

Composición taxonómica y de ácidos grasos del zooplancton superficial de la bahía Málaga (Pacífico colombiano)

Zooplankton taxonomic composition and fatty acid content in bahia Málaga (colombian Pacific)

Carolina Gutiérrez^{I*}, Gladys Reinoso-Flórez^{II}, Jordi Eras^{III}

Resumen. Se analizó la composición taxonómica y de ácidos grasos del zooplancton superficial colectado en cuatro estaciones en bahía Málaga (Pacífico colombiano) en mayo de 2009. Este estudio fue orientado a la ampliación del conocimiento de la bioquímica de productos naturales provenientes de organismos marinos en Colombia, y a la implementación de técnicas novedosas para la taxonomía del zooplancton. La comunidad zooplanctónica estuvo representada por cinco filos: Arthropoda (81.02 %), Chaetognatha (18.59 %), Cnidaria (0.15 %), Ctenophora (0.03 %) y Echinodermata (0.2 %). En estos filos se incluyeron 8 clases, 21 órdenes y 85 familias. Los ácidos grasos más abundantes fueron ácido palmítico (C16:0), ácido oléico (C18:1 (c9)-ω9) y CLA (ácido linoléico conjugado) (C18:2 (c9, t12)), de los cuales el ácido palmítico (C16:0) se presentó asociado con la presencia de organismos de la subclase Copepoda, la cual fue el taxón más abundante para este estudio. A nivel de clase, se presentó una asociación de Sagittoidea con los ácidos C20:2 (c11, 14)-(ω6) y C20:3(ω3)+C20:4(ω6), indicando una estrecha relación entre la presencia de los derivados del ácido araquídico y organismos de esta clase. Los ácidos grasos del zooplancton marino en Colombia son un área de estudio con vasto potencial en investigación de alto impacto, ya que son una herramienta útil para determinar grupos taxonómicos (quimiotaxonomía), y además permiten dilucidar relaciones tróficas en los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: zooplancton superficial, bahía Málaga, ácidos grasos, biodiversidad, quimiotaxonomía.

Abstract. The taxonomic and fatty acid composition of shallow water oceanic zooplankton was analyzed for four sampling stations in Bahía Málaga (Colombian Pacific) in May 2009 as a novel contribution to the natural products biochemistry research in Colombia; and as an exploratory approach for novel techniques on taxonomical studies in this group of organisms. The zooplankton community was comprised of five phylum: Arthropoda (81.02%), Chaetognatha (18.59%), Cnidaria (0.15%), Ctenophora (0.03%) and Echinodermata (0.2%), 8 classes, 21 orders and 85 families. The most abundant fatty acids found in this community were Palmitic (C16:0), Oleic (C18:1 (c9)-ω9) and Conjugated Linoleic Acid (CLA: C18:2 (c9, t12)). Palmitic acid (C16:0) is often linked to the presence of organisms of the Copepoda subclass which was the most abundant taxa in our study. The presence of the class Sagittoidea was linked to the acids C20:2 (c11,

^I Department of Biology, Colorado State University, Fort Collins, co-80523, USA. cgcol@rams.colostate.edu

^{II} Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. greinoso@ut.edu.co

^{III} Departamento de Química, Universidad de Lleida, España. eras@quimica.udl.cat

14)-(ω6) and C20:3(ω3) +C20:4(ω6); which suggests a close relationship between these organisms and derived products of the Arachidonic acid.

Fatty acid analysis of marine zooplankton in Colombia is an area with vast research potential, especially since fatty acids are a useful tool for chemotaxonomical analysis and they can be used as biomarkers of trophic relations in aquatic ecosystems.

Keywords: zooplankton, bahía Málaga, fatty acids, biodiversity, chemotaxonomy.

1. Introducción

Aunque Colombia es un país considerado como megadiverso, el conocimiento general de la biodiversidad de los ecosistemas marinos aún requiere mayor investigación, puesto que hace poco tiempo se ha comenzado su exploración. De hecho, la información disponible sobre la biodiversidad del mar territorial colombiano es de apenas 1 % (Gil-Agudelo, 2010). Por tal razón, se hace necesario el planteamiento de estudios encaminados a conocer no solo la composición taxonómica de la fauna marina, sino a dilucidar posibles relaciones entre estas especies que permitan generar una línea base para estudios aplicados. En este sentido, el paso inicial para conocer una parte importante de la biodiversidad marina en las costas colombianas es el estudio de las comunidades planctónicas, especialmente del zooplancton, el cual se convierte en un enlace de las cadenas tróficas pelágicas, ya que, al estar ubicado en un nivel secundario, se encarga de canalizar y transferir el carbono fijado por el fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores (Werlinger, 2004; González, Zoppi de Roa & Montiel, 2006). Por otra parte, el zooplancton constituye una fuente de alimento importante en los ecosistemas acuáticos, lo que explica que estos organismos posean diferentes rutas que producen metabolitos secundarios empleados en la defensa ante depredadores; además generan una diversidad de compuestos altamente tóxicos que despiertan gran interés por parte de los investigadores en productos naturales (Durmaz, 2007). Uno de los grupos más importantes dentro de esta gama de productos naturales lo constituyen los ácidos grasos. Todos los animales requieren lípidos en sus dietas que les provean energía para la función metabólica, que sirvan en la síntesis de membranas celulares y sean precursores de otros compuestos químicos. El requerimiento de lípidos, particularmente en los estados larvales de especies marinas, aún es poco conocido, y aún más el contenido de estos compuestos en la base alimenticia. En Colombia, el estudio de los productos naturales de origen marino se ha enfocado, sobre todo, en la detección de los compuestos bioactivos y ácidos grasos de esponjas, estrellas, ofiuros y corales blandos (Duque, 1998; Duque et al., 1993; Duque et al., 1997; Rodríguez et al., 2010); pero no se conoce exactamente la composición de metabolitos secundarios de las comunidades zooplanctónicas en las costas colombianas. Basados en lo anterior, se planteó el presente estudio, el cual fue enfocado a conocer la composición de ácidos grasos de la comunidad zooplanctónica en bahía Málaga con relación a la composición taxonómica encontrada. Asimismo, este estudio abre las puertas para realizar proyectos de investigación que exploren nuevos horizontes en este campo, como la posible utilización de estos metabolitos como marcadores taxonómicos, bioprospección y biomarcadores de relaciones tróficas en ecosistemas acuáticos (Dijkman y Kromkamp, 2006).

2. Metodología

2.1 Área de estudio

Bahía Málaga está ubicada sobre la costa Pacífica colombiana (ver figura 1), y es una zona que reviste de gran importancia biológica y con un menor grado de intervención antrópica en comparación con otras bahías del litoral del Valle del Cauca, y fue declarada parque nacional natural colombiano número 56 (Luna-Sanchez, 2010). Bahía Málaga se ubica en el Pacífico oriental tropical, entre los $3^{\circ} 56' - 4^{\circ} 05' \text{ N}$ y los $77^{\circ} 19' - 77^{\circ} 21' \text{ W}$, y comprende la zona central de la costa Pacífica colombiana, donde la plataforma continental se extiende un poco más de lo normal en esta región (Castellanos Galindo et al., 2006). La profundidad promedio es de 12 a 15 m y tiene un área aproximada de 126 km². Las características oceanográficas y climatológicas de bahía Málaga permiten reconocerla como una zona típicamente estuarina del Pacífico colombiano. Las mareas son semidiurnas, con un rango promedio de 4.1 m (Cantera et al., 1999). La salinidad es relativamente alta para un estuario de esta zona, variando entre 19 y 28 en la zona más externa y entre 1.3 y 10 en los ríos, durante la marea alta. La temperatura del mar varía entre 25.2 y 29.7 °C. La combinación de la actividad geológica reciente, con el amplio rango mareal, la alta precipitación y el elevado aporte de sedimentos de la escorrentía de la costa, ha dotado a bahía Málaga con una alta variedad de hábitats, tales como playas arenosas, planos de lodos, playas rocosas intermareales, manglares y las zonas permanentemente sumergidas y pelágicas, y presenta alta biodiversidad marina y costera (Cantera et al., 1999).

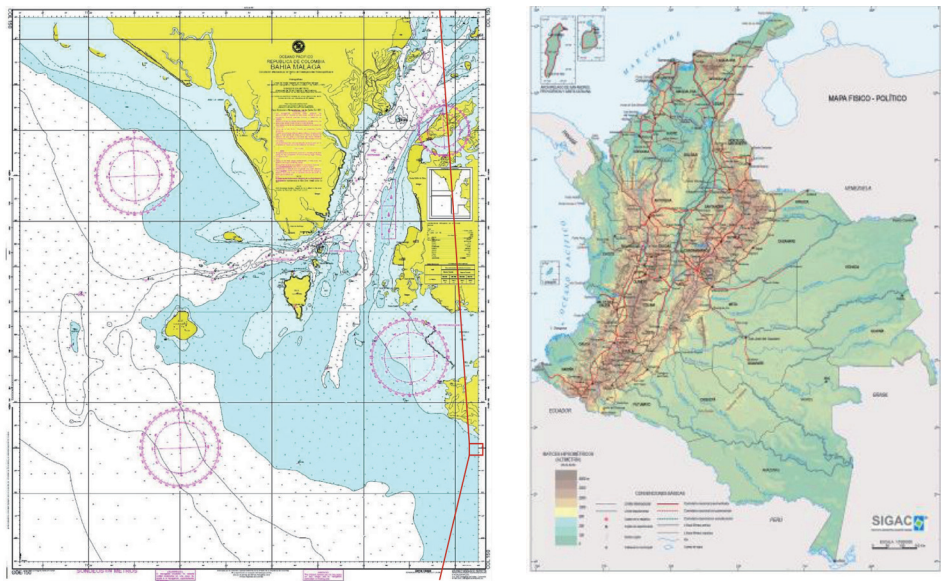


Figura 1. Área de estudio: bahía Málaga. Fuente: Izq.: CIOH - (2011). Der.: IGAC - (2011)

2.2 Materiales y métodos

Entre el 4 y 8 de mayo de 2009, se seleccionaron y realizaron muestreos de zooplancton superficial en 4 estaciones ubicadas en bahía Málaga (2 externas y 2 internas), con el fin de determinar la existencia de variación en la composición de zooplancton y sus ácidos grasos entre los dos tipos de localidades (ver tabla 1). Es necesario aclarar que, debido a limitaciones logísticas, el tiempo de muestreo para el estudio podría no representar con fidelidad las características de la población. Por ello, es recomendable que se amplíe el tiempo y esfuerzo de recolección de muestras para futuros trabajos de este tipo.

Tabla 1. Geo-referenciación de las estaciones seleccionadas para la colecta de zooplancton en el área de estudio

Estación	Tipo	Zona	Coordenadas geográficas	
E1	Externa	Los Negritos	3° 53' 49.1" N	77° 34' 24.2" W
E2	Externa	Bellavista	3° 53' 23.5" N	77° 33' 49.7" W
E3	Interna	La Sierpe	3° 58' 31.8" N	77° 18' 32.8" W
E4	Interna	Juan de Dios	3° 57' 41.6" N	77° 19' 20.3" W

En cada estación de muestreo se realizaron 15 arrastres horizontales superficiales (entre los 0 y 1 m de profundidad), usando simultáneamente dos redes cónicas de 250 µm de apertura de ojo de malla, para un total de 30 arrastres por estación. Cada set de arrastres tuvo un lance efectivo de 5 min a velocidad de 1.85 km/h en embarcación tipo lancha con 2 motores de potencia 75/40 caballos de fuerza. *In situ* se midieron variables ambientales, como nubosidad, estado del mar, temperatura superficial del agua y transparencia del agua, de acuerdo con la metodología aplicada por Garzón-Ferreira et al. (2002).

Las muestras fueron concentradas en frascos plásticos rotulados con capacidad de 500 ml. Del total de 120 muestras, 60 fueron fijadas en formalina a 5 % buferizada con bórax para su análisis en el laboratorio, y las 60 restantes fueron refrigeradas en hielo seco para el posterior procesamiento de extracción de ácidos grasos en un período de tiempo menor a 24 horas.

2.2.1 Composición taxonómica

El material biológico colectado y preservado con formalina a 5% buferizada se destinó a evaluar la composición taxonómica y abundancia del zooplancton usando una cámara de conteo Bogorov de 6 ml, microscopio invertido Nikon TMS-F 0.2, con ocular de 10X y objetivo de 20X para un aumento total de 200X, y microscopio óptico Olympus CX31. Para la determinación taxonómica se usaron claves taxonómicas (Báez, 1997; Bieri, 1957; Boltovskoy, 1981; Boxshall y Halsey, 2003; Conway et al., 2003; Cook, 1965; Kott, 2005; Mayer, 1977; Moser et al., 1987; Pierrot-Bults y Chidgey, 1988; Schlitzer, 2011; Segura et al., 2003; Smith, 1977; Todd et al., 1996; Tregouboff y Rose, 1957; Vidal, 1968) e información proveniente de trabajos en ecología de zooplancton realizados en el

área (Baldrich-Chaparro, 2007; Fonseca-Camelo, 2000; García-Díaz, 2003; Giraldo y Gutiérrez, 2007; Medina-Contreras, 2009). El número de alícuotas para observación de grupos taxonómicos se determinó teniendo en cuenta la curva de diversidad acumulada de Shannon-Wiener (López-Cerón, 2009; Ramírez, 2005).

2.2.2 Extracción y análisis de ácidos grasos

La muestra colectada con la red cónica de 250 μm en el frasco de 500 ml y posteriormente refrigerada fue concentrada (para facilitar su manipulación hasta la extracción de ácidos grasos), usando un filtro de malla de 50 μm . El filtrado de esta muestra concentrada fue ubicado en sobres de papel aluminio debidamente rotulados, los cuales fueron mantenidos a -4°C por menos de 48 h hasta su procesamiento. Para el proceso de extracción de ácidos grasos, las 60 muestras fueron lavadas con agua destilada sobre papel filtro de 4.7 cm GF/C Whatman (precombustionado a 450 por más de 4 h), utilizando el sistema de bomba de vacío para eliminar el exceso de agua (Espínosa et al., 2009).

Con el fin de tener un punto de referencia o “control” del proceso de extracción de ácidos grasos, se tomó una alícuota de 7 ml del agua producto de la filtración de cada muestra colectada (denominada CTRL, y la existencia de una para cada estación evaluada), la cual fue sometida simultáneamente a extracción de ácidos grasos, con el propósito de observar los ácidos grasos asociados a organismos planctónicos en descomposición o ácidos grasos libres en la columna de agua (mas no relacionados a organismos vivos). Los filtros con el material zooplanctónico fueron pesados en balanza analítica Mettler AJ 150 con precisión de 0.1 mg, y luego sometidos a extracción de lípidos en tubos de vidrio con tapón de corcho forrado en teflón, usando el método modificado de Bligh & Dyer (Labarta et al., 1999): extracción con mezcla de cloroformo:metanol (1:2) y reextracción con cloroformo:metanol:agua (8:4:3) de acuerdo con Fernández-Reiriz & Labarta (1996). Los solventes contenían 0.05 % BHT para evitar la oxidación de la muestra y los tubos permanecieron en la oscuridad y fueron analizados inmediatamente. Una muestra de 500 μl fueron destinados al cálculo de lípidos totales (mediante el método de gravimetría) de acuerdo con Nelson et al. (2000). Al resto de muestra se le agregó el estándar interno (triundecanoína), y se separaron las clases de lípidos usando elusiones sucesivas con cloroformo (para separar los lípidos neutrales) y metanol (para separar los fosfolípidos) (Fernández-Reiriz y Labarta, 1995). Posteriormente, se realizó un proceso de derivatización a cada una de las clases lipídicas obtenidas, mediante calentamiento por 4 h a 80°C , en metanol el cual contenía ácido sulfúrico a 3 % bajo corriente de nitrógeno (Hamm y Rousseau, 2003). Los ácidos grasos fueron identificados y cuantificados mediante cromatografía de gases (GLC-FID), previa derivatización a ésteres volátiles. Se utilizó un cromatógrafo 7890A GC System Agilent Technologies, Columna capilar Supelco SP 2330 (25 m \times 250 μm \times 0.2 μm), usando temperatura máxima 250°C , inyector modo Split a 250°C , detector FID a 300°C . Gases: H_2 35 ml/min, aire 35 ml/min y make up (N_2) 25 ml/min. El método usado incluyó una temperatura inicial de 150°C durante 1 min, rampa de $8^\circ\text{C}/\text{min}$ desde 150°C a 200°C , rampa de $3^\circ\text{C}/\text{min}$ desde 200°C a 250°C durante 10 min. El tiempo total fue de 33.917 min/muestra, y todos los análisis cromatográficos fueron realizados en equipos propiedad de la Universidad de Lérida (España).

2.2.3 Análisis de datos

El contenido total de lípidos en el zooplancton colectado (expresado en gramos) y porcentaje de abundancia se analizaron espacialmente (en las 4 estaciones evaluadas) y en las fracciones de fosfolípidos y lípidos neutros. Para el análisis de los datos biológicos, se calculó el porcentaje de abundancia relativa para los taxones presentes en el área de estudio. Aunque fue posible realizar la determinación taxonómica hasta el nivel de especies para algunos grupos, la composición por taxones de la comunidad zooplanctónica fue sometida a análisis ecológicos utilizando la información hasta una categoría taxonómica alta y unificada planteada, como familia, por lo que no se consideró adecuado el cálculo de índices de diversidad durante el estudio.

3. Resultados y Discusión

3.1 Composición taxonómica de la comunidad de zooplancton

La comunidad zooplanctónica estuvo representada por 5 filos, de los cuales Arthropoda (81.02 %) y Chaetognatha (18.59 %) reunieron 91 % de abundancia total zooplanctónica, por lo cual se muestran los datos taxonómicos correspondientes a estos taxones relevantes (ver tabla 2).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del zooplancton superficial colectado (pertenecientes a los filos Arthropoda y Chaetognatha) en cuatro estaciones de muestreo ubicadas en bahía Málaga (Pacífico colombiano) entre el 4 y 8 de mayo de 2009

Filo	Clase	Orden	Familia	Abundancia relativa
Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Polyphemidae	1.41 %
			Sididae	0.70 %
	Malacostraca	Cumacea	Ceratocumatidae	0.54 %
		Decapoda	Diogenidae	5.30 %
			Grapsidae	1.53 %
			Menippidae	1.08 %
			Upogebiidae	0.78 %
			Xanthidae	0.66 %
		Isopoda	Cirolanidae	2.58 %
			Corallanidae	5.18 %
			Cymothoidae	3.13 %
			Idoteidae	1.79 %

			Sphaeromatidae	3.40 %
		Tanaidacea	Apseudidae	0.50 %
			Neotanaidae	0.94 %
	Maxillopoda	Calanoida	Acartiidae	1.58 %
			Calanidae	1.70 %
			Calocalanidae	0.50 %
			Candaciidae	1.37 %
			Centropagidae	0.89 %
			Clausocalanidae	0.57 %
			Eucalanidae	0.77 %
			Euchaetidae	5.14 %
			Heterorhabdidae	0.70 %
			Metridinidae	1.49 %
			Paracalanidae	1.91 %
			Pontellidae	6.82 %
			Pseudodiaptomidae	1.05 %
			Scolecithricidae	0.87 %
		Cyclopoida	Oithonidae	0.81 %
		Monstrilloida	Monstrillidae	4.83 %
		P o e c i l - ostomatoida	Corycaeidae	6.92 %
			Oncaeidae	1.69 %
			Sapphirinidae	2.02 %
	Ostracoda	Myodocopida	Cypridinidae	2.01 %
Chaetognatha	Sagittoidea	Aphragmophora	Kronittidae	1.99 %
			Sagittidae	16.34 %

La composición de la comunidad zooplanctónica para este estudio exhibió una menor riqueza de taxones en comparación con estudios previos en la zona (Baldrich-Chaparro, 2007; Castellanos Galindo et al., 2006; Escarria et al., 2006; Fonseca-Camelo, 2000; García-Díaz, 2003; Giraldo y Gutiérrez, 2007; Medina-Contreras, 2009). Sin embargo,

en los grupos taxonómicos generales se pudo observar consistencia con estudios previos en la jerarquía de abundancia. De esta forma, fue concordante observar la prevalencia de copépodos, seguidos en abundancia por quetognatos, lo cual se presenta usualmente a lo largo del litoral pacífico colombiano (Giraldo y Gutiérrez, 2007). En los órdenes, se observó una gran abundancia de Calanoida (26.87 %), Aphragmophora (18.32 %), Isopoda (18.11 %), Decapoda (formas larvales) (11.04 %) y Poecilostomatoida (10.63 %) (ver figura 2).

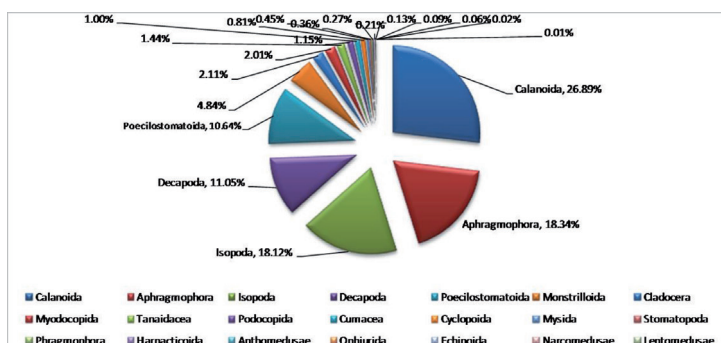


Figura 2. Porcentaje de abundancia relativa de los órdenes del zooplancton superficial colectados en bahía Málaga entre el 4 y 8 de mayo de 2009

3.2 Composición y abundancia de ácidos grasos del zooplancton

Para el zooplancton colectado en las cuatro estaciones evaluadas se determinaron 37 ácidos grasos diferentes, de tres tipos: 15 saturados (AGS o SAFA), 10 monoinsaturados (AGMI o MUFA) y 12 poliinsaturados (AGPI o PUFA) (ver tabla 3). Dentro de los ácidos poliinsaturados (PUFA, por sus siglas en inglés), se identificaron dos conjugados con otros ácidos. Estos fueron el ácido ETA (C20:3- ω 3) junto con el ácido araquidónico (C20:4- ω 6) y el ácido cis-docosa-13,6-dienoico (C22:2- ω 6), junto con el ácido EPA (ác. Timnodónico: C20:5- ω 3). Este último ácido, sin embargo, es considerado un ácido altamente insaturado (HUFA, por sus siglas en inglés). Durante el estudio de los ácidos grasos del zooplancton superficial de bahía Málaga, los ácidos SAFA (saturados) obtuvieron 88.06 % del total de ácidos grasos identificados, seguidos por los ácidos tipo MUFA (6.26 %), mientras que el menor porcentaje de abundancia lo presentaron los ácidos de tipo PUFA (5.68 %). Los ácidos de tipo SAFA y MUFA cumplen la importante función en los organismos de convertirse en reservas y almacenamiento de lípidos (Roessler, 1990). Por otra parte, los ácidos tipo PUFA son esenciales para el mantenimiento de la fluidez de la membrana celular, desempeñan un papel importante como precursores de hormonas y factores de maduración de oocitos en invertebrados (Brepohl, 2005; Broglio et al., 2003). Los ácidos grasos más abundantes fueron el ácido palmítico (C16:0) con 21.65 % y el ácido oléico (C18:1 (c9)- ω 9) con 12.3 %. A pesar de que en la tabla 3 se muestra al ácido undecanoico (C11:0) como el más abundante, es importante aclarar que este ácido es un producto derivado de la Triundecanoína, la cual fue agregada como estándar interno para el análisis

de abundancia de los ácidos grasos en el zooplancton colectado (Eras et al., 2008). Por lo tanto, para el análisis de abundancia de los ácidos detectados no fue tenido en cuenta este ácido, ya que no era un componente natural de las muestras. Con esta exclusión, la composición porcentual de ácidos grasos se modifica, mostrando que el ácido palmítico (C16:0) exhibe la mayor abundancia (19.08 %), seguido por los ácidos cáprico (C10:0), esteárico (C18:0) y oléico (C18:1 (c9)-(ω9) con 12.42, 9.55 y 9.23 % de abundancia, respectivamente (ver figura 3).

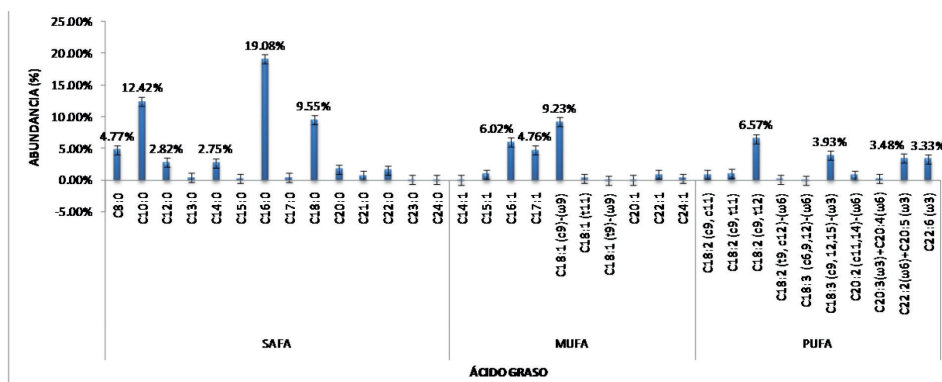


Figura 3. Abundancia de ácidos grasos del zooplancton superficial en bahía Málaga entre el 4 y 8 de mayo de 2009, expresada como porcentaje (%) del total de ácidos grasos ± SD

El ácido palmítico (C16:0) se asocia comúnmente con la presencia de organismos de la subclase Copepoda (Brepohl, 2005), y es un marcador importante de organismos zooplanctónicos en las muestras de agua (Jeffries, 1970). Otros ácidos importantes en abundancia fueron el ácido esteárico (C18:0) con 8.6 %, ácido caprílico (C8:0) con 8.18 %, DHA (ác. Cervónico: C22:6-ω3) con 5.74 %, ácido palmitoléico (C16:1) con 5.53 %, ác.cis-docosa-13,6-dienoico + EPA (ác. Timnodónico: C22:2-ω6)+C20:5 (ω3) con 4.72 % y ácido mirístico (C14:0) con 4.07 % (ver figura 3). La presencia de ácidos grasos saturados, como el ácido esteárico o el caprílico, son indicativos de la presencia de una comunidad planctónica mixta (Espinosa et al., 2009). Como se esperaba, la abundancia de ácidos grasos en las muestras denominadas CTRL- fue menor a la de las estaciones, lo que indica que la mayor parte de los ácidos grasos extraídos y analizados provenían de organismos vivos en las muestras evaluadas.

En el análisis de los ácidos grasos identificados en las fracciones lipídicas (fosfolípidos y lípidos neutros), se observó que los saturados (SFA) siempre fueron más abundantes en la fracción de lípidos neutros (ver figura 4), por lo que puede asumirse que no se relacionan directamente con la composición taxonómica de la comunidad del zooplancton, sino que pueden asociarse a la dieta de estos organismos en el momento de captura de los zoopláncteres. Igualmente, los ácidos tipo MUFA y PUFA fueron más abundantes

en la fracción fosfolipídica, por lo que poseen un mayor potencial para convertirse en marcadores quimiotaxonómicos, ya que se asocian a la constitución de la membrana celular de los organismos colectados. Como puede observarse, en algunos casos los contenidos de ciertos SAFA, la mayoría de MUFA y varios PUFA son mayores en las muestras CTRL- en comparación con las muestras zooplanctónicas. Debe tenerse en cuenta que, al analizar los contenidos correspondientes a los ácidos grasos en la muestra CTRL-, cabe la posibilidad de que exista la presencia de otros organismos, diferentes del zooplancton en el agua producto de la filtración (Espinosa et al., 2009; Harvey et al., 2006; Volkman et al., 1998; Wakeham, 1995; Wakeham et al., 1997; Wakeham y Lee, 1989; Wakeham et al., 2003; Wakeham et al., 2002).

Tabla 3. Composición y abundancia de los ácidos grasos del zooplancton superficial en bahía Málaga entre el 4 y 8 de mayo de 2009, expresado como porcentaje (%) del total de ácidos grasos \pm SD

Ácido	Nombre IUPAC	Nombre común	% AB	SD
Ácidos grasos saturados (AGS) - Saturated fatty acids (SAFA)				
C8:0	Ácido octanoico	Ácido caprílico	1.318 %	\pm 0.00068
C10:0	Ácido decanoico	Ácido cáprico	3.433 %	\pm 0.00124
C11:0	Ácido undecanoico		72.357 %	\pm 0.0079
C12:0	Ácido dodecanoico	Ácido láurico	0.781 %	\pm 0.00018
C13:0	Ácido tridecanoico		0.123 %	\pm 0.00003
C14:0	Ácido tetradecanoico	Ácido mirístico	0.761 %	\pm 0.00019
C15:0	Ácido Pentadecanoico		0.076 %	\pm 0.00003
C16:0	Ácido hexadecenoico	Ácido palmítico	5.275 %	\pm 0.0006
C17:0	Ácido heptadecanoico		0.110 %	\pm 0.00003
C18:0	Ácido octadecanoico	Ácido esteárico	2.641 %	\pm 0.00057
C20:0	Ácido eicosenoico	Ácido araquídico	0.483 %	\pm 0.00057
C21:0	Ácido heneicosanoico		0.200 %	\pm 0.00024
C22:0	Ácido docosenoico	Ácido behénico	0.444 %	\pm 0.00091
C23:0	Ácido tricosanoico		0.031 %	
C24:0	Ácido tetracosenoico	Ácido lignocérico	0.029 %	\pm 0.00007
Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) - Monounsaturated fatty acids (MUFA)				
C14:1	Ácido cis-9-tetradecanoico	Ácido miristoléico	0.013 %	\pm 0.00001
C15:1	Ácido cis-10-Pentadecanoico		0.271 %	

Ácido	Nombre IUPAC	Nombre común	% AB	SD
C16:1	Ácido cis-9-hexadecenoico	Ácido palmitoléico	1.663 %	± 0.00036
C17:1	Ácido cis-10-heptadecanoico		1.316 %	± 0.00045
C18:1 (c9)-(ω9)	Ácido cis-9-octadecanoico	Ácido oléico	2.552 %	± 0.00037
C18:1 (t9)-(ω9)	Ácido trans-9-octadecanoico	Ácido elaídico	0.007 %	± 0.00009
C18:1 (t11)	Ácido trans-11-octadecanoico	Ácido vaccénico	0.084 %	
C20:1	Ácido cis-11-eicosenoico		0.014 %	
C22:1	Ácido cis-13-docosenoico	Ácido erúsico	0.236 %	± 0.00006
C24:1	Ácido cis-15-tetracosenoico	Ácido nervónico	0.100 %	± 0.00003
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) - Polyunsaturated fatty acids (PUFA)				
C18:2 (c9, c11)	Ácido cis-octadeca-9,11-dienoico	CLA (ácido linoléico conjugado)	0.250 %	± 0.00132
C18:2 (c9, t11)	Ácido cis,trans-octadeca-9,11-dienoico	Ácido ruménico	0.293 %	± 0.00006
C18:2 (c9, t12)	Ácido cis,trans-octadeca-9,12-dienoico	CLA (ácido linoléico conjugado)	1.817 %	± 0.00054
C18:2 (t9, c12)-(ω6)	Ácido trans,cis-octadeca-9,12-dienoico	Ácido linoléico	0.051 %	± 0.00025
C 1 8 : 3 (c 6 , 9 , 1 2)-(ω6)	Ácido cis-octadeca-6,9,12-trienoico	Ácido gama-linolénico	0.002 %	
C18:3 (c9, 12,15)-(ω3)	Ácido cis-octadeca-9,12,15-trienoico	Ácido alfa-linolénico	1.088 %	± 0.00111
C 2 0 : 2 (c11,14)-(ω6)	Ácido cis-eicoseno-11,14-dienoico		0.220%	± 0.00061

Ácido	Nombre IUPAC	Nombre común	% AB	SD
C20:3(ω3)+ C20:4(ω6)	Ácido cis-eicosa-11,14,17-trienoico + Ácido cis-eicosa-5, 8, 11, 14-tetraenoico	ETA + ácido araquidónico	0.080 %	± 0.00004
C22:2(ω6)+ C20:5 (ω3)	Ácido cis-docosa-13,6-dienoico + Ácido eicosapentaenoico	N. A. + EPA (Ác. Timnodónico)	0.962%	± 0.00045
C22:6 (ω3)	Ácido docosahexaenoico	DHA (Ác. Cervónico)	0.921 %	± 0.00041

Sin embargo, estos resultados no invalidan el patrón de comportamiento observado según el cual los ácidos grasos saturados (SAFA) no se asocian con la composición taxonómica de los organismos evaluados. Asimismo, los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) presentaron una mayor abundancia en las muestras zooplanctónicas que en las muestras CTRL-, lo cual corrobora su valor como indicativos de organismos viables para la extracción de compuestos potenciales como marcadores quimiotaxonómicos (Balkwill et al., 1988; Fang et al., 2000; Virtue et al., 1996; Zink et al., 2003).

3.3 Importancia de los ácidos grasos encontrados

Los ácidos grasos constituyen la mayor parte de los lípidos en los organismos acuáticos, y muchos de estos, universalmente importantes como los PUFA, solo son sintetizados *de novo* por el fitoplancton (Brepohl, 2005; Sargent et al., 1977). Desde la perspectiva de la nutrición animal, los ácidos grasos pueden ser agrupados en dos clases: el primer grupo contiene aquellos que no pueden ser sintetizados *de novo*, pero son esenciales para el crecimiento y desarrollo animal y deben ser suplidos en la dieta, mientras que el segundo grupo contiene aquellos que pueden ser sintetizados (no esenciales) (Brepohl, 2005; Sargent et al., 1995; Vance y Vance, 1985).

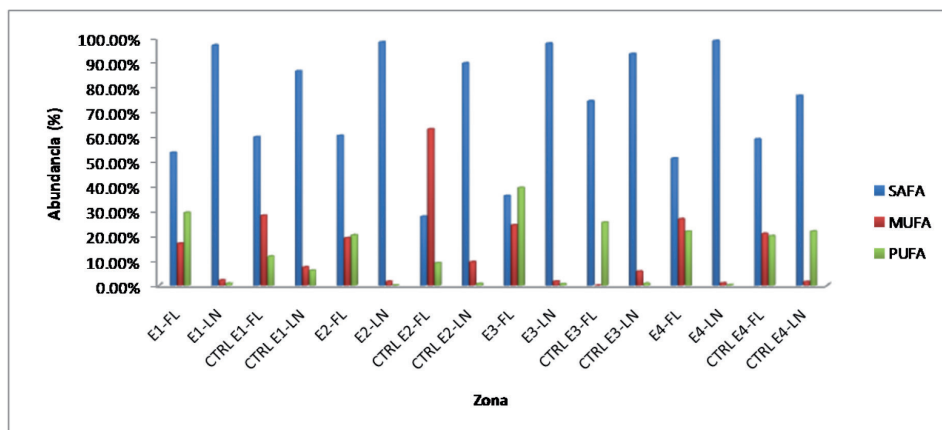


Figura 4. Abundancia de tipos de ácidos (de acuerdo con el número de insaturaciones) en las fracciones de ácidos grasos del zooplancton superficial y muestras de agua (CTRL-) en 4 estaciones evaluadas en bahía Málaga entre el 4 y 8 de mayo de 2009, expresada como porcentaje (%) del total de ácidos grasos

Como esenciales pueden ser considerados dos ácidos grasos: el linoléico y el alfa-linolénico, ya que los animales no pueden sintetizarlos. Lo único que puede hacer el organismo animal es elongar la cadena e introducir nuevos dobles enlaces a continuación de los originales y en dirección del grupo carboxílico de la molécula. De aquí se deduce la importancia de las familias de ácidos grasos insaturados de 18 carbonos, ya que, por una parte, la estructura terminal permanece inalterable y, por otra, no es posible el paso de un ácido graso de una familia a otra. Teniendo esta estructura básica terminal, el organismo animal sintetiza los ácidos grasos de cadena larga de 20 a 22 átomos de carbono con 3, 4, 5 o 6 dobles enlaces, pertenecientes a las familias ω -3 y ω -6 que les son indispensables para la formación de estructuras celulares, funciones normales de todos los tejidos, síntesis de prostaglandinas, etc. Se pueden considerar como los más importantes el ácido araquidónico, el eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico (Eras et al., 2008), los cuales se obtuvieron en este estudio con abundancias entre 0.08 y 0.9 % (ver tabla 4). Los ácidos 20:5 ω 3 (EPA) y 22:6 ω 3 (DHA) están asociados, en la estructura y función de membranas, con una gran influencia en la fecundidad y crecimiento zooplanctónicos (Brepohl, 2005; Fraser et al., 1989; Pond et al., 1996).

A nivel espacial y respecto de las fracciones lipídicas, se observaron particularidades de los ácidos grasos detectados. Ácidos tales como mirístico, behénico, miristoléico, erúsico, nervónico, alfa-linolénico, cis-docosa-13.6-dienoico y EPA (ác. Timnodónico) podrían ser marcadores quimiotaxonómicos, porque fueron detectados únicamente en la fracción fosfolipídica (ver tabla 4). Esto sugiere que estos ácidos se asocian a la presencia de organismos viables en las muestras evaluadas. Asimismo, ácidos como el pentadecanoico y el DHA (ác. Cervónico) se asocian a la existencia de zoopláncteres en las estaciones

E1 y E3, ya que no fueron detectados en ninguna de las muestras CTRL-; por lo tanto, se hace claro que el nivel de SAFA se incrementa en ambas fracciones lipídicas una vez ha comenzado el proceso de descomposición de los organismos.

Tabla 4. Abundancia de ácidos grasos detectados en las fracciones lipídicas (fosfolípidos: FL; lípidos neutros: LN) del zooplankton superficial (E1 a E4) y del agua producto de la filtración (CTRL-) en 4 estaciones en bahía Málaga entre el 4 y 8 de mayo de 2009, expresada como porcentaje (%) del total de ácidos grasos

Ácido	E1		CTRL E1		E2		CTRL E2		E3		CTRL E3		E4		CTRL E4	
	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL
Ácidos grasos saturados (AGS)/Saturated fatty acids (SAFA)																
Ácido Caprílico	-	1.83	0.18	-	6.68	17.46	-	-	0.41	1.48	-	-	0.14	1.56	-	-
Ácido cáprico	2.73	1.05	0.12	-	0.56	0.67	-	6.70	0.08	0.45	1.29	-	0.27	0.94	0.48	-
Ácido undecanoico	70.31	5.07	96.39	4.77	85.36	14.48	71.48	1.15	95.08	7.27	87.13	23.03	95.34	2.42	92.46	1.81
Ácido láurico	0.69	0.29	0.62	-	0.85	0.10	-	-	0.32	0.67	0.31	0.95	0.88	-	0.11	0.15
Ácido tridecanoico	-	0.30	0.02	-	0.04	-	-	-	-	-	0.42	0.18	0.21	-	0.27	-
Ácido mirístico	-	5.48	-	-	-	11.92	-	-	0.11	3.21	-	1.68	-	5.31	-	0.87
Ácido penta-decanoico	-	1.12	-	-	-	0.31	-	-	-	0.33	-	-	-	0.82	-	-
Ácido palmítico	1.75	29.00	1.14	22.74	2.42	10.68	15.14	9.24	1.59	15.90	-	31.05	0.54	26.24	-	22.56
Ácido heptadecanoico	-	1.19	0.01	1.59	-	0.34	-	-	-	0.32	-	0.58	-	1.05	-	-
Ácido esteárico	0.80	7.56	0.43	30.93	0.77	2.91	-	10.75	0.77	5.54	0.28	17.10	0.40	9.55	0.28	32.74
Ácido araquídico	-	0.45	-	-	-	-	-	-	-	0.36	-	-	0.09	0.89	-	-
Ácido heneicosanoico	0.41	-	-	-	0.43	-	-	-	-	0.59	0.43	-	-	0.26	-	-
Ácido behénico	-	0.31	-	-	-	1.12	-	-	-	0.06	-	-	-	2.36	-	0.99
Ácido lignocérico	-	-	-	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total SAFA	76.68	53.65	98.91	60.02	97.12	60.50	86.62	27.8	98.35	36.18	89.85	74.56	97.87	51.38	93.59	59.12
Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)/Monounsaturated fatty acids (MUFA)																
Ácido miristoléico	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido palmitoléico	-	6.87	0.23	-	0.99	8.70	-	-	0.03	3.36	-	-	0.25	5.90	2.11	-
Ácido cis-10-heptadecanoico	-	-	0.37	-	0.59	-	-	-	0.76	-	9.50	-	0.37	-	3.02	-
Ácido oléico	1.48	9.38	0.29	28.24	0.52	7.24	7.39	26.93	0.78	18.50	-	-	0.94	16.46	0.50	20.91
Ácido eláidico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-

Ácido	E1		CTRL E1		E2		CTRL E2		E3		CTRL E3		E4		CTRL E4	
	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL	LN	FL
Ácido erúsico	-	0.48	-	-	-	2.12	-	23.01	-	1.59	-	-	0.02	3.30	-	-
Ácido nervónico	-	0.11	-	-	-	1.10	-	13.22	-	0.90	-	-	-	1.19	-	-
Total MUFA	1.48	16.93	0.89	28.24	2.10	19.17	7.39	63.16	1.57	24.35	9.50	-	1.61	26.85	5.63	20.91
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)/Polyunsaturated fatty acids (PUFA)																
CLA - ácido linoléico conjugado	12.45	-	-	-	-	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido ruménico	-	0.72	0.09	-	-	3.06	5.99	-	-	1.45	-	-	0.16	1.74	-	-
CLA - ácido linoléico conjugado	1.85	5.87	0.11	11.74	0.23	3.98	-	9.00	-	17.65	-	19.35	0.36	7.88	0.78	19.97
Ácido linoléico	-	-	-	-	-	2.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido gama-linolénico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-
Ácido alfa-linolénico	-	1.51	-	-	-	0.99	-	-	-	2.37	-	5.82	-	2.17	-	-
Ácido cis-eicoseno-11,14-dienoico	7.53	1.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19	-	-
ETA + ácido araquidónico	-	0.62	-	-	0.04	-	-	-	0.08	0.48	0.65	0.27	-	0.06	-	-
Ác. cis-docosa-13,6-dienoico + EPA (ác. Timnodónico)	-	8.08	-	-	-	5.46	-	-	-	6.67	-	-	-	7.71	-	-
DHA (ác. Cervónico)	-	10.71	-	-	0.51	3.84	-	-	-	10.79	-	-	-	2.02	-	-
Total PUFA	21.83	29.42	0.20	11.74	0.78	20.34	5.99	9.00	0.08	39.46	0.65	25.44	0.52	21.77	0.78	19.97
	Posible marcador quimiotaxonómico															
	Asociados únicamente con la presencia de organismos															

4. Conclusiones

A través del protocolo de extracción de ácidos grasos aplicado, se pudo inferir que existe una mayor disponibilidad de biomasa zooplanctónica viva en las estaciones ubicadas en la parte externa de la bahía, lo que se convierte en un indicativo de mayor densidad de zoopláncteres en las zonas más distantes de la costa. Asimismo, el análisis del rendimiento de las fracciones lipídicas (fosfolípidos y lípidos neutros) en las estaciones evaluadas indicó prevalencia de organismos viables para los análisis de ácidos grasos, ya que en la mayor parte de las estaciones se obtuvo un mayor rendimiento en la fracción fosfolipídica. Los ácidos grasos más abundantes del zooplancton superficial de bahía Málaga fueron ácido palmítico (C16:0), ácido oléico (C18:1 (c9)-ω9) y CLA (ácido linoléico conjugado) (C18:2 (c9, t12)), de los cuales el ácido palmítico (C16:0) se asocia comúnmente con la presencia de organismos de la subclase Copepoda, el cual fue el taxón más abundante para este estudio, confirmando así su valor como marcador de este taxón. A nivel biológico, la composición de la comunidad zooplanctónica para este estudio exhibió una menor riqueza de taxones en comparación con estudios previos realizados en la zona; sin embargo, debido a que en esta investigación no se realizó un análisis temporal, no es adecuado tomar este resultado como signo de cambios en las comunidades zooplanctónicas de la zona a lo largo del tiempo. Calanoida fue el taxón más abundante en todas las estaciones de muestreo con la familia Acartiidae, resultado típico de ecosistemas estuarinos. Se evidenció una asociación de Sagittoidea con los ácidos C20:2 (c11,14)-ω6 y C20:3(ω3)+C20:4(ω6), indicando que para este taxón los derivados del ácido araquídico se convierten en una herramienta quimiotaxonómica útil. Fue evidente durante el estudio que los grupos más representativos de los crustáceos se asociaron a la familia del ácido oléico C18:1 (c9)-ω9, señalando a estos ácidos grasos como marcadores quimiotaxonómicos que indican la presencia de crustáceos en las muestras colectadas. Mediante esta investigación, se pudo observar que los ácidos grasos son una herramienta útil no solo para determinar grupos taxonómicos en el zooplancton superficial bajo las condiciones de este estudio, sino que se convierte en un tema de investigación importante para dilucidar relaciones tróficas en los ecosistemas acuáticos.

Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a la Universidad del Tolima, a la Universidad de Lérida (España), al Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) y al Grupo de Investigación en Química de Productos Naturales de la Universidad del Tolima (Gipronut), al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima y a la Red Universidades Públicas del Eje Cafetero Alma Mater por el apoyo económico y logístico para la realización de este estudio. A Edinson Yara Varón y Diego Alejandro López Cerón por su invaluable apoyo en el área química y taxonómica, respectivamente, a Francisco Antonio Villa Navarro y al Programa de Maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad del Tolima.

Referencias

- Báez, P. (1997). Key to the families of decapod crustacean larvae collected off northern Chile during an El Niño event1. *Investigaciones marinas*, 25, 167-176.
- Baldrich-Chaparro, A. M. (2007). *Hidromedusas del pacífico colombiano durante los cruceros 2001-2004 del estudio regional del fenómeno el niño*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Balkwill, D. L., Leach, F. R., Wilson, J. T., mcNabb, J. F., & White, D. C. (1988). Equivalence of microbial biomass measures based on membrane lipid and cell wall components. Adenosine triphosphate, and direct counts in subsurface aquifer sediments. *Microbial Ecology*, 16, 73-84.
- Bieri, R. (1957). The Chaetognath fauna off Peru in 1941. *Pacific Science*, XI, 255 - 264.
- Boltovskoy, D. (1981). *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Mar del Plata, Argentina: INIDEP.
- Boxshall, G., & Halsey, S. H. (2003). *An Introduction to Copepod Diversity*. Londres: The Ray Society.
- Brepohl, D. C. (2005). *Fatty acids distribution in marine, brackish and freshwater plankton during mesocosm experiments*. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Broglio, E., S.H., J., Calbet, A., Jakobsen, H. H., & Saiz, E. (2003). Effect of heterotrophic versus autotrophic food on feeding and reproduction of the calanoid copepod *Acartia tonsa*: relationship with prey fatty acid composition. *Aquatic Microbial Ecology*, 31, 267-278.
- Cantera, K. J. R., Thomassin, B. A., & Arnaud, P. M. (1999). Faunal zonation and assemblages in the Pacific Colombian mangroves. *Hydrobiologia*, 413, 17-33.
- Castellanos Galindo, G., Caicedo Pantoja, A., Mejía Ladino, L. M., & Rubio, E. (2006). Peces marinos y estuarinos de Bahía Málaga, Valle del Cauca, Pacífico colombiano. . *Biota Colombiana*, 7(002), 263-282.
- CIOH. (2011). Cartografía de Bahía Málaga. Retrieved 2011, 2011, from <http://www.cioh.org.co/derrotero/paginas/pdf/150.pdf>
- Conway, D. V., White, R. G., Hugues-Dit-Ciles, J., Galliene, C. P., & Robins, D. B. (2003). *Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian ocean*. Unpublished manuscript, Plymouth, U.K.

- Cook, H. (1965). A generic key to the protozoan, mysis, and postlarval stages of the littoral penaeidae of the northwestern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service U.S.*, 65(2), 437 - 447.
- Dijkman, N. A., & Kromkamp, J. C. (2006). Phospholipid-derived fatty acids as chemotaxonomic markers for phytoplankton: application for inferring phytoplankton composition. *Marine Ecology Progress Series*, 324, 113-125.
- Duque, C. (1998). Búsqueda de compuestos bioactivos a partir de organismos marinos del mar Caribe Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22, 527-535.
- Duque, C., Cepeda, N., & Martínez, A. (1993). The steryl ester and phospholipid fatty acids of the sponge *Agelas conifera* from the Colombian Caribbean. *Lipids*, 28, 767-769.
- Duque, C., Martínez, A., & Fujimoto, Y. (1997). Novel fatty acid esters of (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilin from the marine sponge *Ircinia felix*. *Lipids*, 32, 565-569.
- Durmaz, Y. (2007). Vitamin E (α -tocopherol) production by the marine microalgae *Nannochloropsis oculata* (Eustigmatophyceae) in lower nitrogen concentrations. *Aquaculture*, 272, 717-722.
- Eras, J., Oró, R., Torres, M., & Canela, R. (2008). Direct Quantitation of Fatty Acids Present in Bacteria and Fungi: Stability of the Cyclopropane Ring to Chlorotrimethylsilane. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13), 4923-4927.
- Escarria, E., Beltrán-León, B. S., & Giraldo, A. (2006). Ictioplancton superficial de la cuenca del océano Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones marinas*, 34, 169-173.
- Espinosa, L. F., Pantoja, S., Pinto, L. A., & Rullkötter, J. (2009). Water column distribution of phospholipid-derived fatty acids of marine microorganisms in the Humboldt Current system off northern Chile. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(16), 1063-1072.
- Fang, J., Barcelona, M. J., & Alvarez, P. J. J. (2000). A direct comparison between fatty acid analysis and intact phospholipids profiling for microbial identification. *Organic Geochemistry*, 31, 881-887.
- Fernandez-Reiriz, M. J., & Labarta, U. (1996). Lipid classes and fatty acid composition of rotifers (*Brachionus plicatilis*) fed two algal diets. *Hydrobiologia* 330(1), 73-79.
- Fernández-Reiriz, M. J., & Labarta, U. (1995). *Lipid levels and lipid class and fatty acid compositions in the rotifer Brachionus plicatilis fed algal diet (Isochrysis galbana +*

- Tetraselmis suecica*). *Potential advantages*. Paper presented at the Fish & Shellfish Larviculture Symposium.
- Fonseca-Camelo, A. L. (2000). *Polychaeta y Chaetognatha Del Pacífico Colombiano, Cruceros Oceanográficos Pacífico XXIX-ERFEN XXVII / MAYO-98; PACIFICO XXX-ERFEN XXVIII / OCTUBRE-98 Y PACIFICO XXXI-ERFEN XXIX / MAYO-99.*, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Fraser, A. J., Sargent, J. R., & Gamble, G. C. (1989). Lipid classes and fatty acid composition of *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), *Pseudocalanus* sp and *Temora longicornis* (Muller) from a nutrient enriched seawater enclosure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 130, 81-92.
- García-Díaz, X. F. (2003). *Los Quetognatos de Aguas Superficiales del Pacífico Colombiano y su Relación con Algunas Variables Abióticas Generadas por Eventos Climáticos El Niño y La Niña*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Garzón-Ferreira, J., Reyes-Nivia, M. C., & Rodríguez-Ramírez, A. (2002). *Manual de Métodos del SIMAC – Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia*. Santa Marta, Colombia: INVEMAR. Ministerio del Medio ambiente.
- Gil-Agudelo, D. L. (2010). Biodiversidad Marina y Retos para su Conservación en Colombia. *Cátedras de Biodiversidad Marina de Colombia, Tercera Sesión*, 1.
- Giraldo, A., & Gutiérrez, E. (2007). Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones marinas*, 35(1), 117-122.
- Hamm, C. E., & Rousseau, V. (2003). Composition, assimilation and degradation of *Phaeocystis globosa*-derived fatty acids in the North Sea. *Journal of Sea Research*, 50, 271-283.
- Harvey, H. R., Dyda, R. Y., & Kirchman, D. L. (2006). Impact of DOM composition on bacterial lipids and community structure in estuaries. *Aquatic Microbial Ecology*, 42, 105-117.
- IGAC, I. G. A. C. (2011). Mapa Físico Político de Colombia. Retrieved 2011, 2011, from http://190.254.22.44/mapas_de_colombia/IGAC/Matis_Colombia.pdf
- Jeffries, H. P. (1970). Seasonal Composition of Temperate Plankton Communities: Fatty Acids. *Limnology and Oceanography* 15(3), 419-426.
- Kott, P. (2005). Catalogue of Tunicata in Australian Waters. Iv + 301. Retrieved 2011 from.

- Labarta, U., Fernández-Reiriz, M. J., & Pérez-Camacho, A. (1999). Larvae of *Ostrea edulis* (L.) During starvation: growth, energy and biochemical substrates. *Hydrobiologia*, 405, 125-131.
- López-Cerón, D. A. (2009). *Aspectos Estructurales de la Comunidad Zooplanctónica durante Pulsos de Surgencia/No Surgencia Costera En La Región de Santa Marta, Caribe Colombiano*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, D.T.C.H.
- Luna-Sanchez, D. (2010). Proyecto de Ley “Por Medio del Cual se Declara a la Bahía de Málaga como Parque Nacional Natural de Colombia”. Cámara de Representantes de Colombia.
- Mayer, A. (1977). *The medusae of the world* (Vol. 1). Ámsterdam: Academic Press Ámsterdam.
- Medina-Contreras, D. D. P. (2009). *Patrones de Distribución y Abundancia del Ictioplancton en el Estuario de Bahía Málaga, Pacífico Colombiano*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Moser, H. G., Smith, P. E., & Eber, L. E. (1987). Larval fish assemblages in thecalifornia Current region, 1954-1960, A period dynamic environmental change. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 28, 97-127.
- Nelson, M. M., Phleger, C. F., Mooney, B. D., & Nichols, P. D. (2000). Lipids of gelatinous antarctic zooplankton: Cnidaria and Ctenophora. *Lipids*, 35(5), 551-559.
- Pierrot-Bults, A. C., & Chidgey, K. C. (1988). *Chaetognatha* (Vol. 39). Leiden: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Sciences Association.
- Pond, D., Harris, R., Head, R., & Harbour, D. (1996). Environmental and nutritional factors determining seasonal variability in the fecundity and egg viability of *Calanus helgolandicus* in coastal waters off Plymouth, UK. *Marine Ecology Progress Series*, 143, 45-63.
- Ramírez, A. (2005). *Ecología Aplicada, Diseño y Análisis Estadístico*. Bogotá, D.C.
- Rodríguez, W., Osorno, O., Ramos, F. A., Duque, C., & Zea, S. (2010). New fatty acids from Colombian Caribbean Sea sponges. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38, 774-783.
- Roessler, P. G. (1990). Environmental control of glycerolipid metabolism in microalgae: commercial implication and future research directions *Journal of Phycology*, 26, 393-399.

- Sargent, J. R., Bell, M. V., Bell, J. G., Henderson, R. J., & Tochter, D. R. (1995). Origins and functions of n-3 polyunsaturated fatty acids in marine organisms. In G. Ceve & F. Paltauf (Eds.), *Phospholipids: Characterization, metabolism and novel biological application* (pp. 248-259). Champaign, IL: Chem Soc Press.
- Sargent, J. R., Gatten, R. R., & mcintosh, R. (1977). Wax esters in the marine environment – their occurrence, formation, transformation and ultimate fates. *Marine Chemistry*, 5, 573 - 584.
- Schlitzer, R. (Producer). (2011) Ocean Data View. Retrieved from <http://odv.awi.de>
- Segura, L., Suárez-Morales, E., & Celis, L. (2003). A checklist of the Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa and Cubozoa) of Mexico. *Zootaxa*, 194, 1 - 15.
- Smith, D. (1977). *A guide to marine coastal plankton and marine invertebrates larvae*: USA Kendall / Hunt Publishing Company.
- Todd, C., Laverack, M., & Boxshall, G. (1996). *Coastal marine zooplankton: A practical manual for students* (2nd ed.). Great Britain: Cambridge University Press.
- Tregouboff, G., & Rose, M. (1957). *Manuel de Planctologie méditerranée*. Unpublished manuscript, Paris.
- Vance, E., & Vance, J. E. (1985). *Biochemistry of lipids and membranes*. USA: Cummings Publishing company, Inc.
- Vidal, J. (1968). Copépodos calanoideos epipelágicos de la expedición Marchile II. *Zoology*, 15, 97.
- Virtue, P., Nichols, P. D., & Boon, P. I. (1996). Simultaneous estimation of microbial phospholipid fatty acids and diether lipids by capillary gas chromatography. *Journal of Microbiological Methods*, 25, 177–185.
- Volkman, J. K., Barrett, S. M., Blackburn, S. I., Mansour, M. P., Sikes, E. L., & Gelin, F. (1998). Microalgal biomarkers, are view of recent research developments. *Organic Geochemistry*, 29, 1163–1179.
- Wakeham, S. G. (1995). Lipid biomarkers for heterotrophic alteration of suspended particulate organic matter in oxygenated and anoxic water columns of the ocean. *Deep-Sea Research I*, 42, 1749-1771.
- Wakeham, S. G., Hedges, J. I., Lee, C., Peterson, M. L., & Hernes, P. J. (1997). Composition and transport of lipid biomarkers through the water column and surficial sediments of equatorial pacific ocean. *Deep Sea Research Part II*, 44, 2131–2162.

- Wakeham, S. G., & Lee, C. (1989). Organic geochemistry of particulate matter in the ocean: the role of particles in oceanic sedimentary cycles. *Organic Geochemistry*, 14, 83-96.
- Wakeham, S. G., Pease, T. K., & Benner, R. (2003). Hydroxy fatty acids in marine dissolved organic matter as indicators of bacterial membrane material. *Organic Geochemistry*, 34, 857–868.
- Wakeham, S. G., Peterson, M. L., Hedges, J. I., & Lee, C. (2002). Lipid biomarker fluxes in the Arabian Sea: with a comparison to the equatorial Pacific Ocean. *Deep Sea Research II*, 49, 2265–2301.
- Zink, K. G., Wilkes, H., Disko, U., Elvert, M., & Horsfield, B. (2003). Intact phospholipids-microbial “lifemarkers” in marine deep subsurface sediments. *Organic Geochemistry*, 34, 755–769.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Carolina Gutiérrez, Gladys Reinoso-Flórez, Jordi Eras. Composición taxonómica y de ácidos grasos del zooplancton superficial de la bahía Málaga (Pacífico colombiano). <i>Revista Tumbaga</i> (2013), 8, 75-96	Día/mes/año 06/11/2012	Día/mes/año 12/02/2013