

VARIABILIDAD EN LA ABUNDANCIA DE LARVAS DE CRUSTÁCEOS Y POLIQUETOS EN BAHÍA MÁLAGA, PACÍFICO COLOMBIANO (ENERO-JUNIO DE 2010)*

Paula Espinal-García¹, Alan Giraldo², Mario Londoño-Mesa³ y Luz Marina Mejía-Ladino¹

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras —Invemar—, sede Pacífico. Grupo de Taxonomía, Sistemática y Ecología Marina, CIAT Recta Cali-Palmira, Kilómetro 17, Parque Científico Agronatura, Cali, Colombia. paulanesga@gmail.com; luz.mejia@invemar.org.co

2 Universidad del Valle, Departamento de Biología, Grupo de Investigación en Ecología Animal, Cali, Colombia. Apartado aéreo 25360. alan.giraldo@correounivalle.edu.co

3 Universidad de Antioquia, Instituto de Biología, Grupo LimnoBasE y Biotamar, Calle 70 No. 52-27, Medellín, Colombia. Apartado aéreo 1226. mlondono@biologia.udea.edu.co

RESUMEN

Esta investigación presenta la composición taxonómica, diversidad, abundancia relativa y distribución espacial de las larvas de crustáceos y poliquetos de aguas superficiales colectadas durante seis meses en bahía Málaga, Pacífico colombiano. Los muestreos se realizaron con colectas superficiales mensuales entre enero y junio de 2010. Simultáneamente, se registraron las variables fisicoquímicas de cada estación (salinidad, temperatura y oxígeno disuelto). En total, se registraron 58 morfotipos de larvas de crustáceos pertenecientes a 30 familias y 24 morfotipos de larvas de poliquetos pertenecientes a 14 familias. Para los crustáceos se registraron 38720 ind/m³ (SE \pm 84.7), en diferentes estadios larvales (cypris, nauplio, protozoa, zoea y mysis) agrupados en siete infraórdenes y/o subórdenes: Brachyura, Caridea, Balanomorpha, Anomura, Penaeoidea, Thallassinoidea y Stomatopoda. Brachyura es el infraorden más abundante (42%) en todas las zonas y meses, seguido de Balanomorpha (20.4%) y el infraorden Caridea (11.7%). La familia más abundante fue Balanidae dentro del suborden Balanomorpha con un total de 6421 ind/m³. Por otro lado, se encontraron 1019 ind/m³ de larvas de poliquetos (SE \pm 1.68) representados por nectoquetas de los órdenes Spionida (62% de la composición total) y Phyllococida (4.7%), trocóforas del orden Sabellida (26%) y postlarvas del orden Terebellida (6.8%). La distribución de larvas de crustáceos es heterogénea a lo largo de la bahía, la zona externa presenta diferencias significativas respecto a las demás zonas ($p < 0.001$), mientras que la distribución de las larvas de poliquetos fue homogénea ($p = 0.0918$). En cuanto a la variación temporal, la abundancia de larvas de crustáceos y poliquetos presentó un aumento significativo en abril, cuando iniciaron las lluvias intensas y la temperatura superficial del mar aumentó, comparado con el primer trimestre, cuando las lluvias fueron menos intensas. La salinidad y oxígeno disuelto presentaron diferencias significativas entre la parte externa e interna del estuario ($p < 0.05$). Las diferentes intensidades de precipitación en los meses generaron una variación estacional de la temperatura y la salinidad superficial ($p < 0.05$).

PALABRAS CLAVES: Meroplankton, crustáceos, poliquetos, taxonomía, distribución.

* *Contribución No. 1111 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras —Invemar—.*

ABSTRACT

Variability in the abundance of larvae of crustaceans and polychaetous in Bahía Málaga, Colombian Pacific (January-June 2010). This research presents the taxonomic composition, diversity, relative abundance and spatial distribution of the crustaceans and polychaetous larvae from superficial waters collected during six months in Bahía Málaga, Colombian Pacific. The sampling was taken monthly using a superficial dredge, between January and June 2010. Physical-chemical variables (salinity, temperature, and dissolved oxygen) were registered in every station, simultaneously. They were identified 58 morphotypes of larvae of crustaceans belonging to 30 families and 24 morphotypes of larvae of polychaetous belonging to 14 families. 38720 ind/m³ (SE ± 84.7) of crustacean larvae in different typical larval stages (cypris, nauplio, protozoa, zoea and mysis) grouped in seven infraorder and/or suborder: Brachyura, Caridea, Balanomorpha, Anomura, Penaeoidea, Thalassinioidea and Stomatopoda were found. Brachyura was the most abundant infraorder (42%) in all the stations and months, followed by Balanomorpha (20.4%) and the infraorder Caridea (11.7%). The most abundant family was Balanidae of the suborder Balanomorpha with 6421 ind/m³. On the other hand, 1019 ind/m³ larvae of polychaetous (SE ± 1.68) represented by nectochaeta of the order Spionida (62% of total composition) and Phyllodocida (4.7%), trochophore of the order Sabellida (26%) and postlarvae of the order Terebellida (6.8%) were found. The distribution of crustacean larvae is heterogeneous along the bay, with oceanic stations presenting significant differences with regard to other stations ($p < 0.001$), while the distribution of the larvae of the polychaetous was similar along all points of the estuary ($p = 0.0918$). In regard to the temporal variation, the abundance of crustacean and polychaeta larvae presented a significant increase in April, when rains are more intense and the superficial temperature of the sea increases, compared to January-March, when rains are less intense. Salinity and dissolved oxygen showed significant differences between the outer and inner areas of the estuary ($p < 0.05$). Different rainfall intensities through months generated variations in temperature and surface salinity ($p < 0.05$).

KEYWORDS: Meroplankton, crustaceans, polychaetous, taxonomy, distribution.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un estadio larval planctónico dentro del ciclo de vida en crustáceos y poliquetos bentónicos proporciona una ventaja ecológica y evolutiva a esos taxones sobre otros grupos de invertebrados marinos que no presentan ese tipo de estrategia de historia de vida. Entre las ventajas de los organismos meroplanctónicos se desatacan la amplia capacidad de dispersión de sus larvas, lo que conlleva a tener un mejor flujo genético y a incrementar la capacidad de colonización, además, reduce la competencia por espacio y disminuye la tasa de mortalidad por depredación de estadios tempranos en el hábitat de los adultos (Dittel y Epifanio, 1982; Scheltema, 1986; Bhaud, 2000).

En términos generales, la dispersión de larvas de los organismos meroplanctónicos está influenciada por un conjunto de factores físicos y biológicos que interactúan simultáneamente. Características hidrobiológicas como corrientes, flujo de mareas, policlinas y parámetros fisicoquímicos, junto con factores biológicos como modo reproductivo, comportamiento larval, velocidad, capacidad natatoria, oferta alimentaria y mortalidad natural, son elementos que modulan los patrones

de distribución espacial de esos organismos (Archambault y Bourget, 1999). Sin embargo, la importancia relativa de cada uno de esos elementos en los procesos de dispersión larval, varía de manera específica, dependiendo de la especie, el estado de desarrollo y el tipo particular de hábitat (Arundel, 2003; Johnson y Allen, 2005).

En ambientes estuarinos, los organismos meroplánctónicos utilizan dos estrategias asociadas a su ciclo de vida para garantizar la viabilidad de sus poblaciones: la “exportación” de los estados iniciales de desarrollo larval hacia las aguas costeras adyacentes o a mar abierto, en donde las condiciones para su desarrollo pueden llegar a ser más favorables; y la “retención” al interior del ambiente estuarino asociada al sitio de postura, mediante la adaptación de todos los estadios del ciclo de vida a las condiciones ambientales (Strathmann, 1982). En ambas estrategias un elemento clave es la capacidad potencial de desplazamiento que exhiba la larva.

En la mayoría de las especies de crustáceos y poliquetos, existe una fase larval que determina su presencia en el plancton, esta ocurre entre la fase embrionaria y juvenil. Incluso, los huevos, larvas y postlarvas de los crustáceos superiores son comunes en el plancton nerítico, al punto que pueden llegar a ser los organismos predominantes de entorno pelágico (Boltovskoy, 1981). De otro lado, la historia de vida de los poliquetos puede llegar a ser más compleja, ya que algunas especies, en estadio sexualmente maduros adquieren capacidades natatorias para permanecer temporalmente en el plancton y liberar los gametos, ese estadio se conoce como la forma epitoca (Beesley *et al.*, 2000).

Generalmente, la metamorfosis desde larva al adulto en crustáceos se da antes o después del asentamiento en el sustrato, pero en ocasiones eso ocurre en el plancton, en donde el juvenil permanece por algún tiempo; este tipo de larva se conoce como larva secundaria (Pernet *et al.*, 2002). En cuanto a la dispersión de larvas de poliquetos, Bhaud (2000) sugiere que no hay una correlación entre la duración del estadio larval y la capacidad de dispersión, así como entre la presencia de larvas de poliquetos y una mayor capacidad de dispersión de éstas, pues las larvas de poliquetos actúan como partículas en suspensión y su capacidad de dispersión es modulada por la estructura física de las masas de agua en la que se encuentran. En este sentido, es necesario destacar que la capacidad natatoria de los diferentes estadios de desarrollo de los crustáceos es mucho mayor que en los poliquetos, ya que las larvas de crustáceos presentan apéndices estructurales acondicionados para mantener y variar su posición en la columna de agua mientras que en las larvas de poliquetos la estrategia para mantener la posición vertical en la columna de agua es mediante movimientos de cilios (Bhaud, 2000; Arundel, 2003; Koettker y Freire, 2006).

De acuerdo con Cervellini (2001) los patrones espaciales de distribución que exhiben los estadios juveniles de crustáceos decápodos en sistemas estuarinos y áreas adyacentes a bahías sugieren que, aunque el resultado de los procesos físicos

que ocurren en la columna de agua derivan hacia la conformación de un flujo neto, se debería presentar al interior de esos sistemas una alta tasa de reclutamiento para que las poblaciones sean viables. Esa condición sustenta la idea de que en ese tipo de ambientes los organismos meroplanctónicos podrían sincronizar las fases de desarrollo larval con los diferentes procesos físicos locales para garantizar acceso apropiado a recursos alimentarios como consecuencia de la deriva pasiva al interior de los estuarios y bahías, para después incorporarse al grupo parental (Lambert y Epifanio, 1982; Epifanio, 1988; Archambault y Bourget, 1999).

Para comprender la estructura y dinámica espacio-temporal de las poblaciones de invertebrados bentónicos en una localidad se hace necesario el estudio del ensamble de larvas meroplanctónicas (Grantham *et al.*, 2003). A nivel mundial, las áreas estuarinas y aguas costeras someras en regiones tropicales y subtropicales son consideradas como áreas de sala-cuna para invertebrados (Barletta *et al.*, 2003; Yousuf y Wasee, 2006) y, por ende, son importantes en el desarrollo biológico de muchos organismos, entre ellos crustáceos y poliquetos. El Pacífico colombiano se caracteriza por presentar una gran cantidad de estuarios a lo largo de su litoral, entre los que se encuentra bahía Málaga (Valle del Cauca), la cual ha sido descrita como un estuario de origen tectónico debido a sus características geomorfológicas, oceanográficas y climatológicas (Cantera, 1991; Castellanos-Galindo *et al.*, 2006; Lazarus, 2006).

Hasta 2009 no se había realizado investigación alguna sobre el meroplancton en esa área, lo cual es relevante para establecer y definir estrategias de manejo y acciones de conservación. En este documento se presentan los resultados del primer estudio sistemático de larvas meroplanctónicas de dos grupos taxonómicos abundantes en el ambiente costero del Pacífico colombiano, crustáceos y poliquetos. Además, se incorpora en el análisis información física y química de la columna de agua con el propósito de evaluar su efecto sobre la variación espacio-temporal de la abundancia de larvas de los grupos taxonómicos en mención.

ÁREA DE ESTUDIO

Bahía Málaga (4°05'N-77°16'W) es una localidad que se encuentra en la región central del litoral Pacífico colombiano, entre la desembocadura del río San Juan y el istmo de Pichidó (Figura 1). Tiene una longitud de 26 km, desde Isla Palma en su entrada hasta la isla del Morro en su parte más interna; su ancho varía entre 1.4 y 5.7 km, con un área de influencia de 136 km². La profundidad media varía entre 12 a 15 m, aunque se puede encontrar una profundidad máxima de 40 m. Las mareas son semidiurnas, con un registro de altura máxima de 4.12 m, y un promedio anual de lluvias durante 2009 y 2010 de 7340 mm y 5318 mm, respectivamente (Cantera, 1991; Invemar *et al.*, 2006; Ideam, 2011).

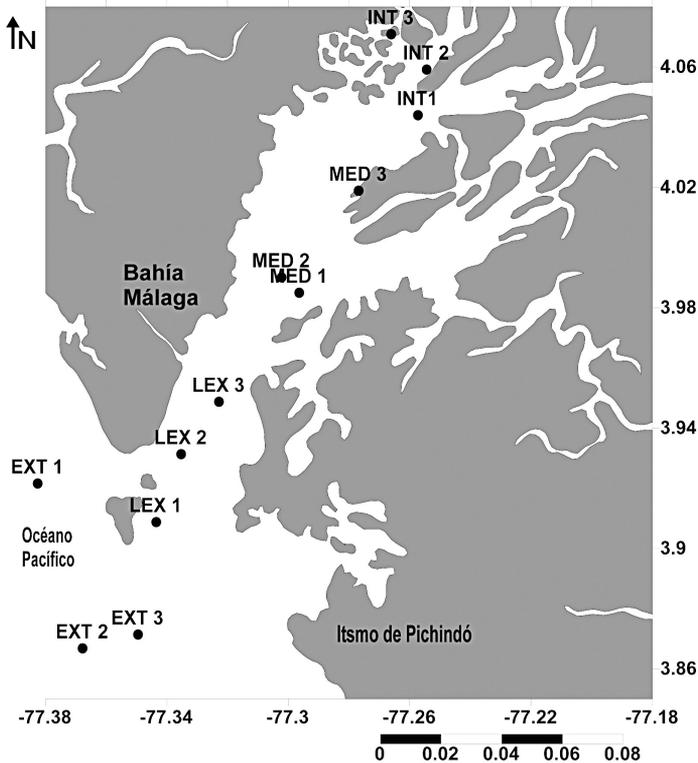


Figura 1. Bahía Málaga (Pacífico colombiano): zonas y estaciones de muestreo: Zona interna o inferior: INF 1, INF 2 y INF 3; Zona media: MED 1, MED 2 y MED 3; Zona del límite externo o superior: SUP 1, SUP 2 y SUP 3; Zona externa: EXT 1, EXT 2 y EXT 3.

Climatológicamente se identifican dos períodos de alta precipitación: el primero, entre abril y junio, con un promedio mensual de 374 mm, y el segundo, entre septiembre y noviembre, con un promedio mensual de 567 mm, interrumpidos por dos períodos de bajas precipitaciones, entre enero y marzo, y entre julio y agosto (Eslava, 1992; Malikov y Camacho, 1998; Cantera *et al.*, 1999). Durante el período de muestreo se registraron precipitaciones bajas durante enero, febrero y marzo de 2010 (265, 323 y 369 mm, respectivamente), lluvias intensas entre abril y mayo de 2010 (462 y 652 mm, respectivamente) y finalmente, una disminución de la intensidad de las lluvias en junio de 2010 (373 mm) (Ideam, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron las estaciones de muestreo en Bahía Málaga de acuerdo con el gradiente de salinidad, desde la zona interna hasta la zona externa de la bahía para

establecer 12 estaciones (Figura 1), teniendo en cuenta las localidades de importancia ecológica identificadas en la zona de estudio, así como, la presencia de condiciones heterogéneas en ambientes y factores incidentes en ellos (Invemar *et al.*, 2006).

Las estaciones fueron agrupadas a priori en cuatro zonas: externa (EX), límite externo o superior (SUP), media (MED) e interna o inferior (INF). De enero a junio de 2010, cada mes, se realizaron capturas superficiales (1 m) de zooplancton, en cada estación de muestreo. Se utilizó una red cónica-cilíndrica de 60 cm de diámetro de boca, 250 μm de ojo de malla y 3.5 m de largo para realizar las capturas, a la cual se le adosó un flujómetro GO para establecer el volumen de agua filtrado. Todos los arrastres fueron horizontales y a velocidad constante, con una duración de 10 minutos. Adicionalmente, se registró la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a nivel superficial en cada estación de muestreo utilizando una sonda multiparamétrica YSI85.

Las muestras de zooplancton se preservaron en formalina al 10% para ser procesadas en el laboratorio, en donde se realizó la separación de las larvas de crustáceos y poliquetos. Tanto el conteo de abundancia como la separación de morfotipos se hizo a partir de una fracción de la muestra madre, definida de acuerdo con el biovolumen medido con la ayuda de una probeta de 100 mL y todos los conteos fueron estandarizados a 100 m^3 .

Se utilizó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis para evaluar el grado de variación espacial y temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el área de estudio. Para describir las tendencias de variación espacio-temporal de esas variables en la zona de estudio se construyeron gráficos de interpolación utilizando la rutina “krigging” del programa Surfer V. 8.0.

Con el propósito de visualizar el grado de similitud espacial y temporal entre las zonas de estudio se construyó una matriz de similitud a partir de los valores de composición y abundancia de las larvas de crustáceos y poliquetos utilizando el algoritmo de Bray Curtis, y se evaluó el grado de relación utilizando una estrategia de conglomerado promedio. Se realizó el mismo procedimiento con las variables abióticas, aunque se utilizó el algoritmo de distancia euclidiana para construir la matriz de similitud. Adicionalmente, se evaluó el grado de correlación entre la estructura del ensamble de larvas de crustáceos y poliquetos con las condiciones abióticas utilizando la rutina Bio-Env del programa Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research (Primer V. 5.0).

RESULTADOS

La salinidad superficial presentó diferencias significativas entre las zonas de estudio ($p < 0.001$), siendo la zona límite externa la fuente de variación en el estuario, con registros significativamente menores. Temporalmente, la salinidad también presentó diferencias significativas ($p < 0.001$) relacionadas con los meses de lluvias moderadas (enero-marzo y junio) y los de lluvias intensas (abril y mayo) (Figura 2a). La temperatura superficial del mar no presentó diferencias significativas entre las zonas ($p < 0.001$), sin embargo, en abril y mayo se registró una tendencia a presentar una temperatura relativamente mayor (Figura 2b). Finalmente, la concentración de oxígeno disuelto no presentó diferencias significativas entre los meses de estudio ($p = 0.083$), aunque espacialmente se registró una concentración de oxígeno significativamente mayor en la zona externa de la bahía ($p < 0.05$) (Figura 2c).

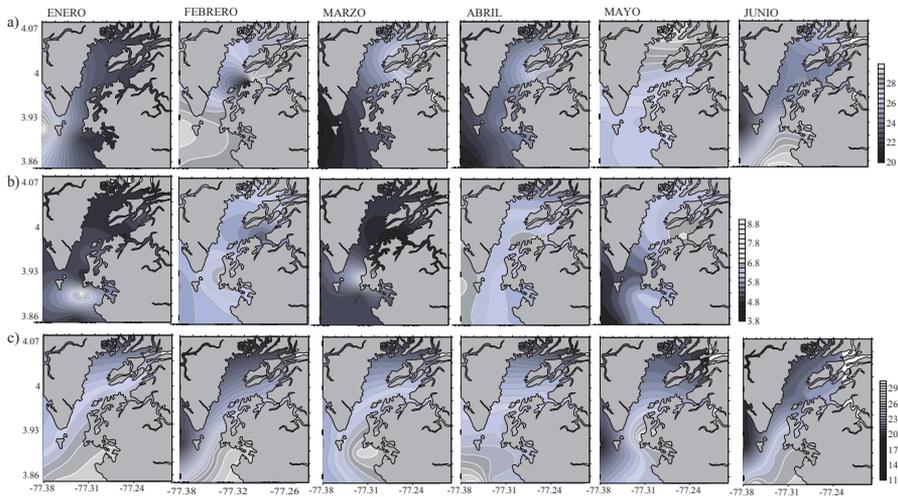


Figura 2. Variables fisicoquímicas medidas entre enero y junio de 2010: a) Temperatura superficial del agua (°C). b) Concentración de oxígeno disuelto (mg/L). c) Salinidad superficial del agua.

Crustáceos

Se identificaron 58 morfotipos de larvas de crustáceos pertenecientes a 30 familias clasificadas en diferentes órdenes, subórdenes e infraórdenes de la clase Maxillopoda (orden Sessilia, suborden Balanomorpha) y Malacostraca [orden Stomatopoda y orden Decapoda (suborden Pleocyemata: infraórdenes Caridea, Thalassinidea, Anomura y Brachyura; suborden Dendobranchiata: infraorden Penaeoidea)]. Al considerar todo el ensamblaje de larvas de crustáceos en Bahía Málaga, el mayor aporte a la abundancia lo proporcionaron las familias Balanidae (16.58%) y Ocypodidae (15.15%).

Tabla 1. Abundancia relativa (ind/100 m³) de las larvas de crustáceos (Bahía Málaga, Colombia). En negrita se señalan los porcentajes de abundancia más altos encontrados.

CLASE	ORDEN	SUBORDEN	INFRAORDEN	FAMILIA	MEDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COMPOSICIÓN PORCENTUAL (%)				
Maxillopoda	Sessilia	Balanomorpha		Balanidae	9584	117161	0	2310.431	16.58				
				Chthamaliidae	2188	47124	0	777.448	3.79				
Malacostraca	Stomatopoda			Gonodactylidae	53	492	0	14.821	0.09				
				Squillidae	186	4114	0	66.434	0.32				
				Caridea	Alpheidae	3566	29897	97	722.165	6.17			
					Hippolythidae	2697	48000	0	772.512	4.67			
					Oplophoridae	487	5029	0	103.211	0.84			
					Pandalidae	4	112	0	2.363	0.01			
				Thalassinoida	Callinassidae	147	1463	0	40.754	0.25			
					Laomeidiidae	510	12343	0	207.790	0.88			
					Upogebiidae	52	792	0	18.004	0.09			
				Decapoda	Pleocyemata			Albuneidae	2	120	0	1.802	0.00
								Diogenidae	221	3657	0	63.293	0.38
								Lithodidae	43	914	0	15.439	0.07
								Paguridae	106	2286	0	45.881	0.18
								Parapaguridae	7335	151070	0	2505.834	12.69
								Porcellanidae	2269	19751	0	395.478	3.93
								Atelecyclidae	1467	12587	0	306.021	2.54
								Bellidae	20	738	0	12.707	0.03
Dorippidae	775	6933	0					164.251	1.34				
Grapsidae	200	3065	0					59.024	0.35				
Brachyura				Homolidae	2	86	0	1.451	0.00				
				Leucosidae	181	3109	0	54.023	0.31				
				Majidae	1278	9143	0	208.396	2.21				
				Ocypodidae	8758	70074	55	1521.733	15.15				
				Pinnotheridae	6146	57752	51	1153.728	10.63				
Dendobranchiata				Xanthidae	5493	38148	62	1002.391	9.50				
				Penaeidae	3856	29013	67	582.539	6.67				
				Sergestidae	162	1853	0	37.782	0.28				
				Sycionidae	3	204	0	3.050	0.01				

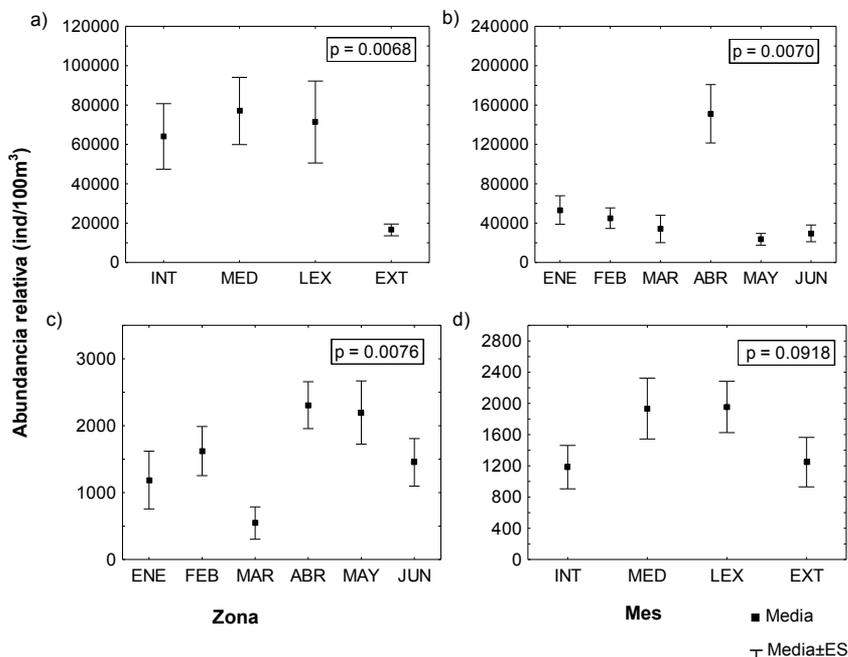


Figura 3. Abundancia relativa de las larvas encontradas en el presente estudio en Bahía Málaga (representaciones gráficas Box-Plot): a) Crustáceos por zonas; b) Crustáceos por meses; c) Poliquetos por zonas; d) Poliquetos por meses (INT: Zona interna, MED: Zona media, LEX: Zona límite externo, EXT: Zona externa; ENE: enero, FEB: febrero, MAR: marzo, ABR: abril, MAY: mayo, JUN: junio).

Los Balanomorpha (cirripedios) fueron predominantes en la zona media y límite externo del estuario. Los Brachyura (cangrejos de mar), Balanomorpha y Caridea (camarones) fueron los más frecuentes y abundantes en todas las zonas y meses de muestreo, representando el 42.1, 20.4 y 11.7% de la abundancia total de larvas de crustáceos, respectivamente (Figura 3a). El infraorden Anomura (cangrejos ermitaños) representó el tercer infraorden en importancia por sus abundancias altas durante todos los meses de muestreo (17.2 %) (Tabla 1).

En el suborden Balanomorpha la familia más abundante fue Balanidae (81.41%). Para el orden Stomatopoda (camarón mantis), la familia más abundante fue Squillidae (77.82%), mientras que para el infraorden Caridea, lo fue la familia Alpheidae (52.80%), seguida de Hippolythidae (39.93%). Para el infraorden Thalassinidea, la familia más abundante fue Laomediidae (71.93%), mientras que para el infraorden Anomura, lo fue la familia Parapaguridae (73.52%), seguida de Porcellanidae (22.74%). Para el infraorden Brachyura, las familias más abundantes fueron Ocypodidae (36.01%), Pinnotheridae (25.27%) y Xanthidae (22.58%), mientras que para el infraorden Penaeoidea, la familia más abundante fue Penaeidae (95.89%).

La abundancia de larvas de crustáceos fue significativamente menor en la zona externa de la bahía ($p = 0.0068$) (Figura 3b). En ese sector, los infraórdenes Anomura, Brachyura y Penaeoidea fueron los más representativos (Figura 4a), mientras que en la zona media y límite externo, además de Brachyura y Anomura, se registraron altas abundancias de larvas de Balanomorpha (Figura 4a).

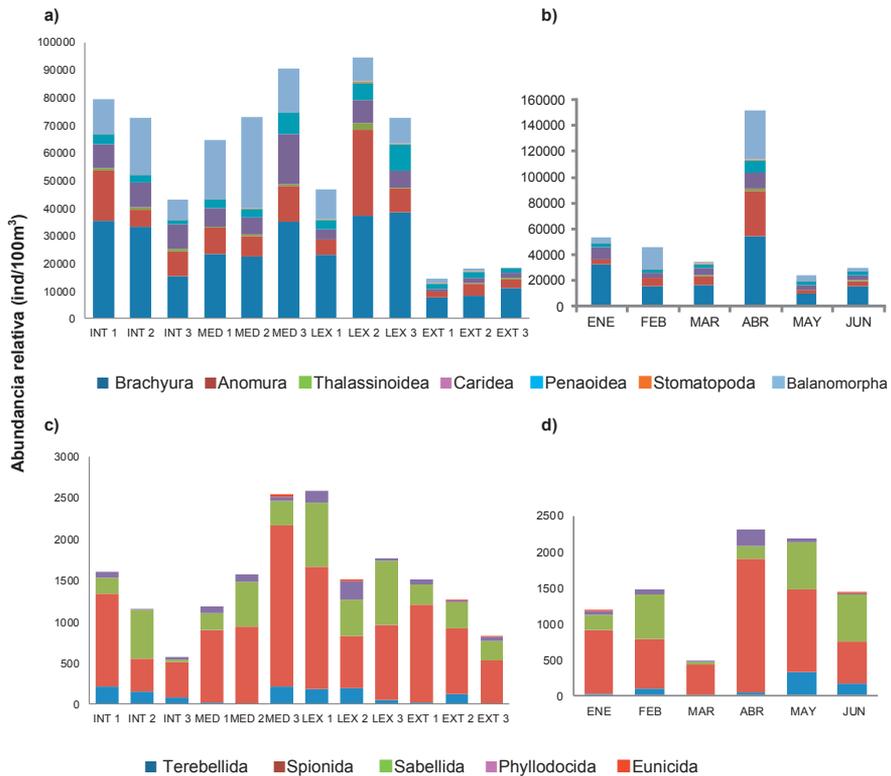


Figura 4. Composición porcentual mensual y espacial de las diferentes morfoespecies de larvas encontradas en Bahía Málaga: a) infraórdenes de crustáceos por estaciones; b) infraórdenes de crustáceos por meses; c) subórdenes de poliquetos por estaciones; d) subórdenes de poliquetos por meses. (INT: Zona interna, MED: Zona media, LEX: Zona límite externo, EXT: Zona externa. ENE: enero, FEB: febrero, MAR: marzo, ABR: abril, MAY: mayo, JUN: junio).

En términos generales, se registraron diferencias temporales significativas para la abundancia total de larvas de crustáceos entre los meses de muestreo ($p = 0.007$) (Figura 3a), siendo mayores en abril y coincidiendo con el máximo registro de precipitación para el área de estudio. Además, se detectó una sincronía entre el incremento en la abundancia relativa de las larvas de crustáceos en Bahía Málaga con el incremento en el aporte de agua por precipitación entre enero-marzo. El resultado neto del incremento en

el aporte de agua de lluvia al estuario es la disminución de la salinidad en algunos puntos asociados a la línea de costa, lo que conlleva a un incremento en la abundancia de larvas de crustáceos en las zonas de la bahía en donde las condiciones de salinidad pueden permanecer más estables, como se observa en la zona interna (Figura 5).

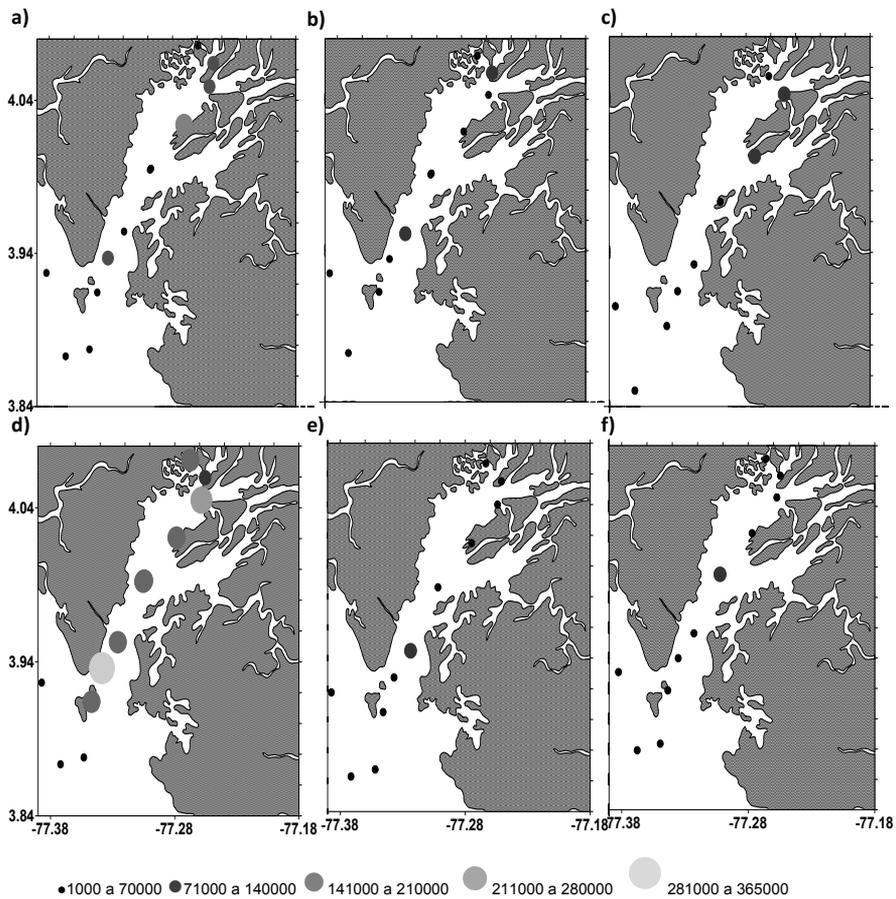


Figura 5. Representaciones gráficas de la abundancia relativa de larvas de crustáceos para el estuario de Bahía Málaga: a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril, e) mayo y f) junio.

Considerando que el infraorden Brachyura presentó altas abundancias durante todo el período de estudio y fue registrado en toda el área de trabajo, se realizó un análisis de distribución en función de los estadios de desarrollo que presentan sus larvas agrupando algunos de sus estadios, zoea I-III y zoea IV, y diferenciando el estado megalopa. Durante enero las zoeas I-III fueron principalmente abundantes en las zonas interna y externa de la bahía (Figura 6a), mientras que en el mes de

junio este estadio fue más abundante en la zona media (Figura 6d). Asimismo el estadio zoea IV fue relativamente más abundante entre febrero y abril en toda el área (Figuras 6b, 6c y 6d); sin embargo, se detectaron agregaciones particulares de zoea IV durante mayo en la zona media (Figura 6e). Este tipo de agregaciones también se registraron para estadios zoea I-III en la zona media, pero durante junio (Figura 6f). Los organismos en estado de desarrollo megalopa presentaron una distribución homogénea a lo largo del estuario y en todos los meses de muestreo.

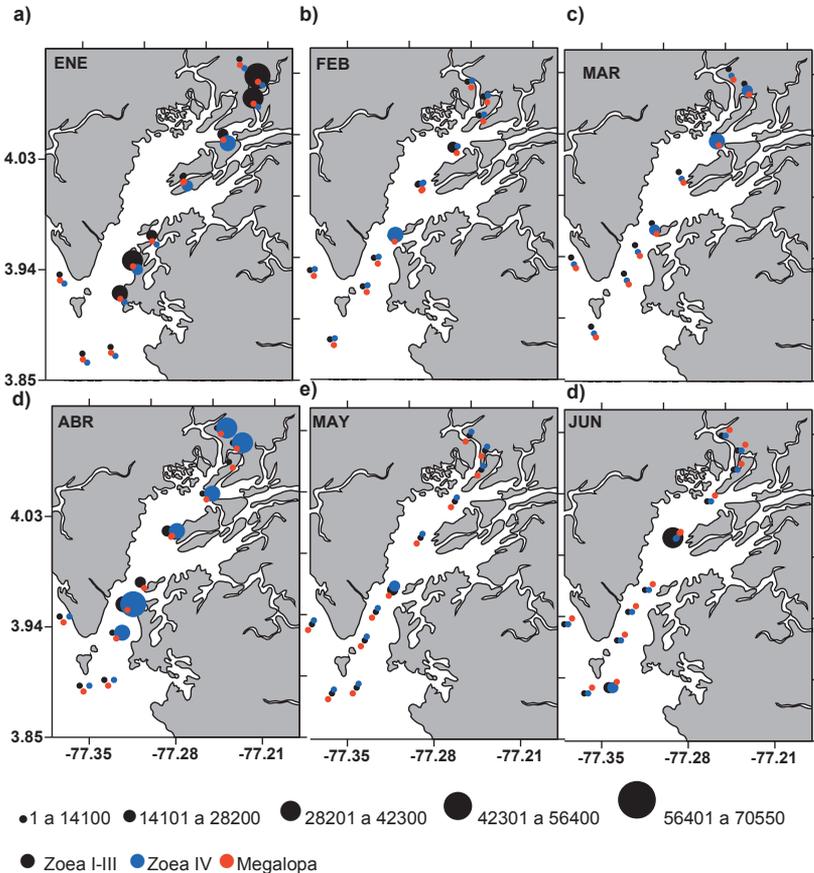


Figura 6. Variación espacial y temporal de la abundancia relativa (ind/100 m³) de las larvas de Brachyura (crustáceos) representada por sus diferentes estadios de desarrollo. a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril, e) mayo y f) junio.

Poliquetos

Se identificaron 58 morfotipos de larvas de poliquetos pertenecientes a 14 familias, con un total de 1019 ind/m³ (SE ± 1.68), la mayoría de ellas en un

estadio avanzado de desarrollo larval, siendo clasificadas en el orden Calanipalpata [suborden Spionida (62% de la composición total), Sabellida (26%) y Terebellida (7%)] y el orden Aciculata (subórdenes Eunicida y Phyllodocida) (Tabla 2). La distribución espacial de las larvas de poliquetos fue homogénea a lo largo del canal principal del estuario, estando representados principalmente por larvas nectoquetas de la familia Spionidae (orden Spionida) y un solo tipo de larva trocófora de la familia Sabellaridae (orden Sabellida) (Figura 4c).

Tabla 2. Abundancia relativa (ind/100 m³) de las larvas de poliquetos (Bahía Málaga, Colombia). En negrita se señalan los porcentajes de abundancia más altos encontrados.

ORDEN	FAMILIA	MEDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COMPOSICIÓN PORCENTUAL (%)
Terebellida	Terebellidae	71	1053.932	0	22.5656	4.61
Terebellida	Pectinariidae	34	496.749	0	10.5478	2.22
Spionida	Chetopteridae	29	426.667	0	10.0484	1.87
Spionida	Magelonidae	1	96.970	0	1.4692	0.10
Spionida	Poecilochaetidae	52	1476.923	0	24.6308	3.39
Spionida	Spionidae	875	4503.704	0	115.8830	56.69
Sabellida	Sabellariidae	389	2937.250	0	78.8168	25.17
Sabellida	Serpulidae	13	516.129	0	8.6335	0.83
Phyllodocida	Chrysopetalidae	5	303.142	0	4.5931	0.30
Phyllodocida	Nereididae	19	194.481	0	5.6526	1.22
Phyllodocida	Phyllodocidae	1	82.186	0	1.2452	0.08
Phyllodocida	Polynoidae	38	914.286	0	16.6986	2.46
Phyllodocida	Syllidae	10	457.143	0	7.1888	0.68
Amphinomida	Amphinomidae	6	204.337	0	3.4648	0.38

Las larvas de los órdenes Terebellida y Spionida presentaron mayores abundancias hacia las zonas interna y límite externo del estuario, lo cual permite inferir que la zona media puede ser un área de transición (Figura 4d). Las larvas de las familias Serpullidae (Sabellida), Amphinomidae (Amphinomida) y Pectinariidae (Terebellida) fueron las más abundantes en la zona externa, mientras que las de la familia Syllidae (Phyllodocida) fueron las más frecuentes en la zona límite externo (Figura 4d). En términos generales, las larvas con mayor frecuencia de aparición y mayor abundancia en el área de estudio fueron las de los órdenes Spionida y Sabellida (Figura 4c y d).

No se detectaron diferencias significativas en la abundancia de larvas de poliquetos entre los meses de muestreo ($p > 0.05$) (Figura 3d), aunque la mayor abundancia de dichas larvas se registró en la transición entre las zonas interna-media, y entre las zonas límite externo-externa del estuario (Figura 3c). Durante los meses de menor precipitación (enero-marzo) se registraron bajas abundancias en la

zona límite externo (Figura 7a, b y c), contrario a lo que ocurre durante los meses de lluvias abundantes (abril-junio) donde se presentó incremento en el número de larvas en esa zona (Figura 7, e y f).

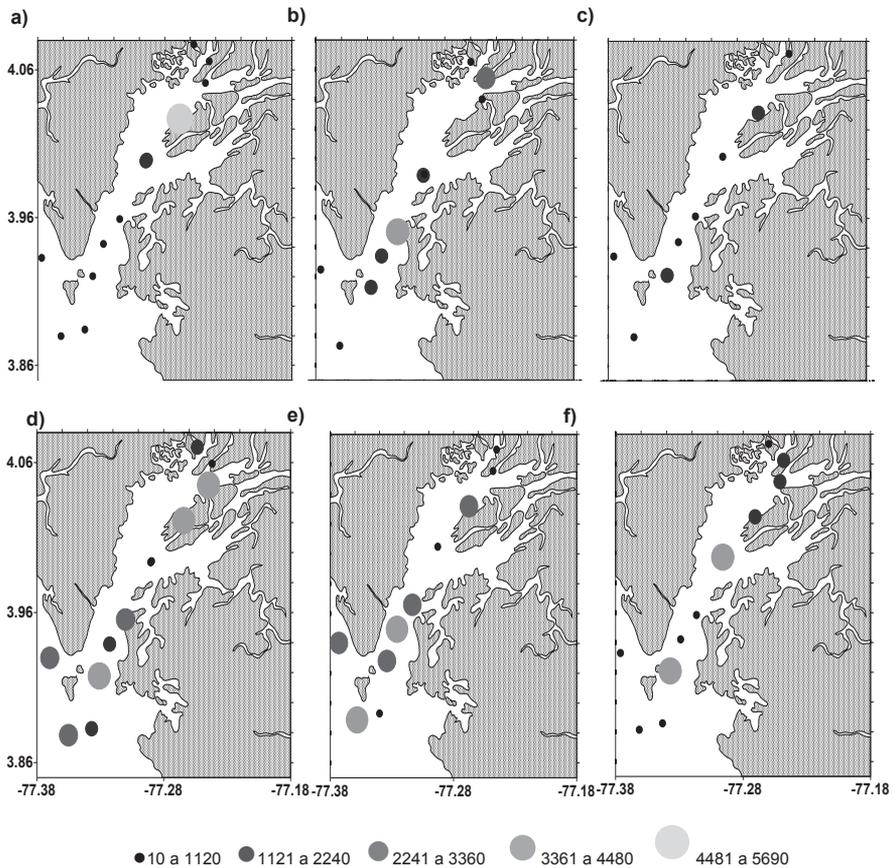


Figura 7. Representaciones gráficas de la abundancia relativa de larvas de poliquetos para el estuario de Bahía Málaga: a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril, e) mayo y f) junio.

Se identificó una tendencia espacio-temporal de agregación asociada con las larvas del suborden Sabellida, de acuerdo con sus diferentes estadios de desarrollo: en febrero, se registró una mayor abundancia de trocóforas en las zonas interna y límite externo (Figura 8b), mientras que durante mayo y junio esta agregación sólo se registró en el límite externo (Figura 8e y f). En los demás meses de muestreo la concentración de trocóforas de Sabellida fueron bajas y homogéneas a lo largo del estuario (Figuras 8a, c y d). El estadio nectoqueta presentó una distribución homogénea a lo largo de los meses de muestreo (Figura 8).

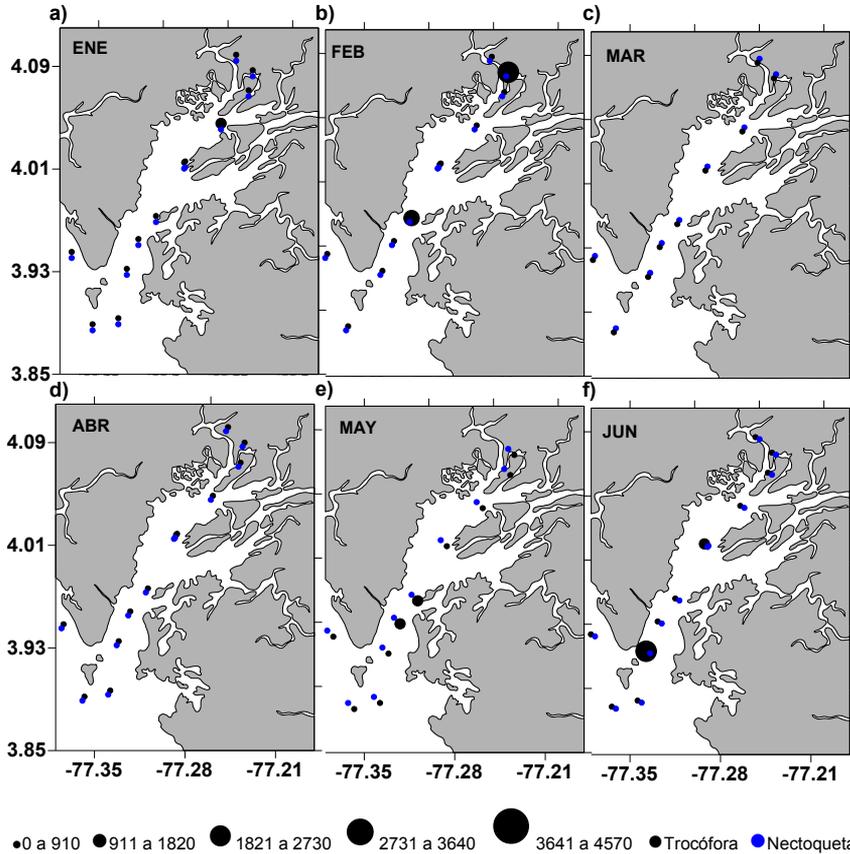


Figura 8. Variación espacial y temporal de la abundancia relativa (ind/100 m³) de las larvas de Sabellida (poliquetos) representada por sus diferentes estadios de desarrollo. a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril, e) mayo y f) junio.

DISCUSIÓN

El mayor aporte a la abundancia de larvas de crustáceos lo proporcionaron las familias Balanidae y Ocypodidae, condición que ha sido recurrentemente registrada para otras localidades costeras del Pacífico Oriental Tropical (Mujica y Villablanca, 2003; Koettker y Freire, 2006; Mujica, 2006), ya que la familia Balanidae presenta una alta fecundidad y se encuentra ampliamente distribuida en ambientes estuarinos. Para el ensamblaje de poliquetos, la familia Spionidae ha sido registrada como la de mayor aporte larval en ambientes estuarinos, tanto en aguas subtropicales como templadas (Rodríguez, 2003; Fetzer, 2004; Jessopp y McAllen, 2008; Hwey-Lian *et al.*, 2010).

Aunque a gran escala espacial ha sido registrado que los patrones de distribución espacial de las larvas meroplanctónicas responden principalmente a gradientes térmicos (Johnson y Allen, 2005), en un ambiente estuarino, probablemente, la salinidad y el patrón de circulación tendrán una mayor relevancia (Kennish, 1990). Esta asociación positiva con la salinidad ya había sido descrita para algunas especies de braquiuros por Braga *et al.* (2005) y para algunas de balanomorfos (Rocha, 2008), lo cual se observó en bahía Málaga, ya que estos grupos presentaron una alta abundancia de larvas en las zonas media y límite externo del estuario. En este sentido, al considerar simultáneamente las características geomorfológicas de los estuarios en conjunto con la variabilidad y dinámica espacio-temporal de esos factores ambientales, se identifica a la zona central como “sala-cuna” para las larvas de diferentes organismos, ya que es el sector de mayor dinamismo (mezcla) y productividad en ese ambiente estuarino (Day, 1989). Los resultados obtenidos en el presente estudio con relación a los ensamblajes de larvas de crustáceos y poliquetos sugieren que hay una segregación espacial grupo-específica asociada con la variabilidad local de la salinidad, además, permite identificar la zona media de la bahía, como un sitio de agregación principal con características ambientales apropiadas para sala-cuna.

La composición de los ensamblajes de larvas de crustáceos decápodos es altamente heterogénea y está directamente asociada con las condiciones locales particulares. De acuerdo con Epifanio (1987), un ensamblaje de larvas de crustáceos sería el resultado de la interacción entre los períodos de reproducción de las poblaciones de los adultos, los patrones de comportamiento de las larvas y los mecanismos de dispersión relacionados con la circulación del agua. Caso contrario ocurre con las larvas de poliquetos, ya que ellas no se dispersan de manera homogénea por la marea, lo que provoca la aglomeración de individuos en sitios específicos del estuario generalmente asociados con localidades en donde se encuentran los parentales (Rodríguez, 2003). Además, bajo condiciones de baja penetración de luz en la columna de agua, algunos grupos de larvas de poliquetos no nadan a través de los gradientes de salinidad (Arundel, 2003). Esta condición permite explicar el patrón de distribución espacial que presentaron las larvas de la familia Terebellidae en Málaga, las cuales se concentraron en las zonas interna y límite externo del estuario.

Finalmente, Thiébaud *et al.* (1998) plantean que la dispersión horizontal de las trocóforas y metatrocóforas está dada por la recirculación residual mareal y los vientos generadores de corrientes superficiales, mientras que la distribución vertical se debe a los patrones de estratificación de la columna de agua; es decir, los estadios de trocófora son abundantes al nivel de la haloclina, mientras que

las metatrocóforas son abundantes por debajo de ella. Adicionalmente, cuando la estratificación no es tan evidente, la distribución de ambos estadios es homogénea, explicada por la mezcla de las aguas por el efecto de la turbulencia; por esto, la dispersión postlarval resulta de la acción combinada de factores hidrodinámicos en la superficie y de los patrones de comportamiento, lo cual fue observado en las zonas interna y límite externo.

AGRADECIMIENTOS

A los grupos de investigación de la universidades del Valle y de Antioquia por su apoyo en los análisis de datos. El presente trabajo se desarrolló en el marco del proyecto “El papel de la salinidad en las asociaciones de larvas de organismos marinos de Bahía Málaga (Pacífico colombiano): valoración de la importancia de esa área como sala-cuna y su comparación con otros estuarios en hábitats tropicales —EVMOM larvas—”, cofinanciado y ejecutado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” —Invemar— y la Universidad del Valle, apoyado financieramente por Colciencias. Los autores agradecen especialmente a las comunidades locales de La Plata, Juanchaco y Ladrilleros, así como, al grupo de apoyo local en las salidas de campo. A Alejandra Ocampo por la elaboración de las representaciones cartográficas de las variables fisicoquímicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Archambault, P. y E. Bourget. 1999. Influence of shoreline configuration on spatial variation of meroplanktonic larvae, recruitment and diversity of benthic subtidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 238: 161-184.
- Arundel, P. 2003. Invertebrate larval dynamics in seasonally closed estuary. Tesis de Doctorado, Deakin University, Melbourne. 125 p.
- Barletta, M., A. Barletta-Bergan, U. Saint-Paul y G. Hubold. 2003. Seasonal changes in density, biomass and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 256: 228-217.
- Beesley, P., G. Ross y C. Glasby. 2000. Polychaetes and allies: The Southern synthesis. *Fauna of Australia*. Vol. 4. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophoram, Echiura, Sipuncula. CIRO Publishing, Melbourne. 465 p.
- Bhaud, M. 2000. Some examples of the contribution of planktonic larval stages to the biology and ecology of polychaetous. *Bull. Mar. Sci.*, 67 (1): 345-358.
- Boltovskoy D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (Inidep), Mar del Plata, Argentina. 936 p.



- Braga, A., G. Bertini, P. Fumis y A. Fransozo. 2005. Distribuição espaço-temporal de *Libinia spinosa* (Decapoda:Barchyura) em duas áreas do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. XXV Congreso de Ciencias del Mar y XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Viña del Mar, Chile. 12 p.
- Cantera, J. 1991. Etude structurale des mangroves et des peuplements macrobenthiques littoraux de deux baies du pacifique colombien (Málaga et Buenaventura) rapport avec les conditions du milieu et les perturbations anthropiques. Tesis de Doctorado, A l'Universite d'Aix-Marseille II. Marseille, Francia. 371 p.
- Cantera, J., B. Thomassin y P. Arnaud. 1999. Faunal zonation and assemblages in the Pacific Colombian mangroves. *Hydrobiologia*, (413): 17-33.
- Castellanos-Galindo, G., J. Caicedo, L. Mejía-Ladino y E. Rubio. 2006. Peces marinos y estuarinos de Bahía Málaga, Valle del Cauca, Pacífico colombiano. *Biota Col.*, 7 (2): 263-282.
- Cervellini, P. 2001. Variabilidad en la abundancia y retención de larvas de crustáceos decápodos en el estuario de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Inv. Mar.*, 29 (2): 25-33.
- Day, J., C. Hall, W. Kemp y A. Yáñez-Arancibia. 1989. *Estuarine ecology*. Wiley Interscience, Nueva York. 576 p.
- Dittel, A. y C. Epifanio. 1982. Seasonal abundance and distribution of crab larvae in Delaware Bay. *Estuaries*, 5: 197-202.
- Epifanio, C. 1987. The role of tidal fronts in maintaining patches of Brachyuran Zoea in estuarine waters. *J. Crust. Biol.*, 7 (3): 513-517.
- Epifanio, C. 1988. Transport of invertebrate larvae between estuaries and the continental shelf. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 3: 104-114.
- Eslava, J. 1992. La precipitación en la región del Pacífico colombiano (Lloró, el sitio más lluvioso del mundo). *Zenit*, 3: 47-71.
- Fetzer, I. 2004. Reproduction strategies and distribution of larvae and juveniles of benthic soft-bottom invertebrates in Kara Sea (Russian Arctic). Tesis de Doctorado en Ciencias Naturales, Univ. Bremen, Bremen, Alemania. 242 p.
- Grantham, B., G. Eckert y A. Shanks. 2003. Dispersal potential of marine invertebrates in diverse habitats. *Ecol. Appl.*, 13 (1): 108-116.
- Hwey-Lian, H., F. Lan-feng, C. Chang-Po, W. Jiunn-Tzong y L. Wen-Cheng. 2010. Effects of semidiurnal tidal circulation on the distribution of holo and meroplankton in a subtropical estuary. *J. Plank. Res.*, (32): 1-13.
- Ideam. 2011. Datos hidro-meteorológicos y ambientales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>>. 23/03/2011.
- Invemar, Univalle e Inciva. 2006. Valoración de la biodiversidad marina y costera de Bahía Málaga (Valle del Cauca) como uno de los instrumentos necesarios para que sea considerada un área protegida "Biomálaga". Informe científico final, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Universidad del Valle e Instituto para la Investigación y Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca (Inciva), Cali. 813 p.
- Jessopp, M. y R. McAllen. 2008. Go with the flow: tidal import and export of larvae from semi-enclosed bays. *Hydrobiologia*, 606: 81-92.
- Johnson, W. y D. Allen. 2005. *Zooplankton of the Atlantic and gulf coasts: a guide to their identification and ecology*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, EE. UU. 267 p.

- Kennish, M. 1990. Ecology of estuaries: biological aspects. Vol II. CRC Press, Inc., Boca Ratón, EE. UU. 391 p.
- Koettker, A. y A. Freire. 2006. Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.*, 96 (1): 31-39.
- Lambert, R. y C. Epifanio. 1982. A comparison of dispersal strategies in two genera of brachyuran crabs in a secondary estuary. *Estuaries*, 5: 182-188.
- Lazarus, J. 2006. Composición taxonómica y estructura poblacional de porcelánidos (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) en Buenaventura y Bahía Málaga (Pacífico colombiano). Tesis de pregrado, Univ. Valle, Cali. 103 p.
- Malikov, I. y G. Camacho. 1998. Método de aproximación para determinar cambios entre anuales aplicado a parámetros de temperatura y salinidad del Pacífico colombiano. *Bol. Cient. CCCP*, 7: 30-41.
- Mujica, A. 2006. Larvas de crustáceos decápodos y crustáceos holoplanctónicos en torno a la isla de Pascua. *Cienc. Tecn. Mar*, 29 (1): 123-135.
- Mujica, A. y R. Villablanca. 2003. Larvas de crustáceos decápodos en los fiordos y canales magallánicos. *Cienc. Tecn. Mar*, 26 (1): 73-83.
- Pernet, B., P. Qian, G. Rouse, C. Young y K. Ecklbarger. 2002. Phylum Annelida: Polychaeta. 209-243. En: Young, C.M. (Ed.). Atlas of marine invertebrate larvae. Academic Press, San Diego, EE. UU. 456 p.
- Rocha, C. 2008. Cirripedia Balanomorphs del estuario del río Paripe (isla de Itamaracá, Pernambuco, Brasil). *Biota Neotr.*, 8 (3): 31-40.
- Rodríguez, J. 2003. Composition and dynamics in space and time of polychaete larvae in coastal waters of the North Sea. Tesis de Doctorado, Der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, De Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Alemania. 259 p.
- Scheltema, R. 1986. On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bull. Mar. Sci.*, 39: 290-322.
- Strathmann, R. 1982. Selection for retention or export of larvae in estuaries. 521-536. En: Kennedy, U. S. (Ed.). Estuarine comparisons. Academic Press, Nueva York. 704 p.
- Thiébaud, E., Y. Lagadeuc, F. Olivier, J. Dauvin y C. Retié. 1998. Do hydrodynamic factors affect the recruitment of marine invertebrates in a macrotidal area? The case study of *Pectinariakoreni* (Polychaeta) in the Bay of Seine (English Channel). *Hydrobiologia*, 375/376: 165-176.
- Yousuf, F. y K. Wasee. 2006. Diversity, distribution and abundance of zooplanktonic larvae in Pakistani waters. *Pak. J. Biol. Sci.*, 9 (4): 610-615.

FECHA DE RECEPCIÓN: 31/05/2011

FECHA DE ACEPTACIÓN: 10/09/2012

