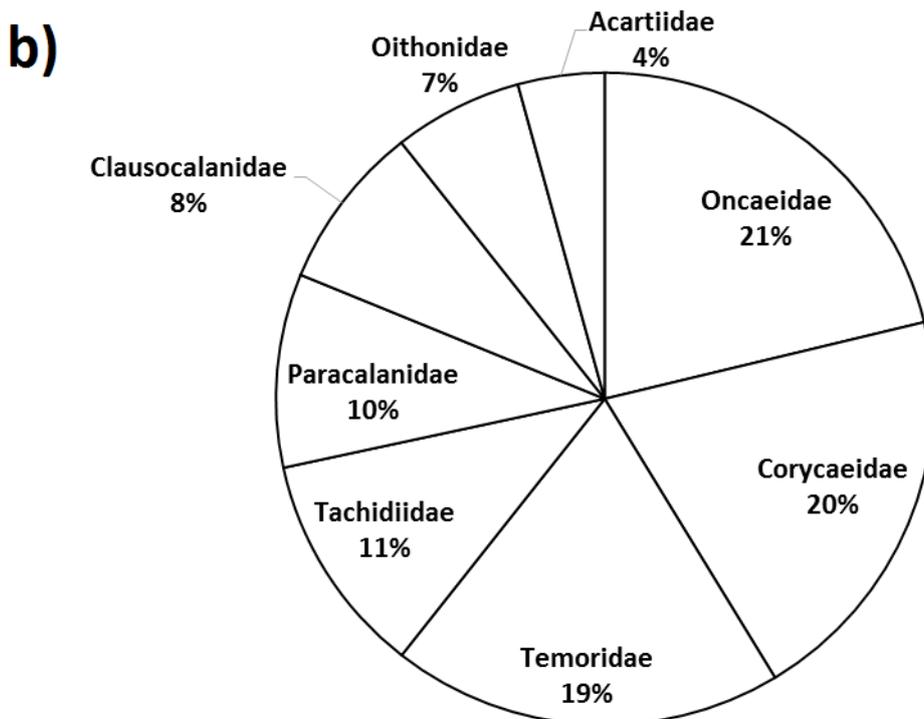
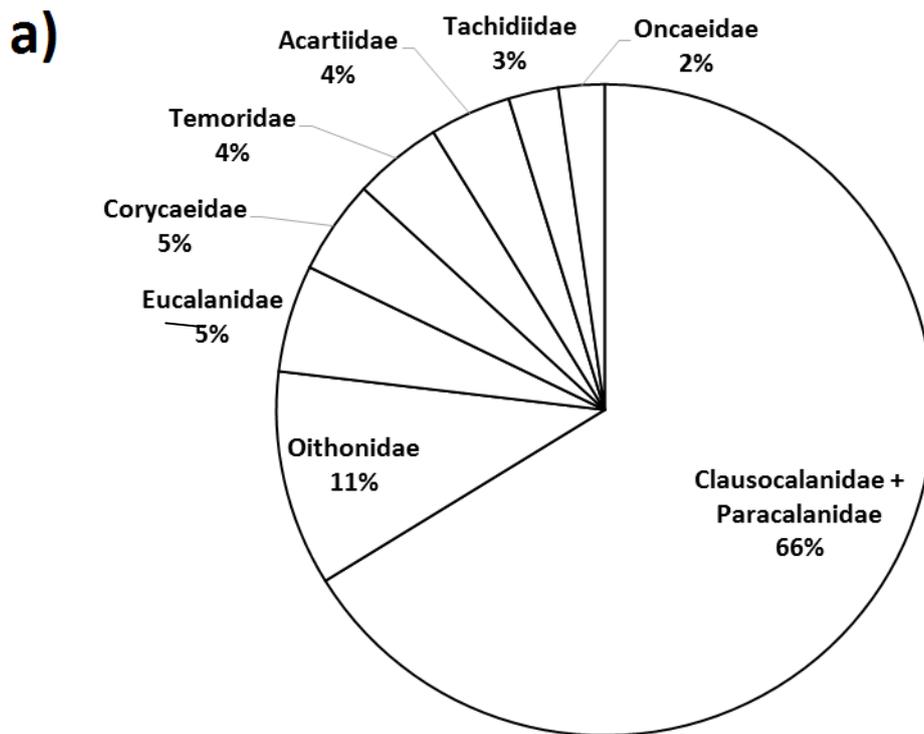


Figura 19. Abundancia porcentual total de los individuos por Familia. **a.** Copepoditos (>1.800 Ind./m³). **b.** Adultos (>3.400 Ind./m³).

mayor densidad fue Oncaeidae (21%), seguida por Corycaeidae (20%), Temoridae (19%), Tachidiidae (11%), Paracalanidae (10%), Clausocalanidae (8%), Oithonidae (8%) y finalmente Acartiidae (4%). Las Familias con valores menores a 4% corresponden a: Eucalanidae, Euchaetidae, Peltidiidae, Centropagidae, Candaciidae, Miraciidae, Calanidae, Scolecitrichidae, Clausidiidae, Pontellidae, Rhincalanidae, Pseudodiaptomidae y Sapphirinidae.

Con respecto a la densidad de especies de copépodos adultos, se consideraron aquellas cuyos valores se encontraban por encima de 1.300 Ind./m³ (>2%) como las más representativas en las muestras, incluyendo los dos días de muestreo, mientras que las demás se incluyeron en el grupo "otros" (Fig. 20). La especie más abundante fue *Temora turbinata*, con 17% de abundancia total, seguida por *Oncaea mediterránea* (13%), *Euterpina acutifrons* (12%) y *Oncaea media* (11%). Posterior a éstas, se encontraron *Clausocalanus furcatus*, *Paracalanus quasimodo* y *Agetus typicus*, (todas ellas con 5%), *Oithona* spp.1 y *Oncaea venusta* (4%), *Clausocalanus arcuicornis* (3%), y finalmente *Acartia (Acanthacartia) tonsa*, *Paracalanus aculeatus*, *Onchocorycaeus catus*, *Oithona* spp. 2, *Agetus limbatus* y *Acartia (Odontacartia) liljeborgii* con 2% de abundancia cada una.

Las especies menos abundantes (<2%) fueron: *T. stylifera*, *C. pavo*, *U. furcifer*, *C. speciosus*, *E. marina*, *C. scutellata*, *M. clausi*, *O. latus*, *C. clausi*, *T. conifera*, *S. subcrassus*, *F. rostrata*, *S. subtenuis*, *U. lautus*, *C. velificatus*, *C. paenelongimana*, *T. mayumbaensis*, *M. gracilis*, *S. danae*, *N. gracilis*, *Saphirela* sp., *A. (A) negligens*, *C. plumulosus*, *C. americana*, *R. cornutus*, *C. minor*, *D. minor*, *P. acutus*, *U. vulgaris* y *S. nigromaculata*.

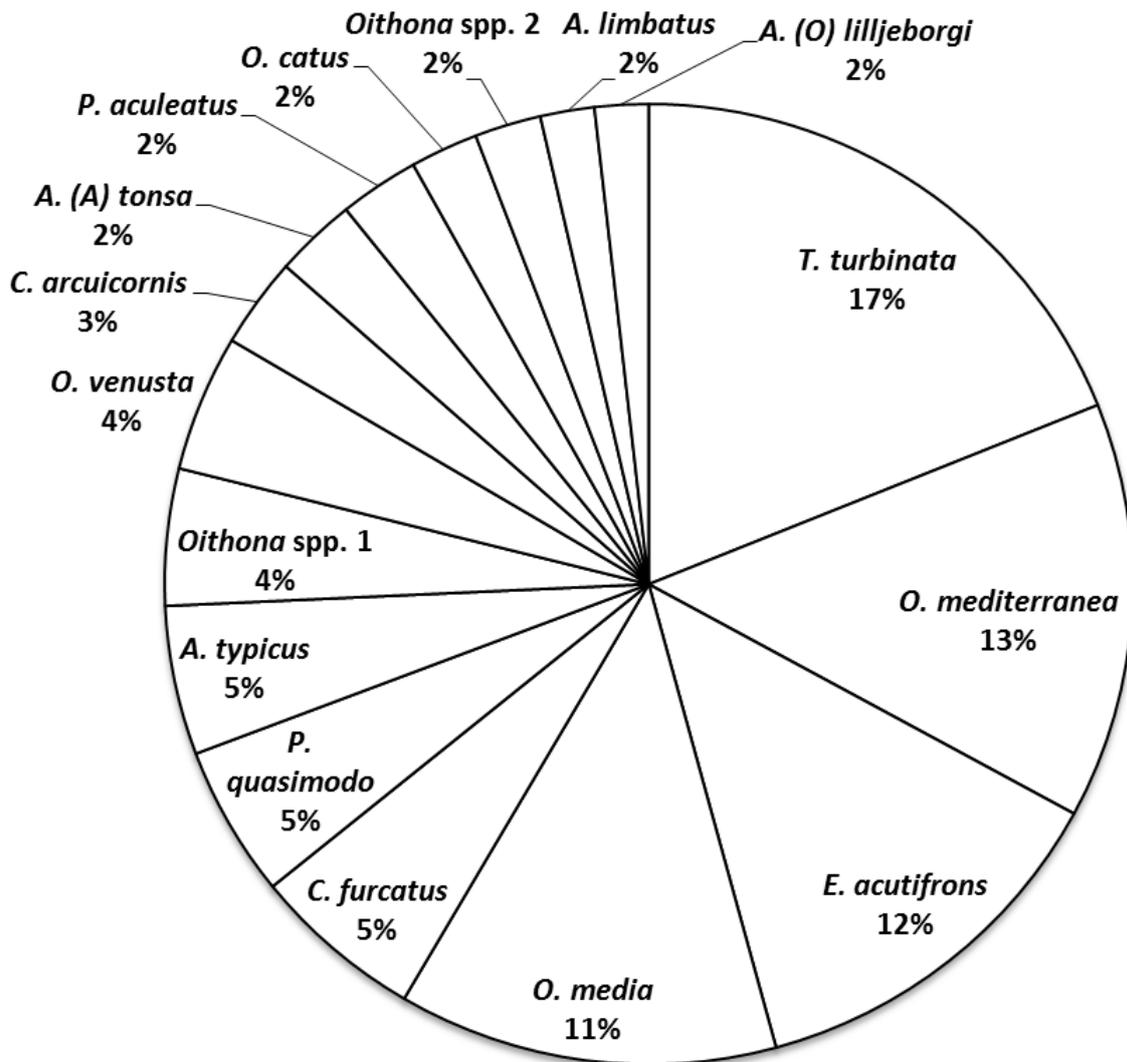


Figura 20. Abundancia porcentual total de los copépodos dominantes (>1.300 Ind./m³).

En la Fig. 21. se presenta un registro fotográfico de las especies de copépodos, por Orden, más representativas en todas las muestras. El resto de los copépodos encontrados en la bahía se ubican en el Apéndice 3.



Figura 21. Copépodos más abundantes de cada Orden encontrados en la bahía. **a.** Calanoida: *Temora turbinata*. **b.** Cyclopoida: *Oithona* spp. 1. **c.** Poecilostomatoida: *Oncaea mediterranea*. **d.** Harpacticoida: *Euterpina acutifrons*.

La distribución y abundancia de los copépodos por Orden durante los dos días de captación de muestras se representó en la Fig. 22.

Se puede observar que el primer día la abundancia de los copépodos fue mayor que el segundo. Además, en ambos días los organismos de los Ordenes Calanoida y Poecilostomatoida incrementan su abundancia desde el canal hasta la boca de manera similar, mientras que aquellos pertenecientes a Cyclopoida y Harpacticoida disminuyen en dicho gradiente. El Orden Calanoida fue el más abundante, seguido por Poecilostomatoida, Harpacticoida, y el de menor densidad, Cyclopoida.

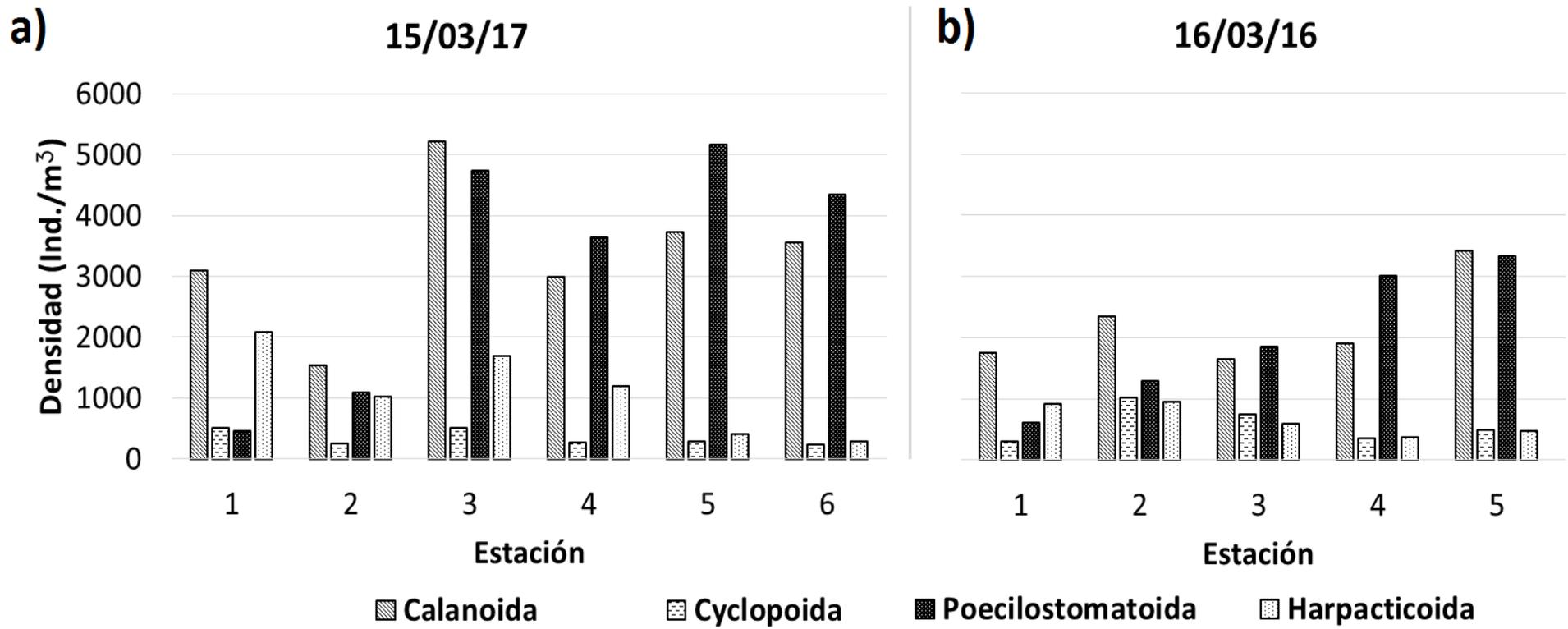


Figura 22. Distribución espacial de los copéodos por Orden. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

En las siguientes gráficas se representó la distribución de los copépodos dominantes en cada Orden y sus respectivas desviaciones estándar. En lo que respecta a Calanoida (Fig. 23) estas especies fueron *T. turbinata*, *C. fucatus*, *P. quasimodo* y *C. arcuicornis*. En ambos días de muestreo *C. furcatus* y *C. arcuicornis* aumentan desde el canal hasta la boca; *P. quasimodo* fue más abundante en la ensenada el primer día y en Las Maritas el segundo, mientras que *T. turbinata* (la más abundante) disminuye su densidad desde la estación 1 hasta la 6 el 15/03/16, y aumenta hacia la estación 5 el 16/03/16.

Con relación a Cyclopoida (Fig. 24), los individuos fueron más abundantes el segundo día que el primero. El grupo de *Oithona* spp. 2 se encontró con mayores densidades en las primeras dos estaciones que *Oithona* spp. 1 en ambos días, y su abundancia disminuye hacia la boca. *Oithona* spp. 1 presentó densidades altas en la estación 3, mientras que el primer día éstas se reducen hacia las estaciones 1 y 6, y aumentan hacia dichas estaciones el segundo día.

En cuanto al Orden Poecilostomatoida (Fig. 25) la especie más abundante fue *O. mediterranea*, la cual incrementó considerablemente desde Mangle Quemado hacia la boca en ambos días de muestreo; *O. media* y *O. venusta* exhibieron mayores densidades en las cuatro primeras estaciones, obteniendo los picos más altos en las estaciones ubicadas hacia el centro del área de estudio (3 y 4). *Agetus typicus*, presentó el mismo comportamiento que las especies mencionadas anteriormente el primer día, mientras que el segundo la mayor abundancia se encontró en la estación 5.

Finalmente, para Harpacticoida (Fig. 26), *E. acutifrons* fue la especie más representativa de este Orden. En ambos días su densidad disminuyó considerablemente desde el canal hasta la boca; *C. scutellata* no se encontró en la primera estación, sino a partir de la segunda e incrementó hacia las estaciones más lejanas (mar abierto). La especie *M. scutellata* se encontró desde la ensenada el 15/03/16, y desde la boca el 16/03/16, aumentando ligeramente en ambos días hacia la estación 6.

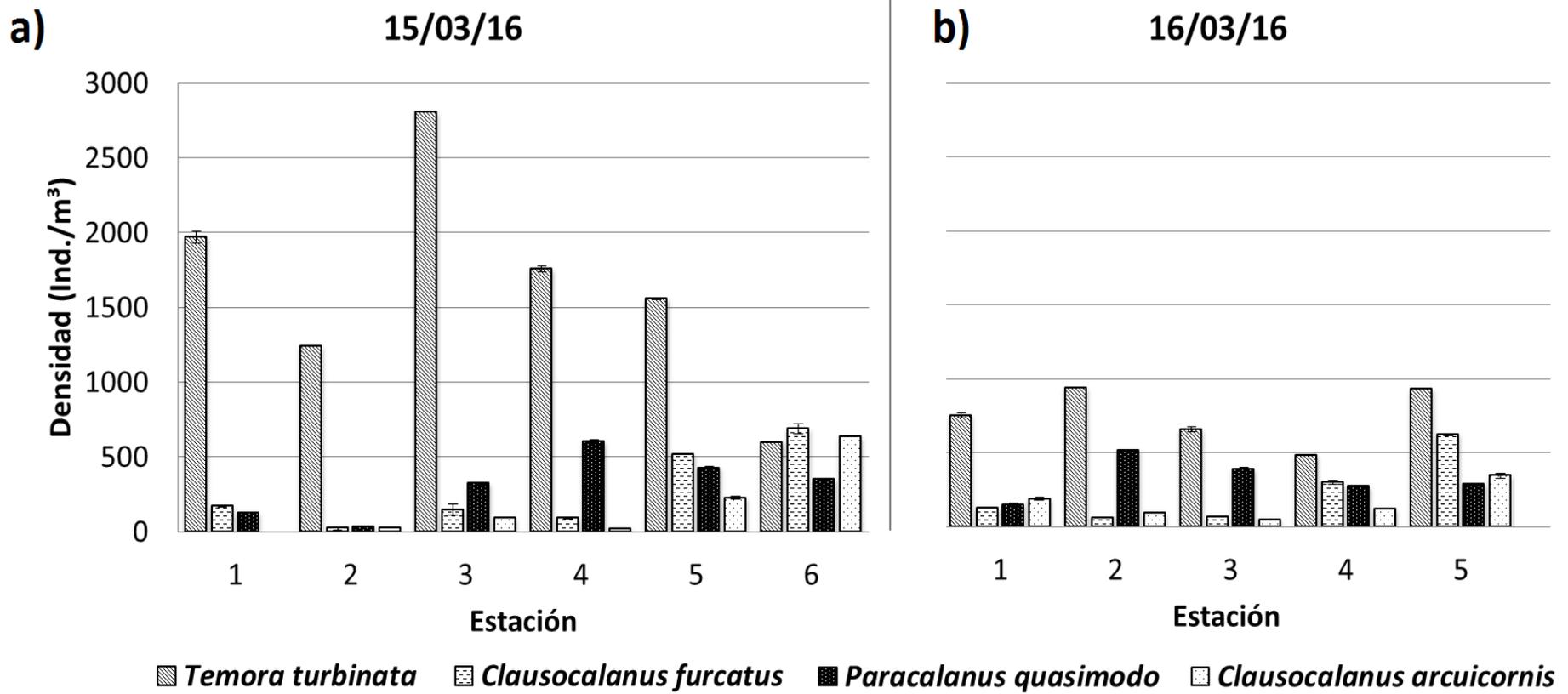


Figura 23. Distribución de las especies dominantes del Orden Calanoida en la bahía. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

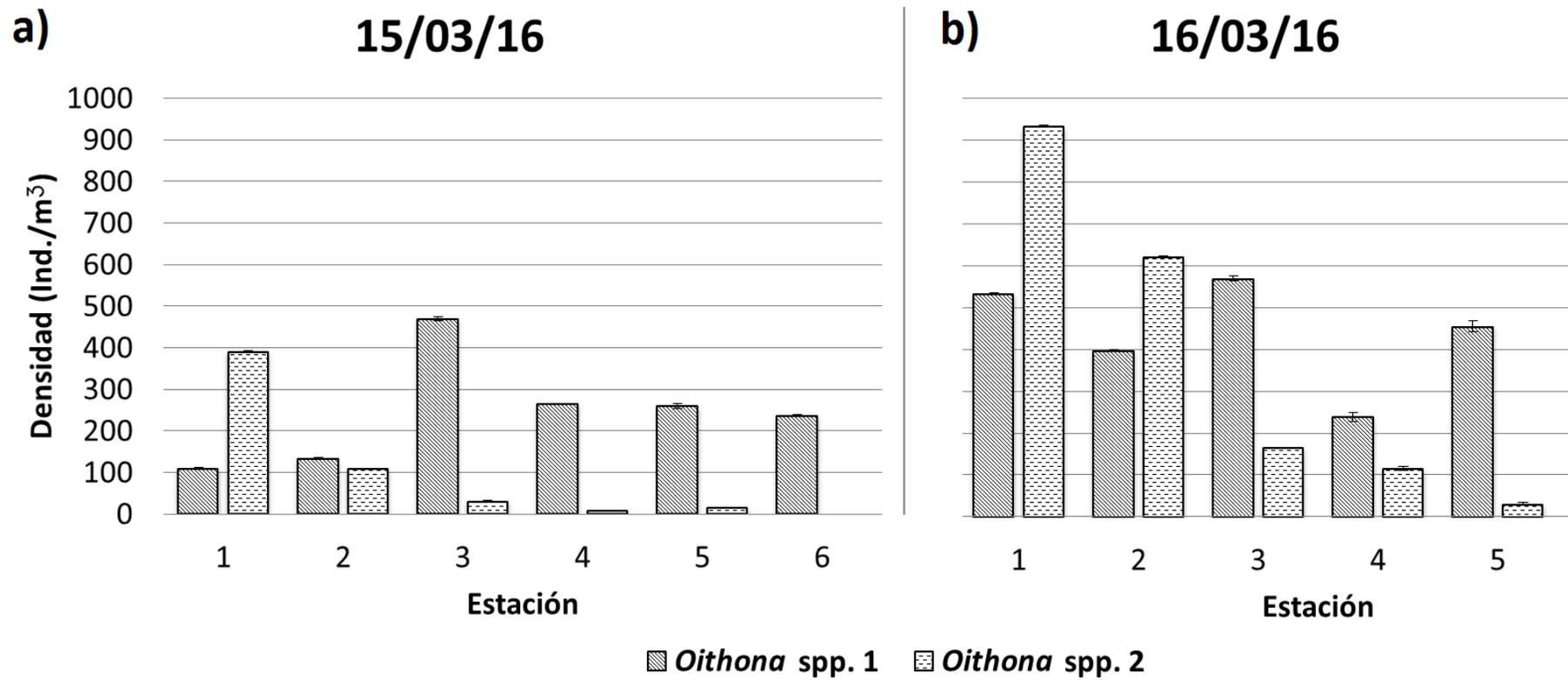


Figura 24. Distribución de las especies dominantes del Orden Cyclopoida en la bahía. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

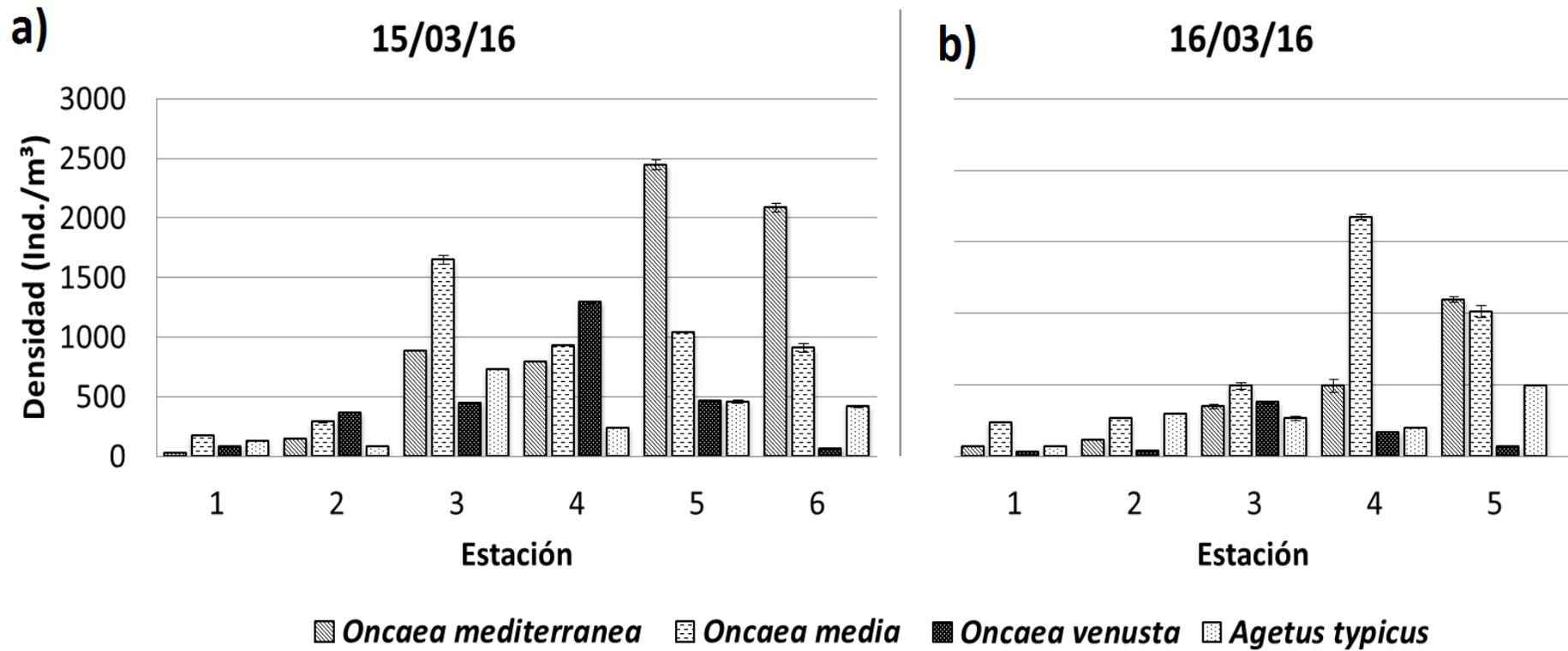


Figura 25. Distribución de las especies dominantes del Orden Poecilostomatoida en la bahía. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

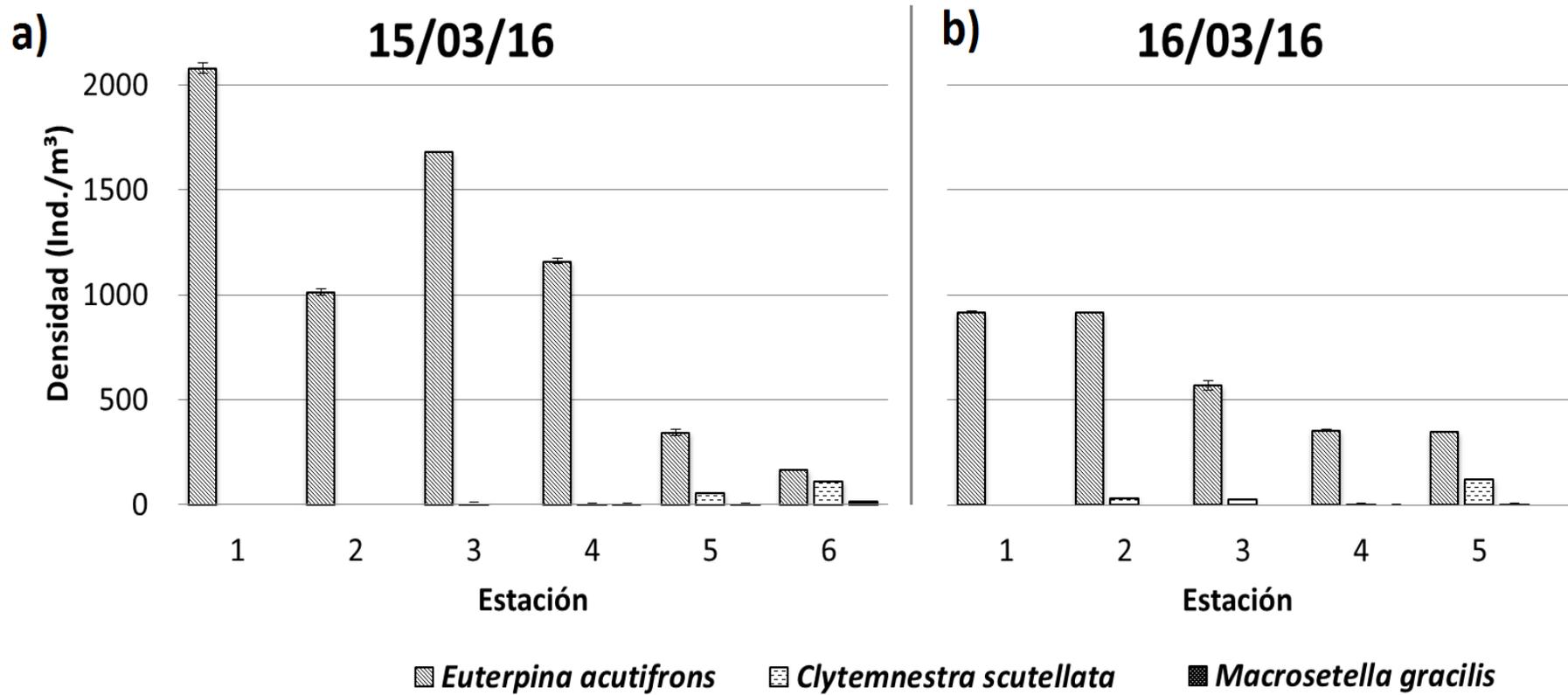


Figura 26. Distribución de especies del Orden Harpacticoida en la bahía. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

2.2.2 CLADOCERA

Con respecto a los cladóceros, la especie más abundante durante el muestreo fue *Pseudoevadne tergestina*, con un 43%, seguido por *Penilia avirostris* (36%), *Pleopis polyphemoides* (20%), y por último *Evadne spinifera*, que se encontró en pocas cantidades en las alícuotas, con sólo 1% de abundancia (Fig. 27).

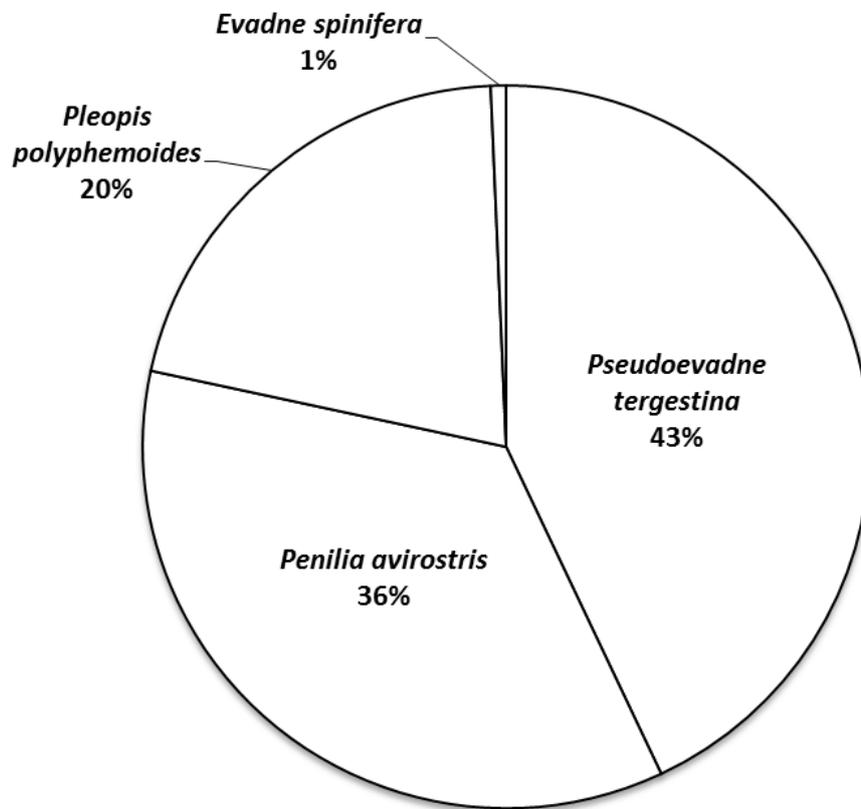


Figura 27. Abundancia porcentual total de los cladóceros.

A continuación, se muestra un registro fotográfico de los cladóceros encontrados en la bahía (Fig. 28).

La distribución y abundancia de los cladóceros se presenta a continuación en la Fig. 29. El primer día de muestreo *Pseudoevadne tergestina* es la especie dominante en las primeras tres estaciones y se reduce de manera considerable hacia la estación 6. *Penilia avirostris* es abundante en la primera estación, y en las siguientes disminuye notablemente, pero se mantiene con valores similares, mientras que *Pleopis polyphemoides* disminuyó hacia la boca y no se encontró en las estaciones 5 y 6. *Evadne spinifera*, no se halló en la primera estación, en las siguientes sí en densidades bajas.

En el segundo día *P. polyphemoides* fue la más abundante en las estaciones 1 y 2, e igualmente disminuye hacia la boca. En este caso, *P. tergestina* y *P. avirostris* presentaron el mismo comportamiento que el día anterior, y *E. spinifera* se encontró en todas las estaciones a excepción de la 2.

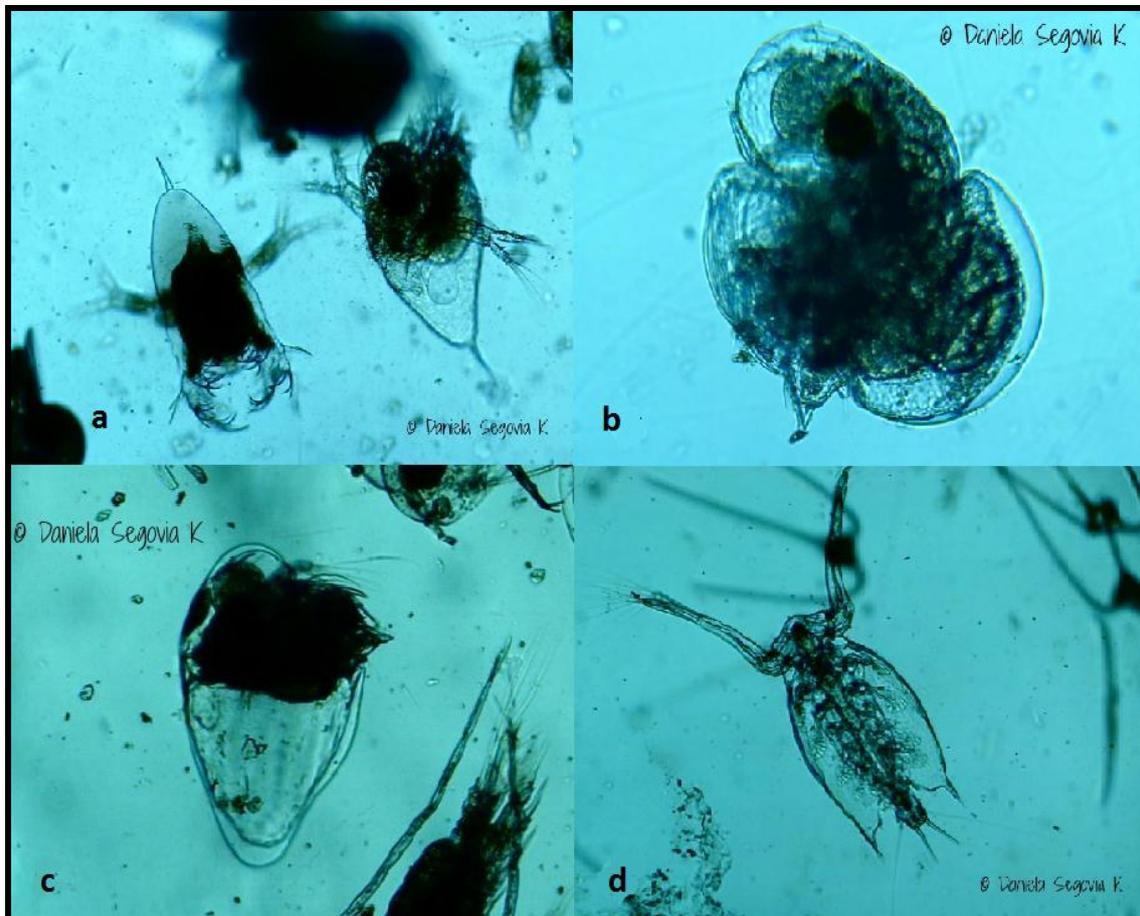


Figura 28. Cladóceros encontrados en las muestras. Familia Podonidae: **a.** *Evadne spinifera*. **b.** *Pleopis polyphemoides*. **c.** *Pseudoevadne tergestina*. Familia Sididae: **d.** *Penilia avirostris*.

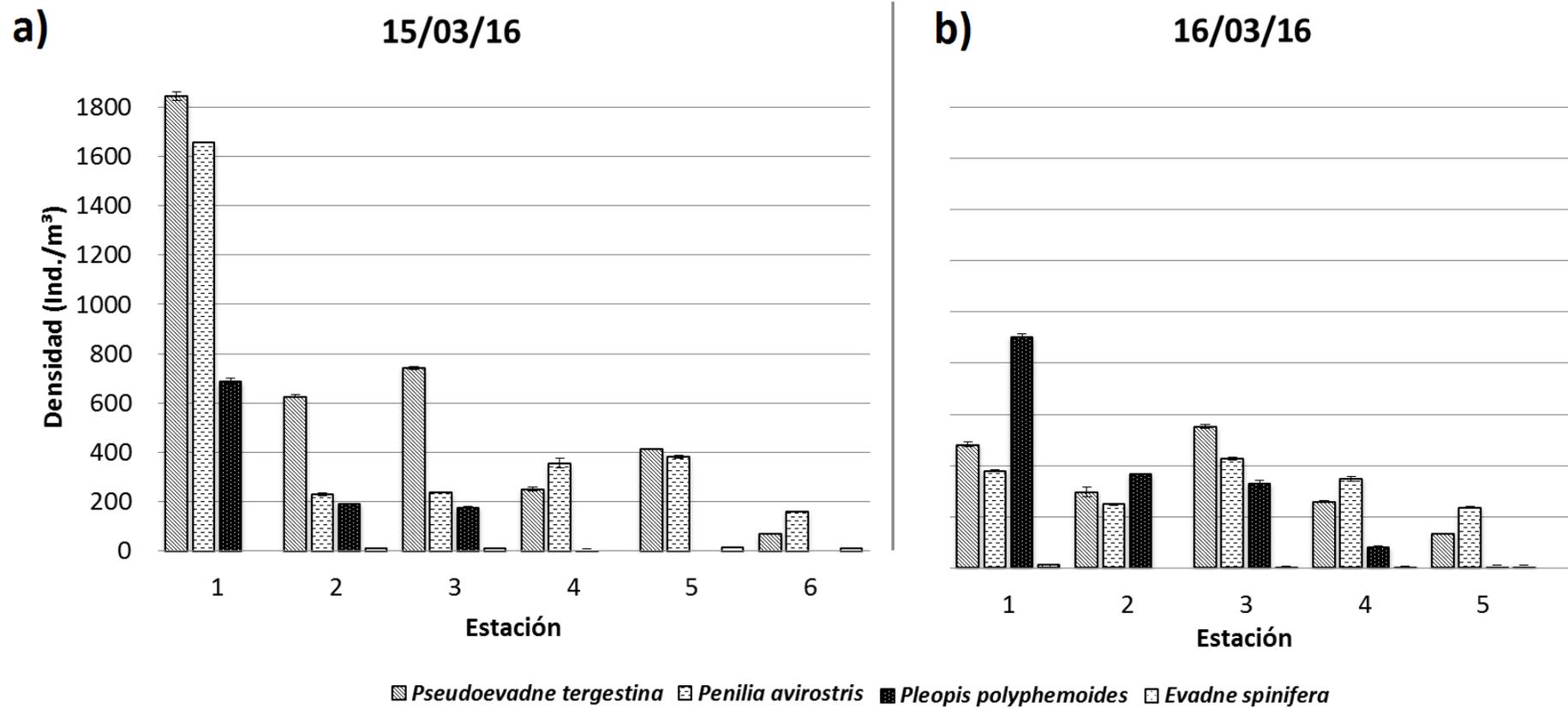


Figura 29. Distribución de cladóceros a lo largo del gradiente horizontal. **a.** 15/03/16 (tarde). **b.** 16/03/16 (mañana).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El Análisis de Componentes Principales (ACP), en su penúltimo análisis, mostró una varianza de 83,78% en los dos componentes escogidos (Fig. 30). Las variables introducidas fueron *U. lautus*, *S. subtenuis*, *S. subcrassus*, *C. scutellata*, *M. gracilis*, *T. conifera*, *C. paenelongimana*, *S. danae* y diatomeas. Se observó una correlación positiva entre todos los copépodos pertenecientes al primer componente. Las diatomeas y *U. lautus* correspondieron al segundo, exhibiendo una dinámica independiente a las demás variables, pero una correlación negativa entre ambas. Para el posterior análisis, se escogieron *U. lautus*, *T. conifera* y diatomeas.

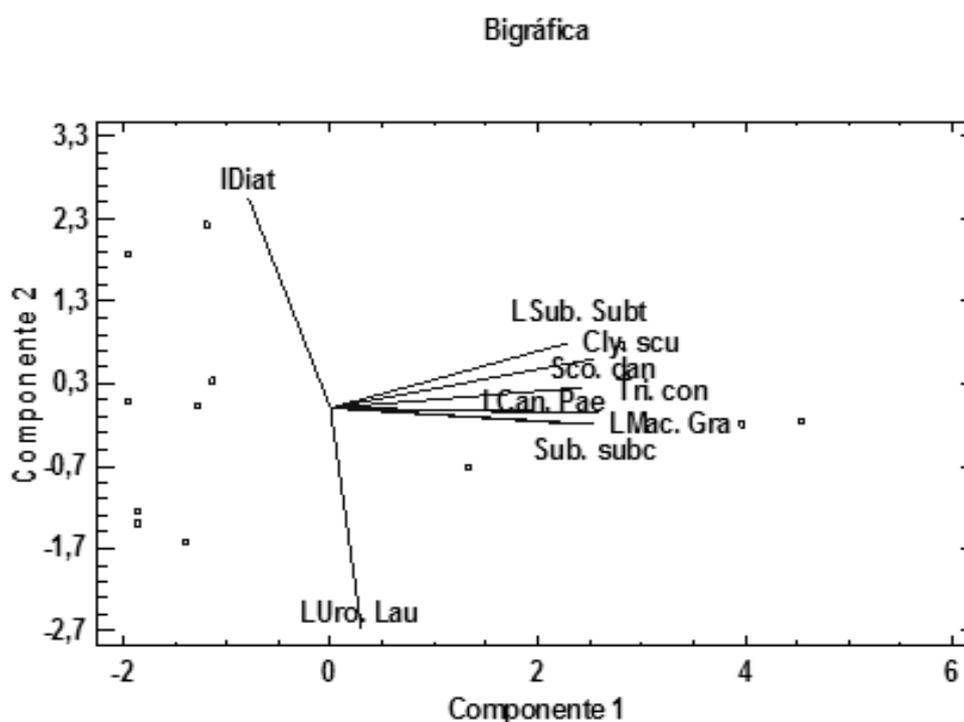


Figura 30. Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales.

El último análisis presentó una varianza de 53,22% en el primer componente. Al elegir un solo componente, no se generó una bigráfica (biplot). Se escogieron un total de 18 variables estadísticamente importantes: temperatura, *O. venusta*, *C. pavo*, *T. turbinata*, *A. limbatus*, *C. velificatus*, *P. aculeatus*, *M. clausi*, *E. acutifrons*, *O. latus*, *A. (A) tonsa*, *T. stylifera*, cianobacterias, *C. furcatus*, *E. marina*, *U. lautus*, *T. conifera* y diatomeas, la cual fue la única variable que no presentó homogeneidad de varianzas. De todas ellas, 5 resultaron diferentes para las seis estaciones escogidas: temperatura, *T. stylifera*, *C. furcatus*, *E. marina* y *T. conifera* (ver salida de análisis en Apéndice 5).

A continuación, se exponen los gráficos de estas variables y cómo cambian a lo largo de la bahía en la Fig. 31. La temperatura disminuyó desde el canal hacia la boca con una diferencia de 2°C, aproximadamente, desde la estación 1 a la 6. Los copépodos a su vez aumentaron significativamente en este mismo sentido ($\alpha = 0,05$), exhibiendo una correlación negativa con la temperatura, es decir, cuando el agua es más fría la densidad de estos organismos es mayor. En las primeras cuatro estaciones las densidades son similares y notoriamente diferentes a las dos más lejanas (Boca y Mar Abierto).

Mediante el método de Ward como criterio de agrupamiento y la distancia Euclídea como índice de disimilitud (ver matriz de datos en Apéndice 6), se obtuvieron 3 conglomerados con respecto a las estaciones y temperatura, diferenciando los dos días de captación de muestras (el 16/03/16 con comillas):

- Primer conglomerado: incluye a las estaciones ubicadas en el canal de la bahía, como lo son E1, E1', E2, E2' y E3'.
- Segundo conglomerado: incluye aquellas que son parte del canal, la ensenada y la boca, como E3, E4, E4' y E5.
- Tercer conglomerado: correspondiente a las situadas en la boca de la bahía y el mar abierto, como es el caso de E5', E6 y E6'.

Se observa un marcado gradiente en cuanto la temperatura del agua en la bahía, diferenciándose el canal, con temperaturas más altas, de la boca y el mar abierto, con valores menores de dicha variable. (Fig. 32).

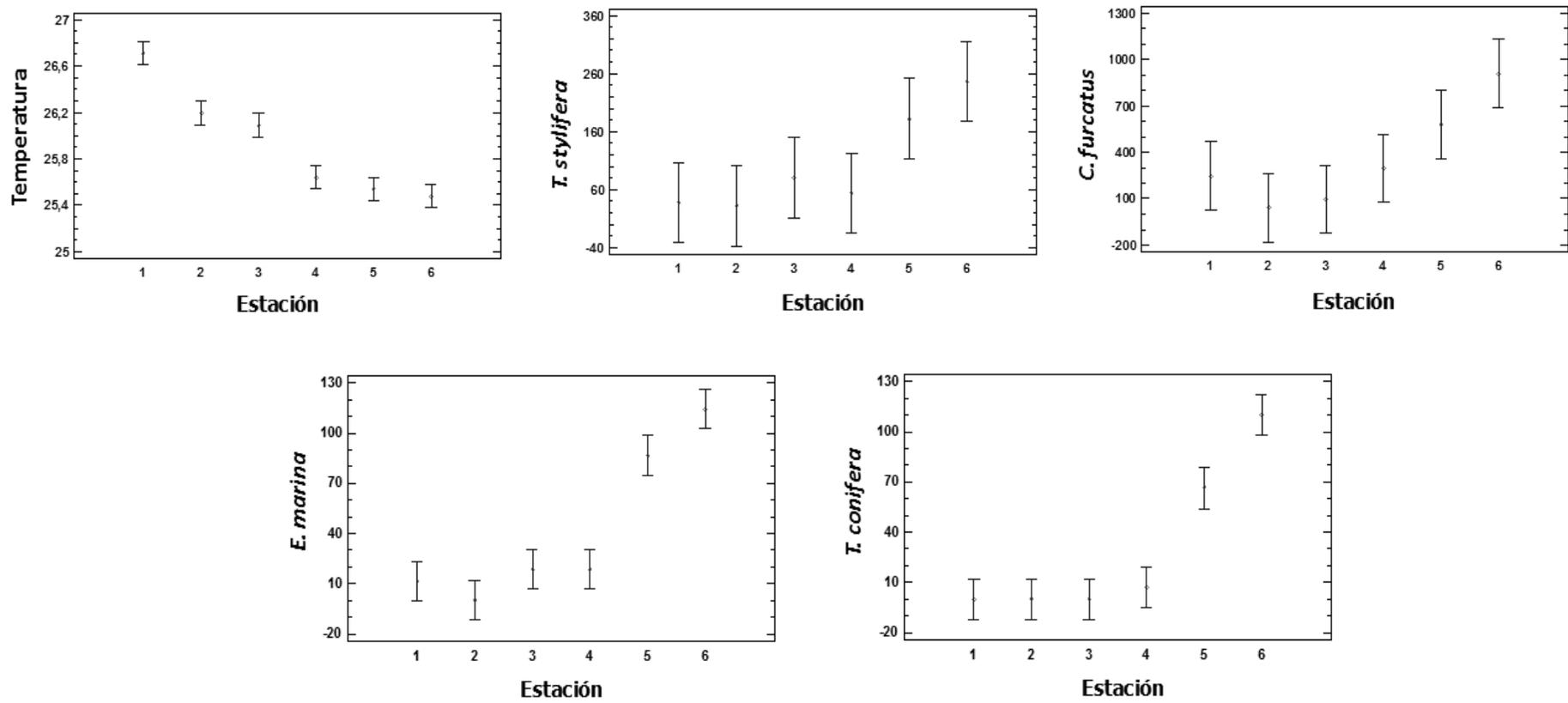


Figura 31. Medias y 95% de Fisher LSD de las variables con diferencias significativas en las estaciones.

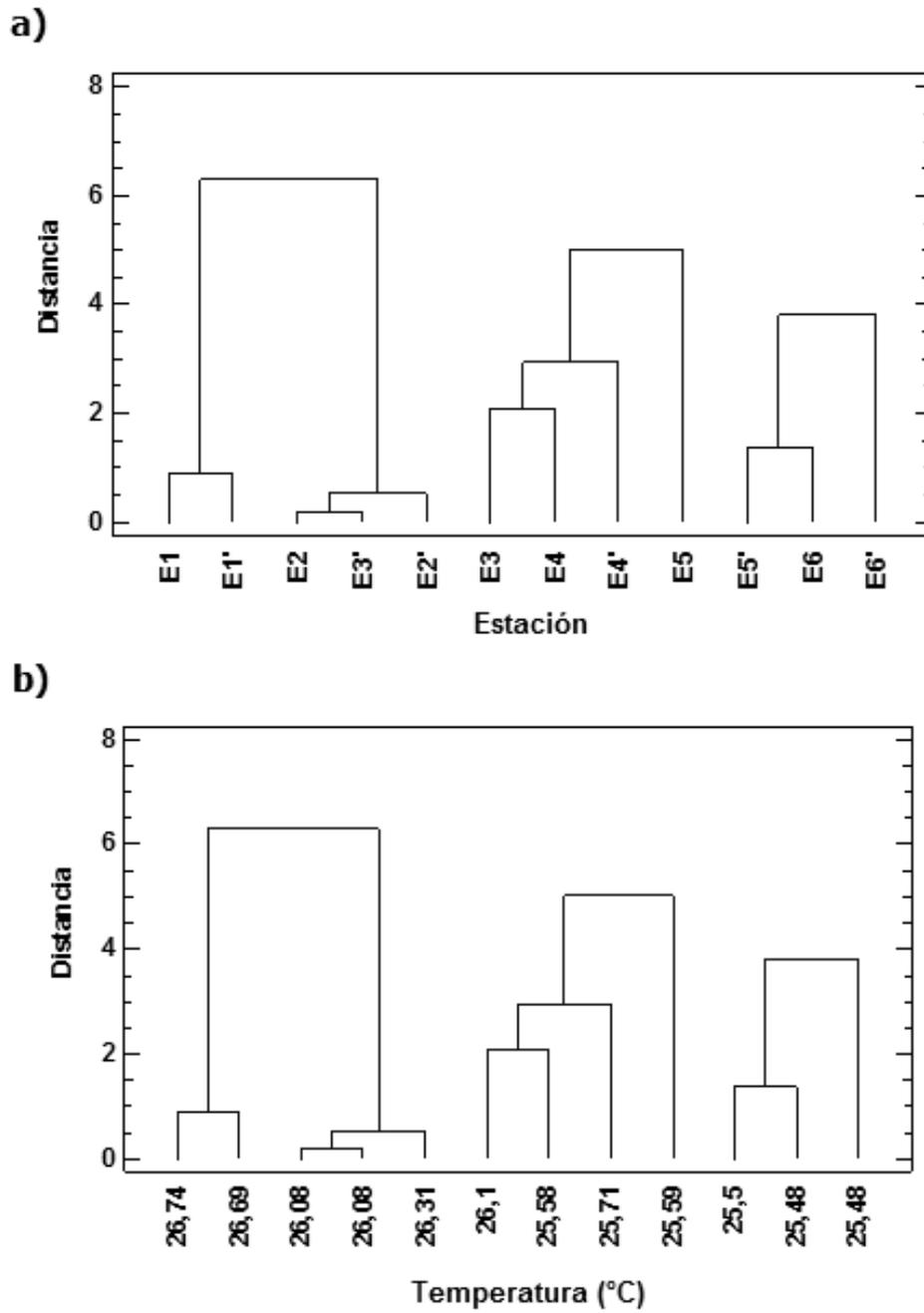


Figura 32. Dendrograma resultante con uso de Método de Ward y Distancia Euclídea. **a.** Por estación. **b.** Por temperatura.

DISCUSIÓN

VARIABLES AMBIENTALES

La variación interdiaria no fue significativa ni relevante para este trabajo, ya que consistió en un estudio puntual y no extenso. En este sentido, la temperatura media medida fue mayor que la registrada por la estación meteorológica durante ese mes. Sin embargo, los valores del aeropuerto fueron similares a los obtenidos en este trabajo.

Con respecto a la velocidad del viento, la media de dicho factor atmosférico durante los días de muestreo coincide con lo obtenido por González (2003) en época de no surgencia, mientras que la media mensual de la estación meteorológica también coincide con lo obtenido por González, en el mismo trabajo, y Narváez (2011) durante época de surgencia. No obstante, Okuda y col. (1968) consideraron vientos débiles a aquellos inferiores a 6 m/s, los cuales estabilizan las masas de agua, y por lo tanto generan la formación de termoclinas. Además, consideran que para que ocurra surgencia, dicho viento debe ser sostenido durante un periodo prolongado de al menos dos semanas. Por otro lado, Márquez y col. (2007) concluyeron que el fenómeno de surgencia es débil en el interior de la bahía de Mochima, debido a que las montañas que rodean la bahía disminuyen la intensidad del viento.

Con relación a las variables ambientales en el agua, la transparencia varió de manera similar durante los dos días de muestreo. Sin embargo, los valores tendieron a ser menores en las estaciones ubicadas en el canal de la bahía. Resultados similares obtuvieron Márquez y col. (2007) y Marcano y col. (2010) en sus trabajos, lo cual sugiere la presencia de descargas de aguas servidas provenientes de la población de Mochima, además de la descarga de efluentes de la laguna de estabilización, lo que le confiere mayor turbidez al agua. Se suma a ello la presencia del fitoplancton, el cual es más abundante en dicha zona que en la boca, al ser éste un ambiente oligotrófico.

La radiación solar no presentó diferencias significativas entre las estaciones ni en profundidad, quizá por la uniformidad en la determinación de la medida en cada sitio, además de los valores elevados de transparencia obtenidos. La salinidad también mostró gran estabilidad. En trabajos como los de Márquez y col. (2007), y Brito (2013) realizados en la bahía, la salinidad también permaneció estable tanto en época de vientos fuertes como débiles. Sin embargo, Marcano y col. (2010) registraron salinidades más altas (hasta 40‰) en época de surgencia, lo que es característico del cuerpo de agua durante este fenómeno.

La temperatura del agua registrada coincide con los valores obtenidos en la bahía por González (2003); Márquez y col. (2007, 2008); Marcano y col. (2010); Narváez (2011) y Brito (2013), en periodos comprendidos entre abril y agosto, cuando los vientos se debilitan. Se observaron diferencias significativas de esta variable desde la estación 1 hasta la 6, con datos menores en las dos últimas, ya que hacia la boca el agua es más profunda, y por lo tanto más fría. Las temperaturas altas halladas, junto con la estratificación encontrada en la columna de agua indican, al menos durante el momento de la toma de muestras, que la salida de campo correspondió a un periodo de no surgencia. Encontrar un gradiente térmico en las estaciones refuerza la teoría de que el relieve montañoso impide la entrada del viento en la bahía, lo que dificulta el desplazamiento de las aguas superficiales y por ende que haya mezcla del agua, lo que resulta en temperaturas bajas en la zona epipelágica.

Además de las variables descritas anteriormente, debe considerarse el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) como un mecanismo que influye sobre las variables ambientales en el área de estudio. ENOS resulta de la interacción del océano y la atmósfera en el Pacífico Tropical, el cual tiene consecuencias importantes para el tiempo y el clima alrededor del mundo. Si bien la frecuencia es bastante irregular, El Niño se presenta en ciclos entre 2-7 años, y generalmente dura 9-12 meses. Una actualización reciente de la Organización Meteorológica Mundial (2015) reportó que ENOS aumentó su intensidad en el invierno del hemisferio norte de 2015-2016. Las temperaturas medias de la superficie del mar excedieron en 2°C los valores normales, convirtiendo al evento ENOS 2015-2016 en uno de los más intensos desde 1950 (DRRP, 2015).

En condiciones de ENOS, los vientos alisios se debilitan o cesan por completo, lo que resulta en ausencia de surgencias de aguas frías en América del Sur, trayendo como consecuencia el debilitamiento o desaparición de la circulación atmosférica ecuatorial de Walker, registrándose entonces presiones bajas sobre el Pacífico central-oriental, y altas sobre el Pacífico occidental, generando fuertes lluvias en la correspondiente época de sequía (IDEAM, 2010). Sin embargo, de acuerdo a la UPC (s.f.), el calentamiento del océano Pacífico en la costa oeste del continente americano produce una disminución de la diferencia térmica con respecto al mar Caribe, con lo que las precipitaciones en la costa este del continente y el área del Caribe disminuyen.

En este sentido, la velocidad baja del viento registrada por el aeropuerto durante el periodo de surgencia (diciembre 2015 - marzo 2016), a lo cual se suman estratificación térmica y ausencia de temperaturas bajas en superficie, corresponden a condiciones típicas de ENOS en el Caribe. No obstante, para asegurar que no existió un enriquecimiento del agua (un análisis basado únicamente en las características fisicoquímicas del ambiente) es necesario considerar otras variables como

precipitación, oxígeno disuelto e índices de surgencia, y compararlas con lo obtenido en trabajos previos, en zonas típicas de estos eventos en todo el mar Caribe sur, y considerar la orografía de la bahía como un factor influyente en la intensidad de los vientos.

FITOPLANCTON

Las estaciones con mayor riqueza de especies fueron 1 y 6. En el caso de Mangle Quemado, la descarga de la laguna de estabilización que influye en esa zona aumenta la cantidad de nutrientes, lo que genera un ambiente favorable para la producción del fitoplancton. La densidad celular alta, junto con la turbidez generada producto de dicha descarga, disminuyen la transparencia del agua (lo que se confirma en la Fig. 8), limitando la zona fótica a los primeros metros de profundidad.

La estación 6 (Mar Abierto) corresponde a un ambiente oligotrófico, por lo que se espera una reducción en la abundancia del fitoplancton. No obstante, los dinoflagelados fueron los más numerosos, esto se debe a que son organismos mixótrofos, a diferencia de las diatomeas que son estrictamente fotosintéticas, es decir, que son capaces de obtener energía metabólica tanto de la fotosíntesis como de seres vivos, siendo autótrofos, fagótrofos, parásitos o endosimbiontes (Cubas, 2008). Es por ello que los dinoflagelados pueden sobrevivir en ambientes con cantidad de nutrientes baja, como ocurre en periodos de no surgencia, lo cual puede revelar, en parte, la dominancia de los dinoflagelados sobre las diatomeas y cianobacterias, lo que no coincide con lo obtenido por González (2003), puesto que en su estudio encontró que en surgencia las diatomeas fueron el grupo dominante.

La diatomea más abundante encontrada en este estudio fue *Rhizosolenia shrubsolei*, la cual coincide con una de las más abundantes encontradas en el trabajo de González (2003) durante esta época. En lo que respecta a los dinoflagelados, concuerdan las especies *Prorocentrum gracilis* y *Tripos furca* como algunas de las más abundantes. Esto puede ser debido a que se ha demostrado una mayor actividad enzimática de las nitrato/nitrito reductasas en especies de diatomeas en comparación a los dinoflagelados, lo que les atribuye la capacidad de aprovechar ofertas de NO_3^- y NO_2^- con mayor efectividad, que son elementos abundantes durante el enriquecimiento de las aguas (Iriarte y col., 2007).

Del grupo de las diatomeas se encontraron *Skeletonema*, *Rhizosolenia*, *Bacteriastrum*, todas coloniales, y *Nitzschia*. Las formas coloniales son las más abundantes, pues al parecer presentan ventajas al aumentar la fricción que disminuye la velocidad de sedimentación; además, mantienen una eficiencia alta en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes y crecimiento, dado que cada célula conserva su individualidad, siendo favorecida por una mayor relación

superficie/volumen, lo que se traduce en un aprovechamiento máximo de las condiciones propias de un evento de surgencia (Ramírez-Barón y col., 2010). No obstante, las especies registradas para estos géneros no presentaron densidades altas, a excepción de *Rhizosolenia*, razón por la cual se puede afirmar que al momento de realizar el muestreo las condiciones bióticas (así como las abióticas mencionadas anteriormente), no concordaron con las características propias de un evento de surgencia.

Los dinoflagelados dominantes hallados pertenecieron a los géneros *Protoberidinium*, *Prorocentrum* y una especie del género *Ornithocercus*, lo que coincide con el estudio de Ramírez-Barón y col. (2010), quienes encontraron especies de los géneros señalados sólo en época de no surgencia, en la zona costera del Departamento de Magdalena, Colombia. A su vez, los mismos autores registraron una densidad máxima total mayor a 36.000 cél./L para dicha época (en surgencia este valor fue mayor), que es similar a lo obtenido en este estudio (30.301 cél./L, perteneciente a *Prorocentrum gracile*).

De acuerdo con Varela y col. (s.f.), la aparición de dinoflagelados coincide con el periodo de transición entre surgencia y estabilización de las aguas, cuando las especies comienzan a disminuir en abundancia hacia septiembre-noviembre. Esto se conoce como "frecuencia surgencia-estabilidad", es decir, el máximo de fitoplancton ocurre durante el primer semestre del año, y ocurre un mínimo entre agosto-noviembre, donde los dinoflagelados adquieren una proporción mayor.

Los mismos autores discuten la dinámica temporal de dicha comunidad en su estudio. Explican que la sucesión de las especies fitoplanctónicas empieza con el enriquecimiento en nutrientes de las aguas superficiales, originando la proliferación de dinoflagelados y diatomeas en mayor proporción. Continúa la sucesión al disminuir el efecto de la surgencia, con la aparición de diatomeas de mayor tamaño como *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia* (halladas en este trabajo) y *Chaetoceros*, así como un aumento de las poblaciones de dinoflagelados, mostrándose entonces una gran diversidad. Varela y col. (s.f.) también explican que luego de la aparición de éstas, prosiguen diatomeas más grandes del género *Nitzschia* y cocolitofóridos, con un aumento en la proporción de dinoflagelados como *Tripos furca* y diversas especies de los géneros *Protoberidinium* y *Prorocentrum*. Posteriormente, ocurre un descenso en la densidad celular y de manera simultánea un aumento en la diversidad de especies pequeñas de dinoflagelados (nanoplancton), además de diferentes especies de los géneros *Prorocentrum* y *Tripos*.

Esto último coincide con lo registrado durante los días de muestreo, ya que al hacer la distinción por tallas, tanto el nanoplancton como el microplancton fueron abundantes, casi de manera proporcional. Las densidades resultantes separadas por tallas en este trabajo concuerdan con lo obtenido por González (2003) para época de no surgencia, puesto que en su trabajo consiguió durante este periodo densidades altas de nanoplancton (incluso más altas que el microplancton a 10 m de profundidad), mientras que contrariamente en surgencia encontró un dominio notable del microplancton y densidades significativamente bajas de nanoplancton.

Se ha discutido sobre la composición del fitoplancton en aguas estratificadas dominadas por células pequeñas (nanoplancton), en contraste con aguas turbulentas que están dominadas por las tallas más grandes (microplancton). González (2003) hace mención en su trabajo al estudio de Kiorbe (1993), el cual indica que ambas tallas de fitoplancton caracterizan ambientes diferentes desde un punto de vista físico (mezcla vs. estratificado). Por lo tanto, la composición de la comunidad fitoplanctónica encontrada en este trabajo con respecto a su tamaño celular, corresponde a un ambiente que presenta estatificación térmica en la columna de agua, opuesto a lo esperado durante eventos de surgencia.

De todo lo expresado anteriormente se puede deducir, entonces, que posiblemente el fitoplancton correspondió a una comunidad senescente, con abundancias marcadas de dinoflagelados, que afloró hacia finales de 2015 y se mantuvo debido a que no ocurrió un evento de surgencia, con lo cual no sucedió ningún recambio de dinoflagelados por diatomeas, encontrándose al final de la sucesión ecológica originada por una surgencia previa, o por el contrario, que el enriquecimiento de las aguas tuvo lugar poco antes de marzo-2016, y la comunidad empezaba con la sucesión ecológica para retornar a la estabilidad del sistema.

Por otro lado, las variaciones diarias del fitoplancton sugieren que un cambio en la abundancia de dicha comunidad se produce en forma de pulsos, debido a variaciones físicas y biológicas a escalas de tiempo corto (González, 2003). Margalef (1980) afirma que la distribución vertical del fitoplancton está determinada por la iluminación en la superficie del agua, y por el coeficiente de extinción de la luz, que depende de la transparencia del agua. Además, dicho autor destaca el movimiento vertical de este grupo hacia distintas capas de acuerdo a las demandas de luz de cada especie. En este mismo sentido, los organismos planctónicos cambian continuamente de acuerdo a la hora del día y a sus necesidades, bien de iluminación (fitoplancton) o de alimentación (zooplancton). Es por esto que el primer día se hallaron abundancias altas de dinoflagelados y éstas disminuyeron el segundo, bien sea por pastoreo por parte del zooplancton, senescencia y destrucción de los pigmentos por luminosidad alta, entre otros factores.

Los ecosistemas marinos tropicales se caracterizan por una flora cianobacteriana específica, siendo la temperatura probablemente el factor limitante principal en la distribución geográfica de una especie determinada. En comparación con el mar abierto, la mayor biodiversidad de cianobacterias se observa en las zonas litorales donde forman esteras intermareales e infralitorales, donde viven como endolitos en sustratos carbonatados o forman asociaciones simbióticas, especialmente con esponjas y ascidias. Como organismos fotosintéticos, las cianobacterias son de importancia primordial en los océanos tropicales, a menudo en ambientes oligotróficos como organismos del género *Trichodesmium*, que probablemente representa una importante fuente de nitrógeno para el medio marino y ciclo del nitrógeno, gracias a su facultad de fijar nitrógeno atmosférico (N₂) (Hoffmann, 1999).

En este estudio, *Trichodesmium thiebautii* fue la especie más cuantiosa, es por ello que se observó en la Fig. 15 una abundancia amplia de cianobacterias en la estación 6. A pesar de que este grupo aprovecha rápidamente el enriquecimiento de nutrientes en el medio, no se observó una cantidad alta de ellas, posiblemente debido a la propia distribución aleatoria del fitoplancton en el cuerpo de agua y dominancia de dinoflagelados, más adaptados a las condiciones ambientales ya señaladas.

ZOOPLANCTON

El plancton tomado a diferentes distancias de la costa muestra una cierta diversidad específica, por lo que se observó una zonación. En zonas marinas la captura está constituida por una comunidad de copépodos notablemente abundante. Cuando dicha captura se realiza en aguas prácticamente incomunicadas con el exterior, como las bahías, a pesar de la abundancia de individuos la comunidad estará constituida por unas pocas especies por ser aguas someras, sometidas a grandes fluctuaciones de salinidad y nutrientes (Vives y Shmeleva, 2006).

Es por esto que en el presente trabajo la riqueza de especies es menor en las estaciones ubicadas en el canal que en la boca, además se suma a ello la gran depredación de estos organismos por parte del zooplancton de mayor tamaño, como quetognatos (*Sagitta* sp.), encontrados en densidades altas en las primeras estaciones, así como la amplitud del arrastre vertical, ya que en las estaciones Boca y Mar Abierto la profundidad máxima tomada fue más del doble que en las del canal.

Entre los copépodos más importantes, por su permanencia en la bahía, se incluyen *Clausocalanus furcatus*, *Temora turbinata* y *Euterpina acutifrons*, lo que coincide con lo obtenido por González (2003). Al ser las dos últimas formas neríticas, aparecieron en densidades altas en las estaciones del canal en la bahía, y disminuyeron en las cercanas a la boca. Otras especies observadas fueron

consideradas ocasionales, por su frecuencia baja de aparición en las estaciones, como es el caso de *Rhincalanus cornutus*, *Pseudodiaptomus acutus*, *Sapphirina nigromaculata* y *Distiocolus minor*, entre otras.

Por otro lado, todos los copépodos encontrados son epipelágicos a excepción de *R. cornutus*, que es una especie mesopelágica y oceánica, pues se halló en las estaciones 5 y 6, las cuales presentan más de 200 m de profundidad, aunque puede encontrarse también en la zona fótica. De igual manera, se hallaron algunas especies estuarinas como *Acartia (A) tonsa*, *A. (O) lilljeborgi*, el complejo *Oithona* spp. 2, y otras neríticas como *Oncaea media*; de las oceánicas *Corycaeus speciosus*, *Calocalanus plumulosus*, *Triconia conifera*, *Nannocalanus minor*, *Temora styliifera* y *Macrosetella gracilis*. Los cladóceros también son epipelágicos y neríticos, a excepción de *Evadne spinifera* (oceánica), la cual se encontró tanto en el canal como en la boca, aunque en bajas cantidades, lo que indica que existen corrientes que entran y salen de la bahía, pues esta especie se ha conseguido también en el saco (Expósito, 1997).

Los copépodos dominaron significativamente en abundancia sobre los cladóceros. Esto ocurre en condiciones de estabilidad del ambiente, ya que los copépodos son el grupo más cuantioso de los microcrustáceos. Sin embargo, en algunos trabajos realizados en el golfo de Cariaco (Márquez y col., 2009; Márquez-Rojas y col., 2011), se evidenció durante periodos de surgencia un aumento considerable en la densidad de los cladóceros; otros inclusive encontraron valores mayores de este grupo con relación a los copépodos (Bernal y Zea, 2000, en Santa Marta, Colombia; González, 2003, en Mochima). La abundancia baja de los cladóceros en este estudio sugiere que al momento del muestreo, las condiciones encontradas correspondían a época de no surgencia.

En lo que concierne a los copépodos, al observar la proporción de nauplios, copepoditos y adultos, es notorio que la cantidad de juveniles es alta. No obstante, estos datos pueden estar subestimados, ya que los estadios iniciales de copepoditos, al igual que los nauplios, presentan tallas inferiores a 0,2 mm (Fernández de Pelles, 2015), lo que puede generar que dichos organismos traspasen la red cónica para zooplancton al momento de la toma de muestras.

Los factores que influyen sobre la formación y desarrollo de los copépodos son tanto fisicoquímicos como biológicos (fitoplancton), por lo que se puede inferir que posiblemente ocurrió un evento que favoreció el ambiente, antes de las fechas de muestreo, que desencadenó la actividad reproductiva de los copépodos, lo cual generó una densidad importante de juveniles, los cuales fueron encontrados durante la salida de campo correspondientes a las mismas Familias de los adultos más abundantes.

La duración del desarrollo depende en gran medida de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura, fotoperiodo y cantidad de alimento. En el caso de los ciclopoideos, este periodo puede durar mucho más, porque tienen la capacidad de soportar estados de vida latente o de diapausa, que se produce principalmente en los últimos estadios de copepodito, evitando la depredación por peces, las temperaturas altas o la falta de alimento. El paso por estados de vida latente o diapausa es facultativo, ya que en una misma población y en una misma época del año una parte de los individuos pueden presentarla y otra no; en latitudes bajas el número de generaciones anuales y su superposición es mayor (Miracle, 2015).

Debido a las altas temperaturas registradas en el cuerpo de agua, junto con la cantidad baja de fitoplancton (ya que los copépodos principalmente son organismos herbívoros), se encontraron densidades altas tanto de copepoditos de Oithonidae, como de adultos de los complejos *Oithona* spp. 1 y 2, observando una marcada superposición de los estadios de desarrollo.

En las Familias de los calanoides, los huevos eclosionan en función de la temperatura (a menor temperatura mayor eclosión), pasando de un color azul claro a volverse transparentes. Cuando las condiciones ambientales no son favorables, determinadas especies tienen la capacidad de endurecer las cubiertas ováricas y los huevos permanecen en estado de vida latente hasta que las condiciones cambian y son favorables (Fernández de Puelles, 2015). El conteo de los huevos, para determinar si los organismos estaban en latencia, no se realizó en este trabajo. Además, la condición de transparencia de los mismos hubiese dificultado dicha tarea.

No obstante, la alta densidad de copepoditos de estas Familias (Clausocalanidae, Paracalanidae, Eucalaniae, Temoridae y Acartiidae) puede corresponder a un evento reproductivo previo al muestreo. Lo mismo ocurrió con los poecilostomatoides y harpacticoides, ya que estos últimos forman quistes en condiciones poco favorables (Gutiérrez-Aguirre y col., 2006), los cuales no fueron contabilizados, pero los juveniles de las Familias Tachidiidae, así como Oncaeidae y Corycaeidae fueron abundantes.

Los copépodos de los Órdenes Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida son, en su amplia mayoría, herbívoros filtradores o no selectivos (Razouls y col. 2005-2016; Fernández de Puelles 2015; Miracle 2015), razón por la cual presentaron mayores densidades en las primeras 3 estaciones, ubicadas en el canal, que en la boca, pues el fitoplancton de menor tamaño (nanoplancton) dominó en esta zona. En cambio, los organismos del Orden Poecilostomatoida son omnívoros y depredadores (Melic, 2015), por lo que pueden prevalecer en lugares donde el fitoplancton es escaso, como en la boca de la bahía, y alimentarse de otros copépodos y organismos más pequeños. Estas condiciones

son características de periodos de no surgencia. En cambio, para surgencia se espera una dominancia considerable de herbívoros debido a la gran productividad del fitoplancton, por lo que aumentaría el pastoreo por parte de copépodos y cladóceros.

Se considera entonces que el alimento es un factor importante en la distribución horizontal de los organismos, así como vertical. Cuando el fitoplancton es abundante, las tasas de ingesta individuales son altas y los copepoditos aumentan la amplitud de las migraciones verticales, pero cuando el alimento se reduce y la competencia se hace más fuerte, cesan las migraciones de estos juveniles, los cuales permanecen en todo momento en aguas superficiales (Vives y Shmeleva, 2006).

Otro factor señalado como determinante en la migración vertical es la luz. El geotropismo positivo o negativo controla el movimiento vertical de los organismos. La luminosidad es un factor influyente, ya que bajo una luz difusa ascienden hacia la superficie, pero con luz intensa cesan sus movimientos y se hunden a mayores profundidades (Vives y Shmeleva, 2006). Por esta razón, además de la distribución en forma de parches del plancton y su condición de estar a merced de las corrientes, se encontraron diferencias en las densidades entre los dos días de captación de muestras (tanto en copépodos como en cladóceros), ya que el primer día éstas se tomaron en la tarde, cuyos valores fueron mayores pues la intensidad de la radiación solar es menor, mientras que el segundo día la luminosidad fue mayor en la mañana. A pesar de esto, en la mayoría de las especies no se encontraron diferencias significativas con respecto a la abundancia en las estaciones.

Los copépodos que presentaron diferencias significativas en las estaciones se caracterizan en su mayoría por ser especies oceánicas, como *T. stylifera*, *T. conifera* y *E. marina*, y *C. furcatus*, esta última nerítica, pero puede encontrarse en ambientes oceánicos. En las primeras cuatro estaciones, la densidad de esas especies es similar, al igual que en el caso de la temperatura, indicando que, desde Mangle Quemado hasta Playa Blanca (ensenada), las condiciones bióticas y abióticas son semejantes, mientras que en la boca estas especies aumentan considerablemente. Se puede afirmar, entonces, que el canal, la ensenada y la boca de la bahía son diferentes en cuanto a la temperatura, lo cual afecta la distribución y abundancia de determinadas especies zooplanctónicas.

En el caso de *Euchaeta marina*, esta especie es carnívora y agresiva masticadora, la hembra adulta puede ingerir pequeños crustáceos, especialmente copépodos. Por su parte, *T. stylifera* es principalmente herbívora oportunista, pero puede ser omnívora (Razouls y col. 2005-2016). Estos

hábitos alimentarios proporcionan a los copépodos una probabilidad alta de sobrevivir en ambientes oligotróficos, por lo que aumentan sus abundancias en estos medios.

Triconia conifera es el único miembro del Orden Poecilostomatoida que presenta bioluminiscencia (Melic, 2015), producida por un gran número de glándulas luminosas epidérmicas ubicadas en la región dorsal del cefalosoma y del urosoma, las cuales producen cortos destellos de 80-200 ms de duración, que se cree originados como respuesta a depredadores potenciales (Vives y Shmeleva, 2010), lo que, al igual que en las especies mencionadas anteriormente, le otorga la capacidad de sobrevivir en ambientes donde predominan organismos carnívoros y de mayor tamaño, donde son presas potenciales. En lo que respecta a *C. furcatus*, la especie es herbívora filtradora, pero puede alimentarse, reproducirse y desarrollarse a bajas concentraciones de fitoplancton, por lo que es ideal para aguas abiertas oceánicas (Davies y Slotwinski, 2012).

Por otro lado, los cladóceros marinos habitan en aguas neríticas, con mayores concentraciones cerca de la costa, aunque también se pueden encontrar en aguas abiertas debido al transporte advectivo. Una vez que se reproducen y los organismos se desarrollan, sus poblaciones dependen de factores ambientales favorables, por lo general ligados a la estabilidad vertical, impulsados bien sea por temperaturas altas en la superficie o por dilución del agua debido a la presencia de agua dulce. Bajo condiciones favorables, los cladóceros típicamente se reproducen por partenogénesis (Atienza y col., 2006).

Las hembras partenogénicas producen huevos que se transportan en una cámara de cría, donde se desarrollan en nuevas hembras partenogénicas y así sucesivamente (Saiz, 2004). En el presente trabajo se observaron hembras con huevos de *P. avirostris* y *P. polyphemoides*, ambas encontradas en mayores densidades hacia el canal, en donde llega la influencia de la laguna de estabilización, y las temperaturas del agua resultaron más altas.

La temperatura, al igual que en los copépodos, puede desempeñar un papel importante en la dinámica de población de estos organismos, pues determinan la distribución de los cladóceros marinos, encontrando abundancias menores cuando la temperatura disminuye. Esto puede explicar la densidad alta de estos organismos en el canal, donde las temperaturas obtenidas fueron más altas, mientras que hacia la boca disminuyeron ambas variables (temperatura y densidad de cladóceros). Otros factores, como la salinidad, oxígeno disuelto, corrientes de marea, disponibilidad de alimentos y el fotoperiodo podrían ser también relevantes y afectar la aparición y distribución de cladóceros (Valentín y Marazzo, 2003).

Al ser organismos herbívoros, se encontraron en mayores cantidades donde la abundancia del fitoplancton, especialmente el de menor tamaño (nanoplancton), fue mayor, ya que mientras los copépodos que pastorean tienen preferencia por fitoplancton de mayor tamaño, los cladóceros consumen los individuos más pequeños (Sommer y Sommer, 2006). Esto también puede explicar la mayor densidad de cladóceros en el canal de la bahía, pues en la boca y el mar abierto el fitoplancton más grande (microplancton) fue más abundante, lo que limitó la cantidad de alimentos para estos organismos en dichas estaciones.

CONCLUSIONES

- La velocidad baja del viento registrada en este trabajo, así como los datos facilitados por el Aeropuerto de Cumaná, muestran que al momento del muestreo no hubo surgencia. A esto se suman los valores de salinidad y temperatura medidos, así como la composición del fitoplancton, la densidad baja de cladóceros y la ausencia de copépodos de profundidades mayores en superficie.
- La temperatura y disponibilidad del alimento (fitoplancton) fueron las variables determinantes en la abundancia, composición y distribución de los copépodos y cladóceros en la bahía, generando un gradiente en sus densidades desde el canal hacia la boca.
- Entre los copépodos más importantes, por su permanencia en la bahía, se incluyen *Clausocalanus furcatus*, *Temora turbinata* y *Euterpina acutifrons*. En cuanto a los cladóceros, *Pseudoevadne tergestina*, *Penilia avirostris* y *Evadne spinifera* se hallaron en toda la bahía, mientras que *Pleopis polyphemoides* se ubicó principalmente en el canal.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios extensivos en ambos periodos (surgencia y no surgencia), para comparar el cambio en la composición de especies a largo plazo, y determinar todas las variables necesarias para caracterizar apropiadamente el ambiente como nutrientes, oxígeno disuelto, pH y pigmentos fotosintéticos, que corroboren lo obtenido con relación a las variables bióticas, tanto fitoplancton como zooplancton.

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio-Castro, R. y Contreras, R. 2003.** Índices de surgencia costera inducida por el viento para la región nororiental de Venezuela. [En línea] Disponible: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers10-07/010031237.pdf [Consulta: 29 de marzo de 2016].
- Atienza D., Saiz, E. y Calbet, A. 2006.** Ecología alimentaria del cladóceros marino *Penilia avirostris*: dietas naturales, ración diaria y selectividad de presas. *Mar. Ecol Prog Ser* 315: 211-220.
- Bakun, A. 1973.** Coastal Upwelling Indices, West coast of North America, 1946-71. NOAA Technical Report NMFS SSRF, 67: 103 pp.
- Bernal, A. y Zea, S. (2000).** Estructura de la comunidad de zooplancton en condiciones de descarga continental y de afloramiento costero en Santa Marta, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 29: 3-26.
- Boxshall, G. A., Mees, J., Costello, M. J., Hernandez, F., Gofas, S., Hoeksema, B. W. y Read, G. B. 2014.** World register of marine species. [En línea] Disponible: <http://www.marinespecies.org/> [Consulta: abril 2016 – abril 2017].
- Brito, A. 2013.** Variación y composición del zooplancton asociado a las formaciones coralinas de la bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela. 91 pp.
- Calbet, A. 1999.** Copépodos, los insectos del mar. Investigación y Ciencia. [En línea] Disponible: <http://www.icm.csic.es/bio/ftp/1999-11.pdf> [Consulta: 31 de enero de 2016].
- Campos, A. y Suárez, E. 1994.** Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. Biología y Sistemática. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (C.I.Q.R.O.), México. 353 pp.
- Caraballo, L. F. 1968.** Sedimentos recientes de la Bahía de Mochima. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 7: 45-64.
- Castellanos, P., Varela R. y Muller-Karger, F. 2000.** Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Fund. La Salle de Cienc. Nat.* 154: 55-76.
- Cubas, P. 2008.** Dinophyta (Dinoflagelados). [en línea] Disponible: https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Dinofitos/5_Dinophyta_texto.pdf [Consulta: 26 de abril de 2017].
- Davies, C.H. y Slotwinski, A.S. 2012.** *Clausocalanus furcatus* (Brady, 1883). Integrated Marine Observing System. [En línea] Disponible: http://www.imas.utas.edu.au/__data/assets/pdf_file/0008/395018/Clausocalanus_furcatus_atlas.pdf [Consulta: 22 de agosto de 2016].

- DRRP (Disaster Risk Reduction Program). 2015.** El Niño Oscilación del Sur (ENOS) 2015–16. Región Latinoamérica y el Caribe. Extreme Events Institute. Florida International University. FIU-DRR. Report no. 1.
- Escribano R. y Castro, L. 2004.** Biología Marina y Oceanografía: Procesos y Conceptos. Chile: Consejo Nacional del Libro y la Lectura. (1) 365 pp. [En línea] Disponible: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/10.pdf> [Consulta: 2 de agosto de 2016].
- Expósito, N. 1997.** Estudio de los efectos de las descargas de una laguna de oxidación sobre las comunidades planctónicas en la Bahía de Mochima (Estado Sucre). Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 177 pp.
- Fernández de Puelles, M. 2015.** Clase Maxillopoda: Subclase Copepoda: Orden Calanoida. *Revista Ide@-SEA* 89: 1-27.
- Franco-Herrera, A., Castro, L. y Tigreros, P. 2006.** Plankton Dynamics in the South-Central Caribbean Sea: Strong Seasonal Changes in a Coastal Tropical System. *Caribbean Journal of Science* 42 (1): 24-38.
- Gasca, R. y Suárez, J. 1996.** Introducción al estudio del zooplancton marino. El Colegio de la Frontera del Sur. ECOSUR, D.F., México, México. 711 pp.
- Gómez-Carvajal, E., Sánchez-Suárez, I.G. y Díaz-Ramos, J.R. 2002.** Fitoplancton de Playa San Luis (Cumaná): Composición y Origen. *CIENCIA* 10 (4): 340-352.
- González, F. 2003.** Índice de surgencia influenciado por los factores abióticos y la dinámica del plancton, en la Bahía de Mochima (Edo. Sucre). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 100 pp.
- González, F., Zoppi de Roa, E. y Montiel, E. 2006.** Productividad primaria del fitoplancton en la bahía de Mochima, Venezuela. *Invest. Mar., Valparaíso* 34 (2): 37-45.
- Guiry, M.D. 1996-2016.** AlgaeBase. [En línea] Disponible: <http://www.algaebase.org/> [Consulta: agosto-noviembre de 2016].
- Gutiérrez-Aguirre, M.A., Suárez-Morales, E. y Cervantes-Martínez, A. 2006.** Distribución de las especies de *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) en el sureste mexicano y región norte de Guatemala. *Hidrobiológica* 16 (3): 259-265.
- Hernández-Ávila, I. y Gómez, A. 2014.** Patrones de abundancia y composición del zooplancton costero a varias escalas temporales en un ciclo de surgencia estacional en la Isla de Margarita, Venezuela. *Revista Interciencia* 39 (2): 122-128.
- Herrera, L., Febres, G. y Andrés, J. 1980.** Distribución de las masas de agua y sus vinculaciones dinámicas en el sector centro-occidental Venezolano, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr.* 19 (1-2): 93-118.

- Hoffman, L. 1999.** Marine cyanobacteria in tropical regions: diversity and ecology. *European Journal of Phycology* 34 (4): 371-379.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2010.** Estudio sobre la variabilidad de la temperatura superficial del Mar en el Caribe Colombiano. IDEAM-METEO/002-2010. Nota técnica.
- Iriarte, J., Quiñones, R., González, R. y Valenzuela, C. 2007.** Relación entre actividad enzimática y biomasa de ensamblajes fitoplanctónicos en el sistema pelágico. *Invest. Mar.* 35 (1): 71-84.
- La Barbera, A. 1991.** Dinoflagelados de la Región Nor Oriental de Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Sucre, Cumaná, Venezuela. 93 pp.
- Lara-Rodríguez, R., Velásquez-Arenas, R., Troccoli-Ghinaglia, L., Hernández, D. y Lemus, M. 2015.** Variación temporal de las variables físico-químicas y biomasa fitoplanctónica en aguas superficiales de la zona costera de Chacopata, NE de Venezuela (Mar Caribe). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 50 (2): 367-373.
- López, C. 1986.** Composición, abundancia y distribución de las comunidades zooplanctónicas en el embalse de Manuelote (Río Socuy, Estado Zulia). Trabajo Especial de Grado. Licenciatura en Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, Venezuela. 179 pp.
- Manrique, F. y Molina, R. 2003.** Serie de tiempo planctónica en la bahía de Bacochibampo: Los Cladóceros. *Revista Digital de Postgrado, Investigación y Extensión del Campus Monterrey*. [En línea] Disponible: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/62/62-III.02.html> [Consulta: 2 de febrero de 2016].
- Marcano, Y. 2010.** Variación temporal y espacial intradiaria del zooplancton en la parte interna de la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela. 92 pp.
- Marcano, Y., Márquez, B., Díaz-Ramos, J., Troccoli, L., Marín, B., Salazar, I. y Rincones, K. 2010.** Variables fisicoquímicas que influyen a corto plazo en el zooplancton de la Bahía de Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 49 (2): 129-145.
- Marín, B., Lodeiros, C., Figueroa, D. y Márquez, B. 2004.** Distribución vertical y abundancia estacional del microzooplancton y su relación con los factores ambientales en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ* 14 (2): 133-139.
- Márquez, B., Marín, B., Díaz-Ramos, J., Troccoli, L. y Subero-Pino, S. 2007.** Variación estacional y vertical de la biomasa del macrozooplancton en la Bahía de Mochima, Estado Sucre-Venezuela, durante 1997-1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 241-252.

- Márquez, B., Díaz-Ramos, J., Troccoli, L., Marín, B. y Varela, R. 2009.** Densidad, biomasa y composición del zooplancton, en el estrato superficial de la Cuenca de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44 (3): 737-749.
- Márquez-Rojas, B., Marín, B., Díaz-Ramos, J. y Troccoli, L. 2008.** Biomasa, densidad y composición del zooplancton en la Bahía de Mochima, Venezuela. *Gayana* 72 (1): 52-67.
- Márquez-Rojas, B., Troccoli, L., Marcano, L. M., Morales, J., Allen, T., Marín, B. y Díaz-Ramos, R. 2011.** Estructura comunitaria del zooplancton en dos localidades del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 50 (2): 103-119.
- Márquez-Rojas, B., Díaz-Díaz, O., Troccoli, L., Morales, J. y Marcano, L.M. 2014.** Distribución espacial y abundancia de la Familia Corycaeidae Dana, 1854 (Copepoda: Poecilostomatoida) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 53 (2): 221-233.
- Marshall, H. 1986.** Identification Manual for Phytoplankton of the United States Atlantic Coast. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. 142 pp.
- Medellín-Mora, J. y Navas, G. 2010.** Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del Mar Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 39 (2): 265-306.
- Melic, A. 2015.** Clase Maxillopoda: Subclase Copepoda: Orden Poecilostomatoida. *Revista Ide@-SEA* 97: 1-15.
- Miracle, M.A. 2015.** Clase Maxillopoda: Subclase Copepoda: Orden Cyclopoida. *Revista Ide@-SEA* 95: 1-19.
- Miralto, A., Barone, G., Romano, G., Poulet, S. Lanora, A., Russos, G., Buttino, I., Mazzarellas, G., Laabir, M., Cabrini, M. y Giacobbe, M. 1999.** The insidious effect diatoms on copepods reproduction. *Nature* 402: 173-175.
- Morales, J. 2008.** Abundancia, composición y biomasa de los espectros de tallas del zooplancton en la plataforma Pariche-Manicuare, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela. 112 pp.
- Mujica, A. y Espinoza, E. 1994.** Cladóceros marinos chilenos (18°30'-37°30'S). *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 265-272.
- Narváez, M. 2011.** Variación temporal y espacial del micro y mesozooplancton en la parte interna de la Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, en época de surgencia. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela. 75 pp.
- Navarro-Vargas, G., Díaz-Ramos, J., Troccoli-Ghinaglia, L. y Subero-Pino, S. 2014.** Dinoflagelados epibénticos presentes en diferentes sustratos en la Bahía Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 53 (2): 161-170.

- Núñez, F. y Hernández, M. 2013.** Reconocimiento sedimentológico de la ensenada de Cautaro, sector nororiental de la bahía de Mochima, estado Sucre-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 54 (2): 259-272.
- Okuda, T., Benítez, J., García J. A. y Fernández, F. 1968.** Condiciones hidrográficas y químicas en la bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo, desde 1964-1966. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO* 7: 7-37.
- Onbé, T. 1999.** Ctenopoda y Onychopoda (=Cladocera). South Atlantic Zooplankton. *Backhuys Publishers, Leiden* (1): 797-813.
- Pauly, D. y Christensen, V. 1995.** Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257.
- Pérez, S. 2012.** Factores físicos que influyen en la comunidad de zooplancton en zonas de surgencia costera. Seminario, Postgrado de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 31 pp.
- Pirela-Ochoa, E., Troccoli, L. y Hernández-Ávila, I. 2008.** Hidrografía y cambios en la comunidad del microfitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 47 (1): 3-16.
- Ramírez, A. 2013.** Densidad y distribución vertical del zooplancton durante tres periodos del año, en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela. 76 pp.
- Razouls, C., de Bovée, F., Kouwenberg, J. y Desreumaux, N. 2005-2016.** Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods. [En línea] Disponible: <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en/> [Consulta: abril 2015 – abril 2016].
- Rivas-Rojas, T., Díaz-Ramos, J., Troccoli-Ghinaglia, L., Charzeddine, L., Subero-Pino, S. y Márquez A. 2007.** Variación diaria de algunas variables físico-químicas y de la biomasa del fitoplancton en una playa tropical, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 46 (1): 13-21.
- Rivera, J. 2006.** Componentes del zooplancton. Model Science Improvement Project, M.S.E.I.P. Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de Ponce. [En línea] Disponible: <http://cremc.ponce.inter.edu/zooplancton/componentes.htm> [Consulta: 15 de febrero de 2016].
- Saiz, E. 2004.** Role of Microphagous Zooplankton in Marine Microbial Communities: Trophic Impact and Carbon Transfer. Dept. Biología Marina i Oceanografía, Institut. de Ciències del Mar, CMIMA, CSIC. [En línea] Disponible: <http://www.icm.csic.es/bio/projects/zootransfer/home2.htm> [Consulta: 22 de agosto de 2016].

- Salazar, I., Díaz-Ramoz, J., Rincones, K., Charzeddine, L., Subero-Pino, S., Troccoli-Ghinaglia, L., Márquez, B., Baumar, M., Márquez, A. y Hernández, D. 2011.** Cambios diarios de la biomasa fitoplanctónica en la Bahía de Mochima, Venezuela, durante la época de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 50 (1): 69-77.
- Silva, G. 2010.** Tipos y subtipos climáticos de Venezuela. Trabajo de Ascenso a la categoría de Titular, Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 66 pp.
- Suárez, E. y Gasca, R. 1992.** El zooplancton. De los misteriosos seres que viven suspendidos en el agua. *Cuadernos de Divulgación. Centro de Investigación de Quintana Roo (CIQRO), México* 2: 1-19.
- Sommer, U. y Sommer, F. 2006.** Cladoceran versus copepods: the cause of contrasting top-down controls on fresh water and marine phytoplankton. *Oecologia* 147: 183-194.
- Tomczak, M. y Godfrey, J.S. 2001.** Regional Oceanography: An Introduction. CSIRO Division of Oceanography, Tasmania, Australia. PDF Version 1.0: 1-391 pp.
- UPC (Universidad Politécnica de Catalunya). s.f.** Contexto Climático: Climatografía del Caribe. [En línea] Disponible: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5800/02.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [Consulta: 14 de abril de 2017].
- Valentín J.L. y Marazzo A. 2003.** Modeling the population dynamics of *Penilia avirostris* (Branchiopoda, Ctenopoda) in a tropical bay. *Acta Oecol.* 24: 369-376.
- Varela, R., Carvajal F. y Muller-Karger, F. (s.f.).** El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela. Contribución nº 210, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales. 263-294 pp.
- Vives, F. y Shmeleva, A. 2006.** Crustacea, Copépodos Marinos I. Calanoida. *Fauna Ibérica*. vol. 29. Ramos, M.A. y col. (Eds). Museo Natural de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 1152 pp.
- Vives, F. y Shmeleva, A. 2010.** Crustacea, Copépodos Marinos II. Non Calanoida. *Fauna Ibérica*. vol. 33. Ramos, M.A. y col. (Eds). Museo Natural de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 486 pp.

APÉNDICES

Apéndice 1. Variables ambientales registradas en aire.

Datos de aire correspondientes al 15/03/2016.

Hora	Rad. solar ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^1$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	\bar{x} Vel. viento (m/s)	σ Vel. viento	Nubosidad
9:00 AM	504,6	31,2	0,69	0,50	Parcialmente nublado
9:30 AM	1120,15	31	1,63	0,26	Parcialmente nublado
10:00 AM	1210	31,2	2,80	0,56	Despejado
10:30 AM	1290	29,9	2,63	0,44	Despejado
11:00 AM	1398	29,8	2,74	0,76	Despejado
11:30 AM	1488,8	31,4	2,06	0,65	Despejado
12:00 PM	1471,3	30,1	2,18	0,70	Despejado
12:30 PM	1452,8	33,7	1,80	0,89	Despejado
1:00 PM	1628,7	29,7	2,916	0,82	Despejado
1:30 PM	1217,8	33,5	2,564	0,89	Despejado
2:00 PM	1339,2	35,3	2,79	0,48	Despejado
2:30 PM	1355,1	35,9	1,89	0,43	Despejado
3:00 PM	863,2	30,9	4,91	0,28	Parcialmente nublado
3:30 PM	327,9	30,5	5,39	1,47	Parcialmente nublado

Datos de aire correspondientes al 16/03/2016.

Hora	Rad. solar ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^1$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	\bar{x} Vel. viento (m/s)	σ Vel. viento	Nubosidad
7:45 AM	390,8	27,3	1,59	0,21	Despejado
8:15 AM	748,2	29,2	1,95	0,29	Despejado
8:45 AM	1111,9	30,3	2,39	0,32	Despejado
9:15 AM	1330	32,2	1,95	0,54	Despejado
9:45 AM	1308,1	31,9	2,13	0,51	Despejado
10:15 AM	1636,6	30,1	2,21	0,33	Despejado
10:45 AM	1699	34,1	2,71	0,85	Despejado
11:15 AM	1187,8	34,5	3,76	1,00	Despejado
11:45 AM	1884	30,1	5,43	1,13	Despejado
12:15 PM	1552,2	31,2	5,02	0,49	Despejado

Parámetros ambientales suministrados por el Aeropuerto de Cumaná, estado Sucre.

Mes	\bar{x} Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	σ Temp.	\bar{x} Vel. viento (m/s)	σ Vel. viento
dic-15	28	2,77	5,43	1,66
ene-16	26	3,30	5,35	1,89
feb-16	27	3,12	5,32	1,05
mar-16	27	2,81	5,57	1,81
abr-16	28	2,90	5,15	2,22

Apéndice 2. Variables ambientales registradas en agua.

Datos de agua correspondientes al 15/03/2016.

Estación	Coordenadas	Hora	Secchi (m)	Prof. máx. tomada (m)	Estratos (m)	Rad. ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^1$)	Sal. (‰)	Temp. (°C)
1	10° 22' 43,18" N - 64° 20' 46,91" O	3:30 PM	13,9	25	0	1206,1	37,2	27,8
					1	704,7	37,2	27,6
					2	499	37,2	27,2
					3	339,4	37,1	27
					4	288,84	37,2	27
					5	281,6	37,2	27
					10	110,04	37	25,6
					15	27,87	37	24,7
2	10° 23' 08,48" N - 64° 20' 41,91" O	2:30 PM	13,2	25	0	1056,5	37	27,4
					1	373	37	27,3
					2	112,32	36,8	26,5
					3	54,77	36,9	26,3
					4	25,32	36,7	25,9
					5	32,36	36,8	25,7
					10	20,14	36,7	25
					15	19,88	36,8	24,5
3	10° 23' 31,30" N - 64° 20' 37,45" O	2:00 PM	16,5	35	0	1163,7	37,1	27,4
					1	941,5	37,1	27,3
					2	660,8	37	26,5
					3	404	37	26,2
					4	141,57	36,9	26,1
					5	84,65	36,9	25,9
					10	42,78	36,9	24,9
					15	30,56	36,9	24,5
4	10° 23' 48,85" N - 64° 20' 34,88" O	1:00 PM	17,7	56	0	1452,2	37,3	27,2
					1	890,3	37,2	26,6
					2	179,48	37,1	25,7
					3	160,28	37,1	25,4
					4	91,71	37	25,2
					5	80,16	37	25,2
					10	59,18	37	24,7
					15	55,99	37	24,6
5	10° 24' 16,0" N -	12.30 PM	18,5	70	0	1449,8	36,6	26,5
					1	847	36,6	26,4
					2	631,1	36,6	26,1
					3	481,9	36,4	25,6

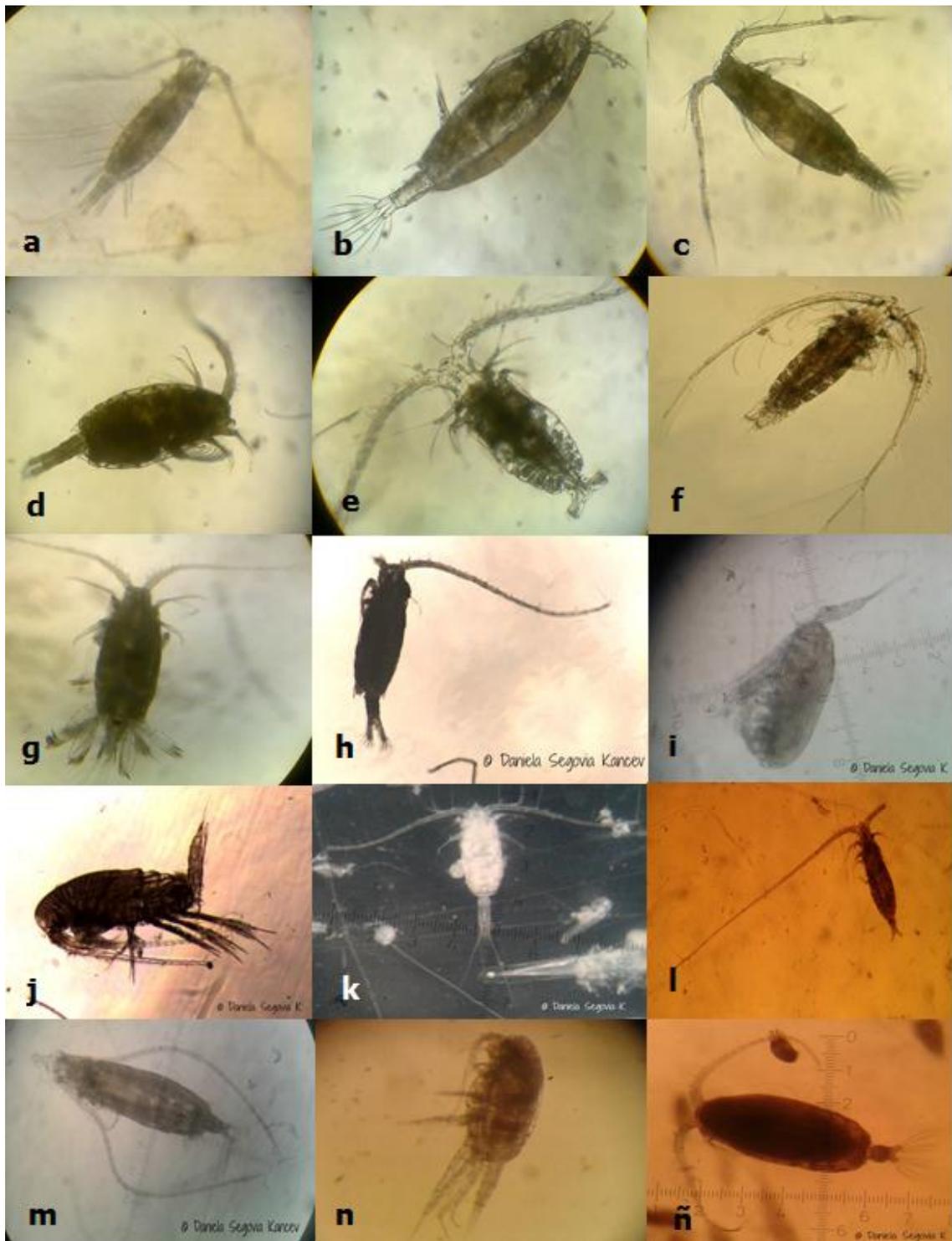
	64° 20' 29,53" O				4	215,7	36,4	25,3
					5	80,16	36,4	25,3
					10	46,2	36,5	24,8
					15	39,66	36,6	24,7
6	10° 24' 51,05" N - 64° 20' 23,36" O	11.30 AM	20,6	70	0	1350,4	36,7	26,1
					1	973,7	36,7	26,1
					2	787,5	36,7	25,5
					3	434,9	36,7	25,5
					4	417,8	36,7	25,4
					5	256,8	36,7	25,3
					10	170,03	36,7	25
					15	164,08	36,7	24,9

Datos de agua correspondientes al 16/03/2016.

Estación	Coordenadas	Hora	Secchi (m)	Prof. máx. tomada (m)	Estratos (m)	Rad. ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$)	Sal. (‰)	Temp. (°C)
1	10° 22' 43,18" N - 64° 20' 46,91" O	9:25 AM	16,1	25	0	758,9	37,1	27,2
					1	589,1	37,1	27,2
					2	554,8	37,1	27,1
					3	400,6	37	26,8
					4	384,3	37	26,7
					5	280,1	37	26,7
					10	100,05	36,9	25,9
					15	28,89	36,9	25,9
2	10° 23' 08,48" N - 64° 20' 41,91" O	9:50 AM	16,3	25	0	1206,6	37,1	26,9
					1	970	37,1	26,9
					2	962,5	37,1	26,8
					3	526,8	37	26,4
					4	518	37	26,4
					5	380,3	37	26,4
					10	271,8	39,6	25,5
					15	206,3	39,6	25,2
3	10° 23' 31,30" N - 64° 20' 37,45" O	10:20 AM	15,3	35	0	1104,3	37,1	26,6
					1	554,5	37,1	26,6
					2	332,6	37,1	26,6
					3	204,1	37,1	26,5
					4	169,79	37,1	26,3

					5	133,14	37	25,6					
					10	186,3	37	25,3					
					15	103,4	37	25,1					
4	10° 23' 48,85" N - 64° 20' 34,88" O	11:00 AM	18,2	56	0	903,5	37	26,1					
					1	666,2	37	26					
					2	535,1	37,1	25,9					
					3	513,1	37	25,8					
					4	429,3	37	25,8					
					5	354,2	37	25,7					
					10	210,5	37	25,4					
					15	88,5	37	25					
					5	10° 24' 16,0" N - 64° 20' 29,53" O	11:30 AM	18,8	70	0	1512,7	36,9	25,9
										1	1488,3	36,9	25,6
2	1061,9	36,9	25,5										
3	741,7	36,9	25,4										
4	422,5	36,9	25,4										
5	415,2	36,9	25,4										
10	280,2	36,9	25,4										
15	183,4	36,9	25,4										

Apéndice 3. Registro fotográfico de los copépodos encontrados en la bahía.



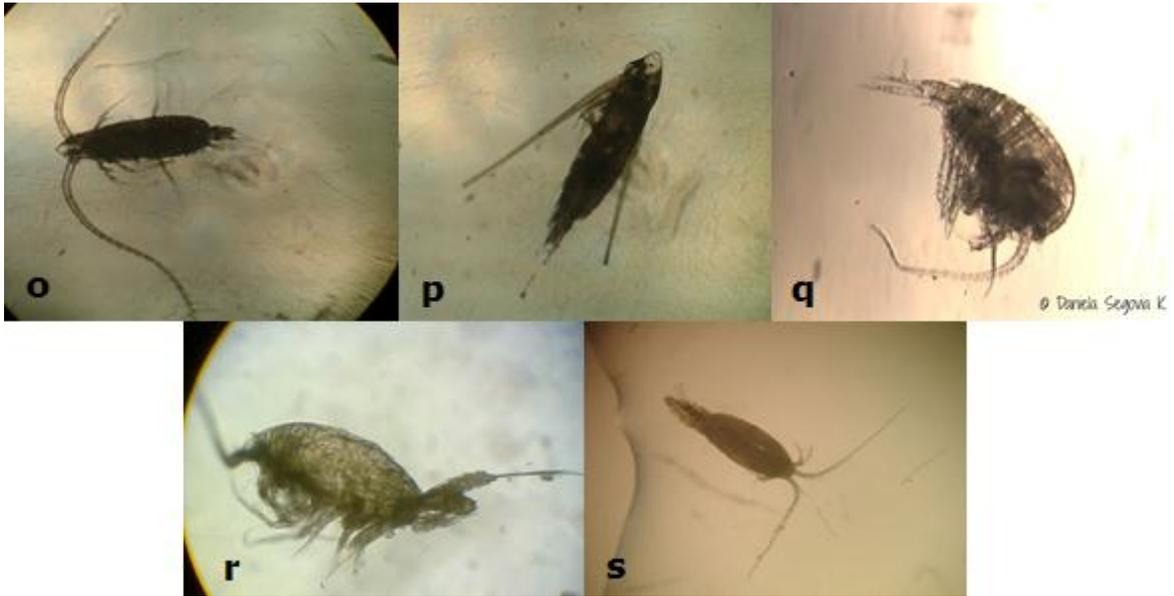


Figura 1. Copépodos del Orden Calanoida. **a.** *A. (O) lilljeborgi*. **b.** *A. (A) negligens*. **c.** *A. (A) tonsa*. **d.** *C. americana*. **e.** *C. pavo*. **f.** *C. plumulosus*. **g.** *C. paenelongimana*. **h.** *C. velificatus*. **i.** *C. arcuicornis*. **j.** *C. furcatus*. **k.** *E. marina*. **l.** *M. clausi*. **m.** *R. cornutus*. **n.** *P. crassirostris*. **ñ.** *S. danae*. **o.** *S. subcrassus*. **p.** *S. subtenuis*. **q.** *T. stylifera*. **r.** *T. mayumbaensis*. **s.** *U. vulgaris*.



Figura 2. Copépodo representante del Complejo *Oithona* spp. 2 del Orden Cyclopoida.



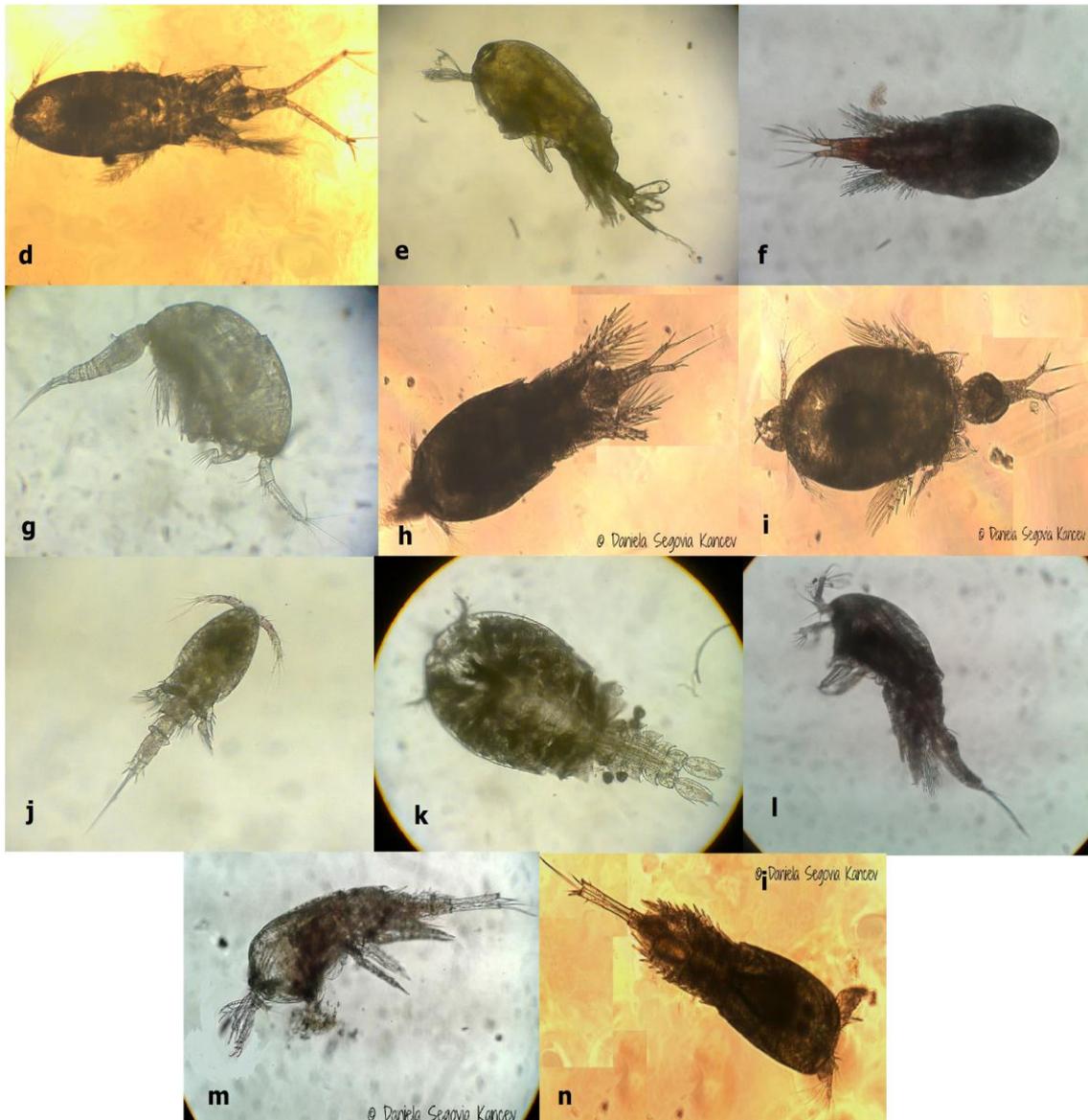


Figura 3. Copépodos del Orden Poecilostomatoida. **a.** *A. limbatus*. **b.** *A. typicus*. **c.** *C. clausi*. **d.** *C. speciosus*. **e.** *F. rostrata*. **f.** *O. media*. **g.** *O. venusta*. **h.** *O. catus*. **i.** *O. latus*. **j.** *Saphirella* sp. **k.** *S. nigromaculata*. **l.** *T. conifera*. **m.** *U. furcifer*. **n.** *U. lautus*.



Figura 4. Copépodos del Orden Harpacticoida. **a.** *C. scutellata*. **b.** *D. minor*. **c.** *M. gracillis*.

Apéndice 4. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes.

Variables	Media Aritmética	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
LSal	3,61006	0,00793206	0,22%
Temp	25,945	0,459812	1,77%
LPse. ter	5,76765	0,971626	16,85%
LOnc. ven	5,03755	1,18629	23,55%
LCa. pav	4,08027	1,03138	25,28%
Rad	471,105	145,325	30,85%
Cop	6409,92	2151,39	33,56%
LUro. fur	3,80347	1,35212	35,55%
Nau	362,75	170,642	47,04%
LPen. avi	0,00362636	0,00180089	49,66%
Par. qua	320,833	164,336	51,22%
LCl. arc	4,07765	2,17587	53,36%
Oit. spp1	290	157,674	54,37%
ITem. may	0,768985	0,418688	54,45%
Dino	10963,8	6227,63	56,80%
IOit. spp2	3,67519	2,12743	57,89%
Tem. tur	1191,67	707,215	59,35%
Ag. typ	316,5	197,328	62,35%
Onc. med	798,417	520,152	65,15%
Ac. lil	113,083	75,3	66,59%
Ag. lim	113,75	77,1069	67,79%
Far. ros	22,5	15,7624	70,06%
LPl. sp	3,72367	2,64185	70,95%
Eva. spi	8,41667	6,00694	71,37%
Gen. vel	11,75	8,54001	72,68%
Par. acu	168,167	123,169	73,24%
Mec. cla	39,8333	29,4552	73,95%
Eut. acu	808,833	609,383	75,34%
Onc. cat	143	108,374	75,79%
Cor. spe	61,4167	49,187	80,09%
Onc. lat	39,5	31,7676	80,42%
Ac. ton	172	151,926	88,33%
Tem. sty	105,917	93,8456	88,60%
LCian	4,08811	3,80968	93,19%
Cl. fur	361,417	339,633	93,97%
Onc. medi	883,167	878,993	99,53%
Euc. mar	41,5833	45,3741	109,12%
LUro. lau	1,53232	1,67364	109,22%
LSub. subt	1,65094	1,81755	110,09%
Sub. subc	28,1667	33,6096	119,32%
Cly. scu	39,9167	47,7807	119,70%

Variables	Media Aritmética	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
LMac. gra	0,96203	1,23354	128,22%
Tri. con	30,5833	45,2558	147,98%
LCan. pae	1,01331	1,53024	151,01%
Sco. dan	4,33333	7,84316	181,00%
IDiat	0,167543	0,388841	232,09%

Apéndice 5. Prueba de Barlett, Análisis de Varianza y Kruskal-Wallis.

Prueba de Bartlett (homogenidad de varianza)		Modelo
Variable	Significación (P)	Significación
Temp	0,464421	0,0000
LOnc. Ven	0,545605	0,3120
LCa. Pav	0,441068	0,4293
Tem. Tur	0,479688	0,8296
Ag. Lim	0,66206	0,2723
Cen. Vel	0,823238	0,3839
Par. Acu	0,571422	0,7277
Mec. Cla	0,392007	0,6999
Eut. Acu	0,392007	0,2420
Onc. Lat	0,719325	0,2428
Ac. Ton	0,122116	0,2145
Tem. Sty	0,601057	0,0403
LCian	0,9139	0,5483
Cla. Fur	0,370491	0,0198
Euc. Mar	0,728805	0,0001
LUro. Lau	0,576805	0,8726
Tri. Con	0,895422	0,0001
IDiat	1,53631X10 ⁻⁷	0,103104 (KW)

Apéndice 6. Método de Ward y distancia Euclídea.

Resumen de Conglomeración

Conglomerado	Miembros	Porcentaje
1	5	41,67
2	4	33,33
3	3	25,00

Centroides

Conglomerado	Temp.	Tem. Sty	Cla. Fur	Euc. Mar	Tri. Con
1	26,38	31,6	128,4	7,8	0,0
2	25,745	94,25	310,0	33,5	17,0
3	25,4867	245,333	818,333	108,667	99,6667

Tabla de Miembros

Fila	Estación	Temperatura	Conglomerado
1	E1	26,74	1
2	E1'	26,69	1
3	E2	26,08	1
4	E2'	26,31	1
5	E3	26,1	2
6	E3'	26,08	1
7	E4	25,58	2
8	E4'	25,71	2
9	E5	25,59	2
10	E5'	25,5	3
11	E6	25,48	3
12	E6'	25,48	3