

Medusas (Cnidaria: Hydrozoa) de una zona de afloramiento costero, Bahía Culebra, Pacífico, Costa Rica

Karina Rodríguez-Sáenz¹, José A. Vargas-Zamora² & Lourdes Segura-Puertas^{3†}

1. Hábitat Crítico: Consultores Ambientales. San José, Costa Rica; karinarodriguez@racs.co.cr
2. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica, 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica; javargasz@biologia.ucr.ac.cr
- 3.† Universidad Autónoma de México (UNAM). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *In memoriam*

Recibido 23-III-2012. Corregido 20-VI-2012. Aceptado 27-VI-2012.

Abstract: Medusae (Cnidaria: Hydrozoa) from a coastal upwelling zone, Culebra Bay, Pacific, Costa Rica.

The hydromedusae have an important role in marine trophic webs due to their predatory feeding habits. This is the first study of this group of gelatinous marine zooplankton in a coastal upwelling area of Central America. The composition and abundance variability of hydromedusae were studied during six months in 1999 at four stations in Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific coast of Costa Rica (10°37' N-85°40' W). A total of 53 species were identified, of which 26 are new records for Costa Rica, 21 are new records for Central America, and eight are new records for the Eastern Tropical Pacific. The more abundant species (more than 30% of the total abundance) were *Liriope tetraphylla*, *Solmundella bitentaculata* and *Aglaura hemistoma*. Six species occurred throughout the sampling period, 10 were present only during the dry season (December-April), and 17 were so during the rainy season (May-November). Significant differences of medusan abundances were found between seasons (dry vs. rainy). Maximum abundance (2.1±4.3 ind./m³) was recorded when upwelled deeper water influenced the Bay, as indicated by local higher oxygen concentrations and lower water temperatures. The relatively high species richness of medusae found in Culebra Bay is probably related to factors like the pristine condition of the Bay, the arrival of oceanic species transported by the Equatorial Counter Current (ECC), the eastward shoaling of the Costa Rica Dome, and local currents. Illustrations of the 15 more important species are included to facilitate their identification and foster future work in the region. *Rev. Biol. Trop.* 60 (4): 1731-1748. Epub 2012 December 01.

Key words: Cnidaria, Hydrozoa, *Liriope*, *Solmundella*, *Aglaura*, gelatinous marine zooplankton, upwelling, Pacific, Culebra Bay, Costa Rica.

La Superclase Hydrozoa del Filo Cnidaria es uno de los grupos de celenterados mejor conocidos taxonómicamente en el mundo (Bouillon & Boero 2000). La Clase Hydroido-medusae es la más diversa, con fase medusoide y polipoide. Este grupo de depredadores pelágicos es importante en zonas de pesquerías al alimentarse de larvas y huevos de peces, pero además por consumir otra gran variedad de organismos del zooplancton e influenciar las redes tróficas en los ecosistemas que incluyen especies de interés pesquero (CIESM 2001).

En Costa Rica, el estudio de los celenterados planctónicos es reciente. Sin embargo,

algunas expediciones científicas como la ZACA (1936-1938), la Shellback en 1952 y la BONACCA en 1963 anotaron la presencia de diferentes especies de hidromedusas (Rodríguez-Sáenz & Segura-Puertas 2009). Esfuerzos posteriores integran las listas de especies y anotan comentarios acerca de su distribución y abundancia en el Pacífico Tropical Oriental (Alvariño 1972, Alvariño 1976, Segura-Puertas 1984). Cortés (1996-1997) presenta una lista de 21 hidromedusas para las aguas costarricenses. Los estudios más recientes hacen recuentos de especies en el Domo de Costa Rica (Segura-Puertas 1991) y el Golfo Dulce

(Morales-Ramírez & Nowasczyk 2006). Este último, además de aportar información sobre otros grupos gelatinosos, también incluye una estimación teórica de la biomasa de zooplancton gelatinoso. Rodríguez-Sáenz & Segura-Puertas (2009) aportan una síntesis de la biodiversidad de especies de Medusozoa documentada en la literatura para Costa Rica. Rodríguez-Sáenz & Gasca (2009) hacen una síntesis similar para el grupo de los sifonóforos (Siphonophora). Sin embargo, en Costa Rica no existían estudios ecológicos sobre hidromedusas cuyo énfasis principal haya sido el análisis de su abundancia durante un año y su diversidad en una zona de afloramiento costero.

Este trabajo tuvo como objetivo describir y analizar las variaciones espaciales y temporales de la abundancia de hidromedusas de las clases Automedusa (excepto la subclase Actinulidae) e Hydroidomedusa en una bahía semi-cerrada

influenciada por el afloramiento costero anual de aguas frías.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio: El Golfo de Papagayo en el Pacífico Norte de Costa Rica (Fig. 1) recibe la influencia de los afloramientos estacionales que ocurren durante la estación seca (diciembre-abril) (Bianchi 1991, Fiedler *et al.* 1991, Alfaro *et al.* 2012). La estación lluviosa comienza en mayo, con un breve periodo seco en junio para luego continuar el periodo de lluvias desde julio a noviembre (Jiménez 2001). Uno de los ecosistemas del Golfo es Bahía Culebra ($10^{\circ}37'N$ - $85^{\circ}40'W$), de aproximadamente 20km^2 , con una profundidad promedio de 35m, con fondos arenosos, playas arenosas y arrecifes coralinos (Jiménez 2001). Desde 1922 existen estudios biológicos en la Bahía (Cortés 2012). En la zona

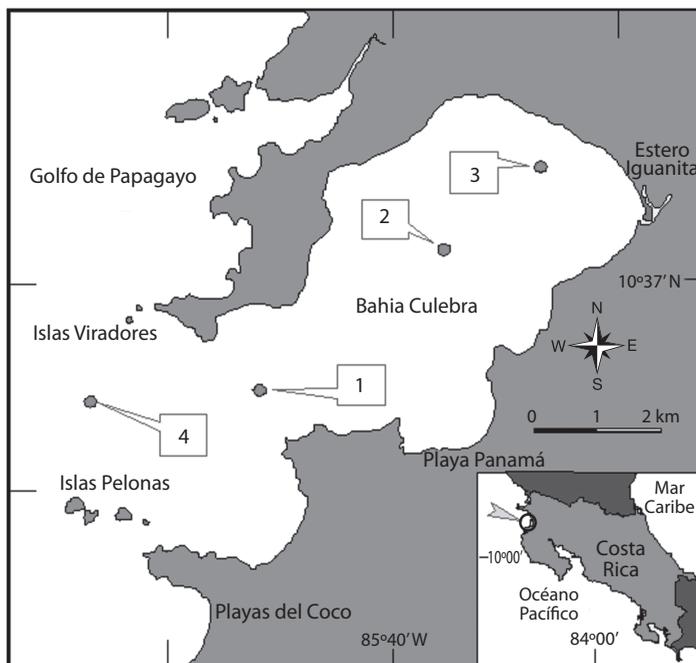


Fig. 1. Sitio de estudio y estaciones de muestreo (numeradas de 1 a 4) en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Pacífico Norte de Costa Rica. Modificado de Müller-Parker & Cortés (2001).

Fig. 1. Study site and sampling stations (numbered 1 to 4). Modified from Müller-Parker & Cortés (2001).

costera de la bahía existen pequeños esteros como el de Iguanita (Fig. 1) con vegetación de manglar (Samper-Villarreal *et al.* 2012). Los alrededores de la Bahía han sido objeto en las últimas décadas de un acelerado proceso de desarrollo de infraestructura turística (Jiménez *et al.* 2010). El clima del Golfo de Papagayo está influenciado por los desplazamientos de la Zona de Convergencia Intertropical. Entre los meses de diciembre a marzo se desarrolla el fenómeno de afloramiento costero, producido de la intensificación de los vientos Alisios del Norte e influenciado por sistemas de alta presión (Alfaro *et al.* 2012).

Recolecta de muestras: En Bahía Culebra se ubicaron cuatro sitios (estaciones) de muestreo (Fig. 1): el sitio 4 representa la parte más expuesta (profundidad máxima 40m); el sitio 1, en la boca de la bahía (profundidad de 30m); el sitio 2, en la parte central o media (profundidad de 20m) y el sitio 3 (profundidad de 12m) en la zona más interna y cercana al estero Iguanita. Previo a los muestreos de zooplancton, se tomaron muestras de agua cada 5m de profundidad en las estaciones 1, 2, y 4; y cada 3m en la estación 3, con una botella oceanográfica tipo Niskin de 2L. Para cada muestra se determinó el oxígeno disuelto (mg/L, sensor polarográfico YSI) y la temperatura del agua (°C) con un termómetro de mercurio. La salinidad (UPS) se midió con un refractómetro óptico Sper Scientific. Se determinó la profundidad a la que se dejó de observar el disco de Secchi (Holmes 1970), como un indicador de la transparencia del agua.

Se recolectaron hidromedusas durante seis meses: tres en la estación seca (febrero-marzo, abril, principios de mayo) y tres en la estación lluviosa (setiembre, octubre, noviembre) de 1999. Cada 15 días, en los cuatro sitios mencionados, se recolectaron muestras con una red de neuston de boca rectangular, con malla de 500 micras y provista de un mecanismo de cierre accionado desde la superficie (Steedman 1976). La red fue lanzada desde una embarcación con adaptación de brazo móvil para facilitar el manejo de la red. Cuando no había estratificación térmica evidente el tipo de arrastre de

la red fue vertical (fondo-superficie) en cada sitio de muestreo. Cuando había estratificación térmica se tomaron muestras, una en el estrato superficial y otra en el estrato profundo bajo la termoclina. En la mayoría de los casos, se realizaron tres réplicas por sitio para un total de 126 muestras. El volumen de agua filtrado fue calculado multiplicando el área de la boca de la red por la distancia recorrida para cada arrastre (profundidad de cada sitio de muestreo). Las muestras fueron fijadas en formalina al 4%, amortiguada con tetraborato de sodio (Steedman 1976) y trasladadas al laboratorio. Cada muestra fue lavada con agua destilada sobre una malla de 500 micras y preservada en formalina al 5%. De cada muestra se separaron las hidromedusas a mano con una pinza, bajo el estereoscopio.

Para la identificación de las especies se utilizaron los trabajos de Mayer (1910), Bigelow (1940), Russell (1953), Kramp (1968), Segura-Puertas (1984), Pagés *et al.* (1992) y Bouillon (1999). Se hizo una colección de las medusas identificadas, la cual fue depositada en el Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica (MZ-UCR). La validez de los nombres científicos fue verificada en el 2012 en el World Register of Marine Species (www.WORMS), pero se siguió la filogenia sugerida por Bouillon & Boero (2000).

La abundancia de medusas se presenta en número de individuos por metro cúbico (ind./m³), estimados a partir del volumen filtrado. Se realizaron ilustraciones de las principales especies de hidromedusas encontradas durante los muestreos. Para ello se tomaron especímenes preservados y se dibujaron mediante observación a través de una cámara lúcida acoplada a un microscopio de disección (30X). Para los análisis de abundancia se utilizaron estadísticas descriptivas (promedio, desviación estándar). Los datos de abundancia fueron transformados a $\log_{10}(x+1)$ previo al uso de ANOVA (Clarke & Warwick 1994). Se calculó el índice H' de Shannon-Wiener ($\log_{10} n$) (Shannon & Weaver 1949).

RESULTADOS

Parámetros ambientales: Los parámetros físicos y químicos mostraron una alta

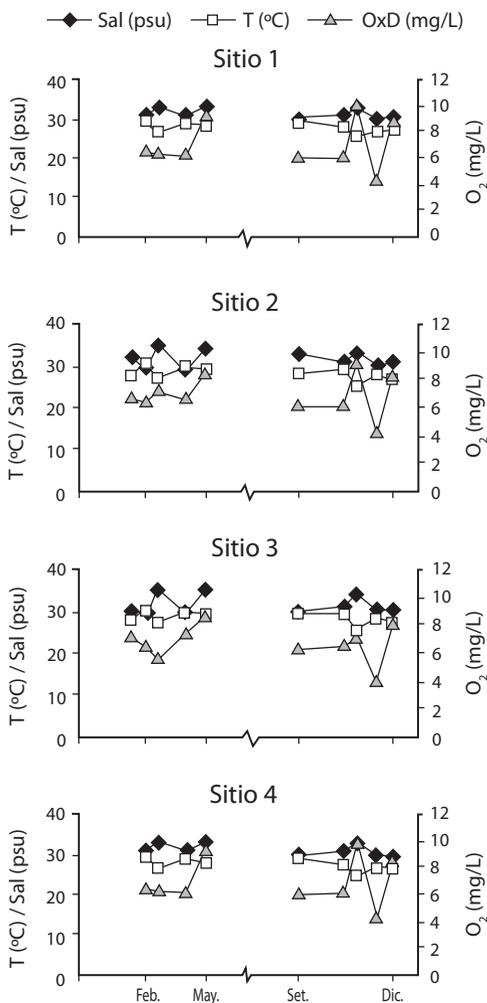


Fig. 2. Variación de los parámetros físico-químicos en los cuatro sitios de muestreo, Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica, Febrero-Diciembre, 1999. Oxígeno disuelto en agua (O_2), Temperatura (T), Salinidad (Sal).

Fig. 2. Surface variations of physical and chemical parameters in four sampling sites, Bahía Culebra, Northern Pacific, Costa Rica, February-December, 1999. Dissolved oxygen in water (O_2), Temperature (T), Salinity (Sal).

variabilidad con respecto a las fechas de muestreo (Fig. 2). El promedio anual de la concentración de oxígeno disuelto en agua fue $6.5 \pm 1.6 \text{ mg/L}$, siendo el mayor valor registrado 10.6 mg/L en el sitio 1 (6 de noviembre de 1999) y el menor valor 4.1 mg/L en el sitio 3 (27

de noviembre). La salinidad tuvo un promedio anual de $30 \pm 2.3 \text{ PSU}$, con un valor máximo de salinidad de 35 PSU en los sitios 2 y 3 de la fecha 10 de abril, y en el sitio 3 el 29 de mayo, y un valor mínimo de 28.0 PSU en el sitio 1 durante el muestreo del 29 de abril. La temperatura tuvo un promedio anual de $27.8 \pm 1.6^\circ\text{C}$, con un valor máximo de 30.5°C en el sitio 1, 2 y 3 para el 27 de marzo y un valor mínimo de 25°C en todos los sitios de muestreo el 6 de noviembre. El promedio de la profundidad de desaparición del disco de Secchi fue de $6.5 \pm 2.1 \text{ m}$, con un valor máximo de 11.3 m en el sitio 4 durante el muestreo del 4 de setiembre, y un valor mínimo de 1.5 m en los sitios 2 y 3 durante el muestreo del 27 de noviembre.

Composición, abundancia y distribución vertical:

Se identificó un total de 53 especies de hidromedusas pertenecientes a 26 familias y 5 subclases. Seis especies se recolectaron en todas las fechas (*Liriope tetraphylla*, *Solmundella bitentaculata*, *Trichydra pudica*, *Rhopalonema velatum*, *Phialopsis diegensis*, *Clytia simplex*). Diez especies se recolectaron durante la época seca, y 17 especies únicamente durante la estación lluviosa (Cuadro 1, Figs. 3-7). Las especies dominantes en abundancia fueron *L. tetraphylla*, con un promedio de $4.1 \pm 5.3 \text{ ind./m}^3$ (19.8%), seguida por *Aglaura hemistoma* ($2.7 \pm 3.4 \text{ ind./m}^3$, 13.2%) y *S. bitentaculata* ($1.5 \pm 2.8 \text{ ind./m}^3$, 7.5%), presentes en todas las fechas de muestreo. Estas tres especies contribuyen con cerca del 40% de la abundancia total de hidromedusas en Bahía Culebra. La curva de número de especies acumulado vs fecha de muestreo no alcanzó una asíntota durante el periodo de toma de muestras, pues el 14 de diciembre de 1999, aparecieron especies no registradas en las fechas anteriores.

El índice de Shannon-Wiener (H') mostró valores máximos cercanos a 2.5 durante la época de lluvias y hacia la transición a la época sin lluvias (Fig. 8). Las abundancias relativas de hidromedusas fueron significativamente menores durante la época sin lluvias ($0.8 \pm 2.1 \text{ ind./m}^3$) que las encontradas durante la época de lluvias ($1.2 \pm 2.8 \text{ ind./m}^3$) ($F=5.773$,

CUADRO 1

Presencia mensual de especies de hidromedusas, Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, 1999. La columna de la fase "Hidroide" incluye el dato si: Nt= no tiene fase conocida, si= se conoce para la especie, algunos= sólo se conoce para algunas especies, desconocido= no se tiene información. Taxonomía basada en Appeltans *et al.* 2012

TABLE 1
Monthly presence of hydromedusae, Culebra Bay, Papagayo Gulf, 1999. The column "Hydroid" is included if: Nt= Unknown phase, Si= Known phase, desconocido= lacks information; algunos= only known for some species. Taxonomy based on Appeltans *et al.* 2012

Familia	Especies	Meses 1999												
		Mar	Mar	Abr	Abr	May	May	Set	Oct	Nov	Nov	Dic		
Aegimidae	<i>Solmundella bitentaculata</i> (Quoy & Gaimard, 1833) Fig. 3a.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cuninidae	<i>Cunina octonaria</i> McCrady, 1857 Fig. 3b.			x	x									x
Cuninidae	<i>Cunina peregrina</i> Bigelow, 1909					x								
Solmarisidae	<i>Solmaris rhodoloma</i> (Brandt, 1838)													
Geryoniidae	<i>Liriope tetraphylla</i> (Chamisso & Eysenhardt, 1821) Fig. 3c.			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rhopalonematidae	<i>Aglantha digitale</i> (Müller, 1776)													
Rhopalonematidae	<i>Aglaura hemistoma</i> Péron & Le Sueur, 1810 Fig. 3d.			x	x	x								
Rhopalonematidae	<i>Amphogona apsteinii</i> (Vanhöffen, 1902)			x	x	x								
Rhopalonematidae	<i>Rhopalonema velatum</i> Gegenbaur, 1857 Fig. 4a			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bougainvillidae	<i>Bougainvillia fulva</i> Agassiz & Mayer, 1899													
Bougainvillidae	<i>Bougainvillia muscus</i> (Allman, 1863)													
Bougainvillidae	<i>Koelikerina multicirrata</i> (Kramp, 1928) Fig. 4b													
Bougainvillidae	<i>Koelikerina fasciculata</i> (Péron & Lesueur, 1810)													
Hydractiniidae	<i>Hydractinia simplex</i>													
Trichyridae	<i>Trichydra pudica</i> Wright, 1858													
Bythothariidae	<i>Kanaka pelagica</i> Uchida, 1947													
Pandeidae	<i>Amphinema dinema</i> (Péron & Lesueur, 1810)													
Pandeidae	<i>Amphinema australis</i> (Mayer, 1900)													
Pandeidae	<i>Halitholus intermedius</i> (Browne, 1902)													
Pandeidae	<i>Halitholus pauper</i> Hartlaub, 1913													
Pandeidae	<i>Leuckartaria zaca</i> Bigelow, 1940													
Pandeidae	<i>Pandeopsis ikarii</i> (Uchida, 1927) Fig. 4c													
Pandeidae	<i>Pandea</i> sp. Lesson, 1843													
Protariidae	<i>Halitiera formosa</i> Fewkes, 1882													
Corynidae	<i>Stauridosarsia ophiogaster</i> (Haeckel, 1879)													
Corynidae	<i>Slabberia halterata</i> Forbes, 1846 Fig. 5a													
Corynidae	<i>Sphaerocoryne cocomatra</i> (Bigelow, 1909) Fig. 5b													

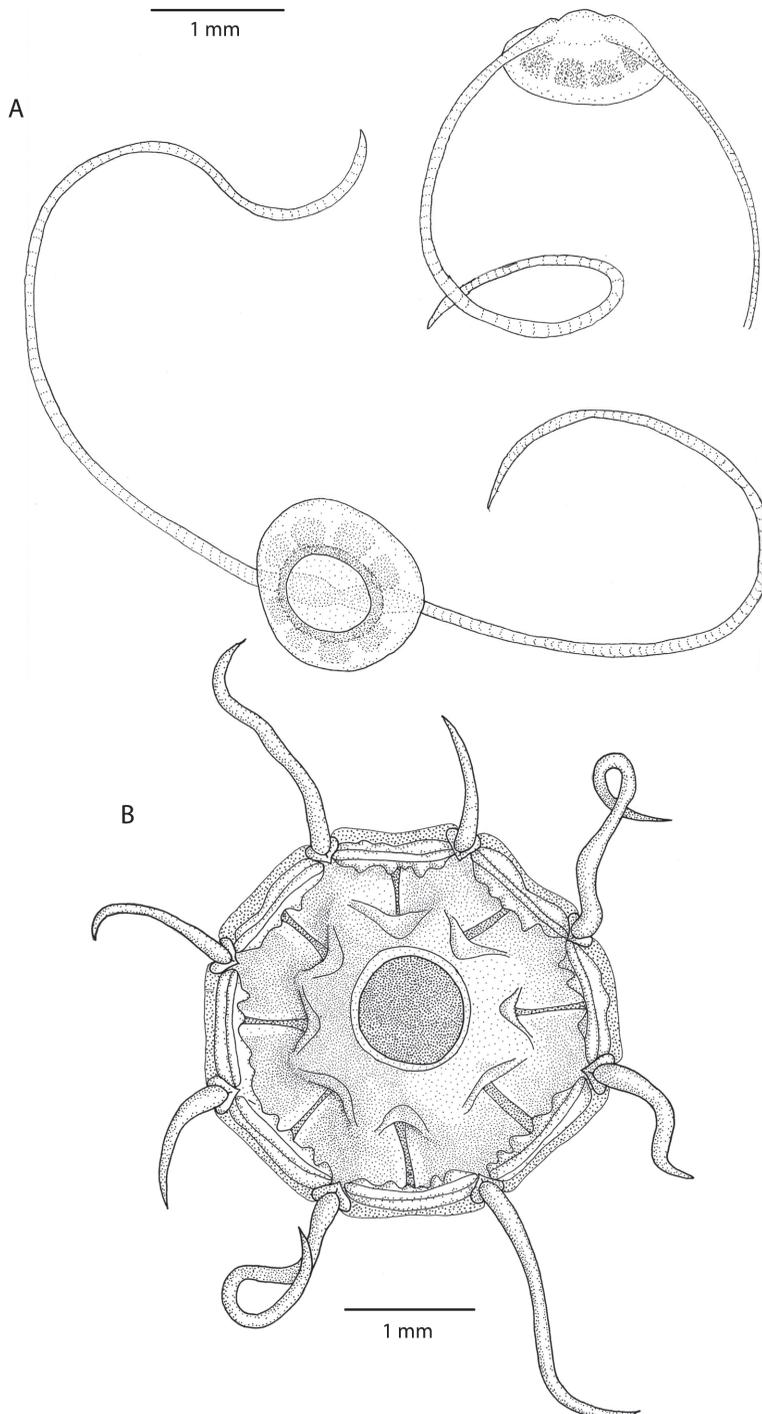


Fig. 3: **A.** *Solmundella bitentaculata* (MZ-UCR 2215). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **B.** *Cunina octonaria* (MZ-UCR 2190). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica.



Fig. 3: **C.** *Liriope tetraphylla*. (MZ-UCR 2216). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **D.** *Aglaura hemistoma*. (MZ-UCR 2188). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica.

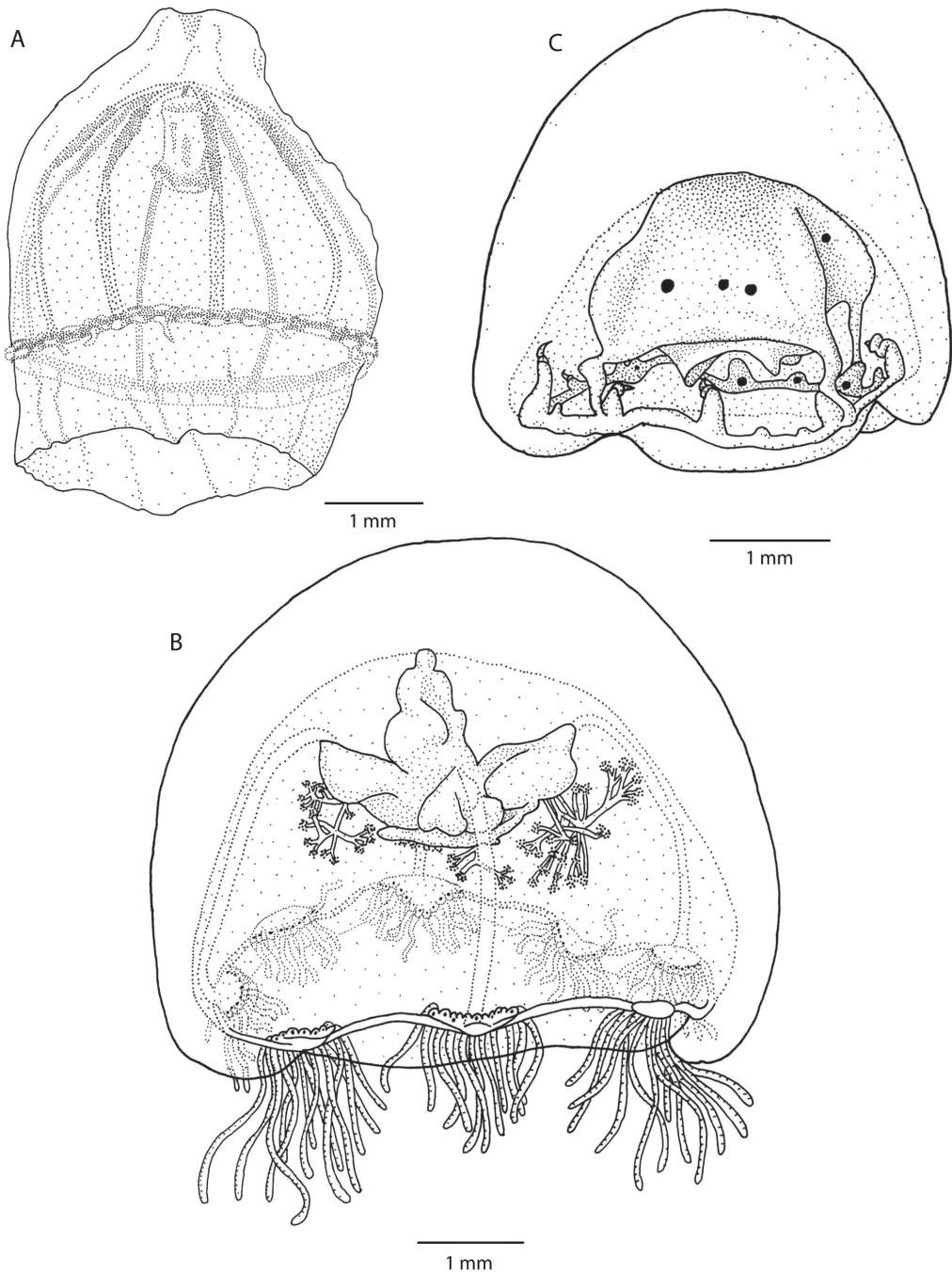


Fig. 4: **A.** *Rhopalonema velatum*. (MZ-UCR 2185). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **B.** *Koellikerina multicirrata*. (MZ-UCR 2203). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **C.** *Pandeopsis ikarii*. (MZ-UCR 2202). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica.

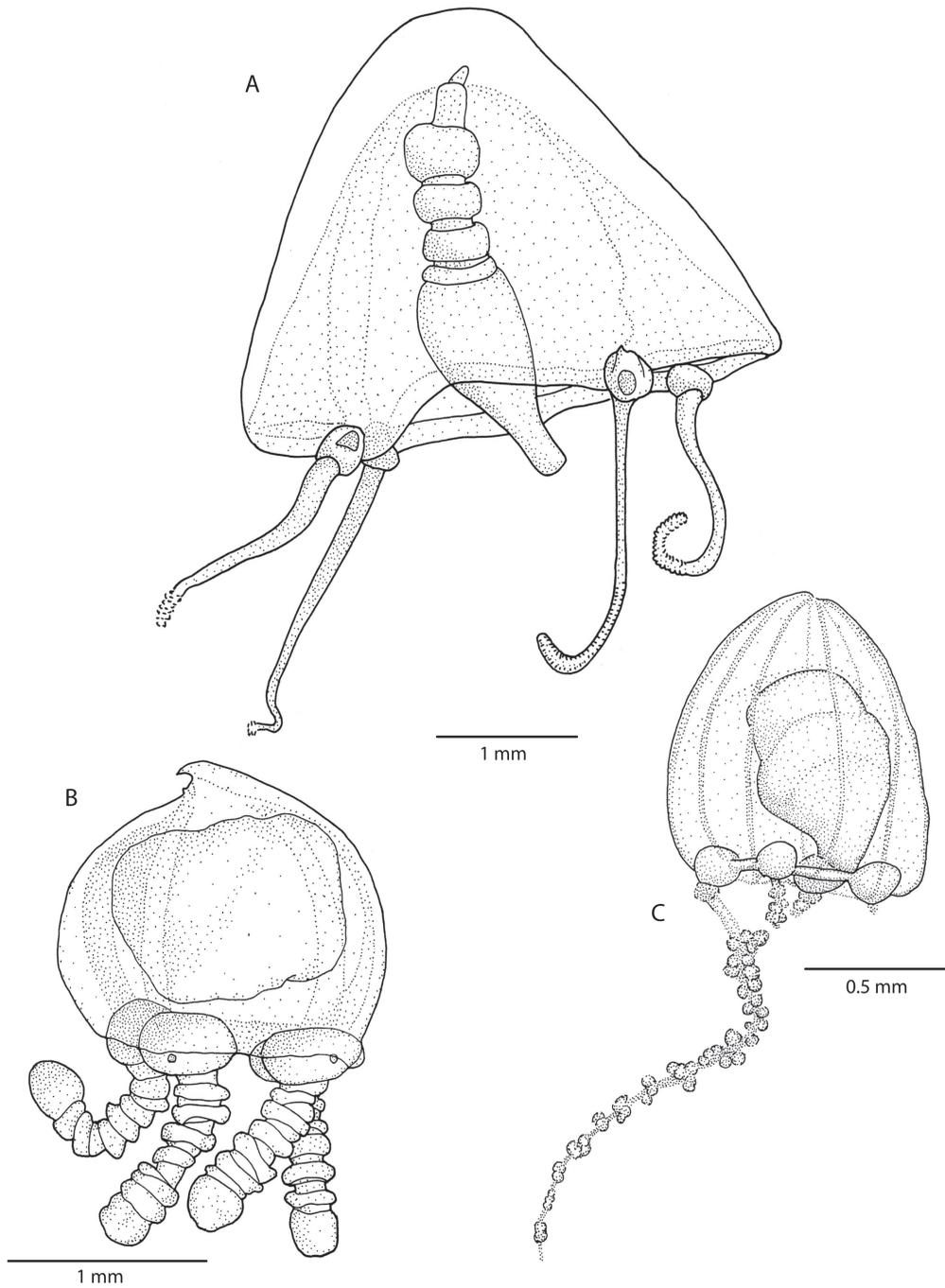


Fig. 5: **A.** *Slabberia halterata*. (MZ-UCR 2221). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **B.** *Sphaerocoryne coccometra* (MZ-UCR 2212). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **C.** *Ectopleura dumortieri*. (MZ-UCR 2209). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica.

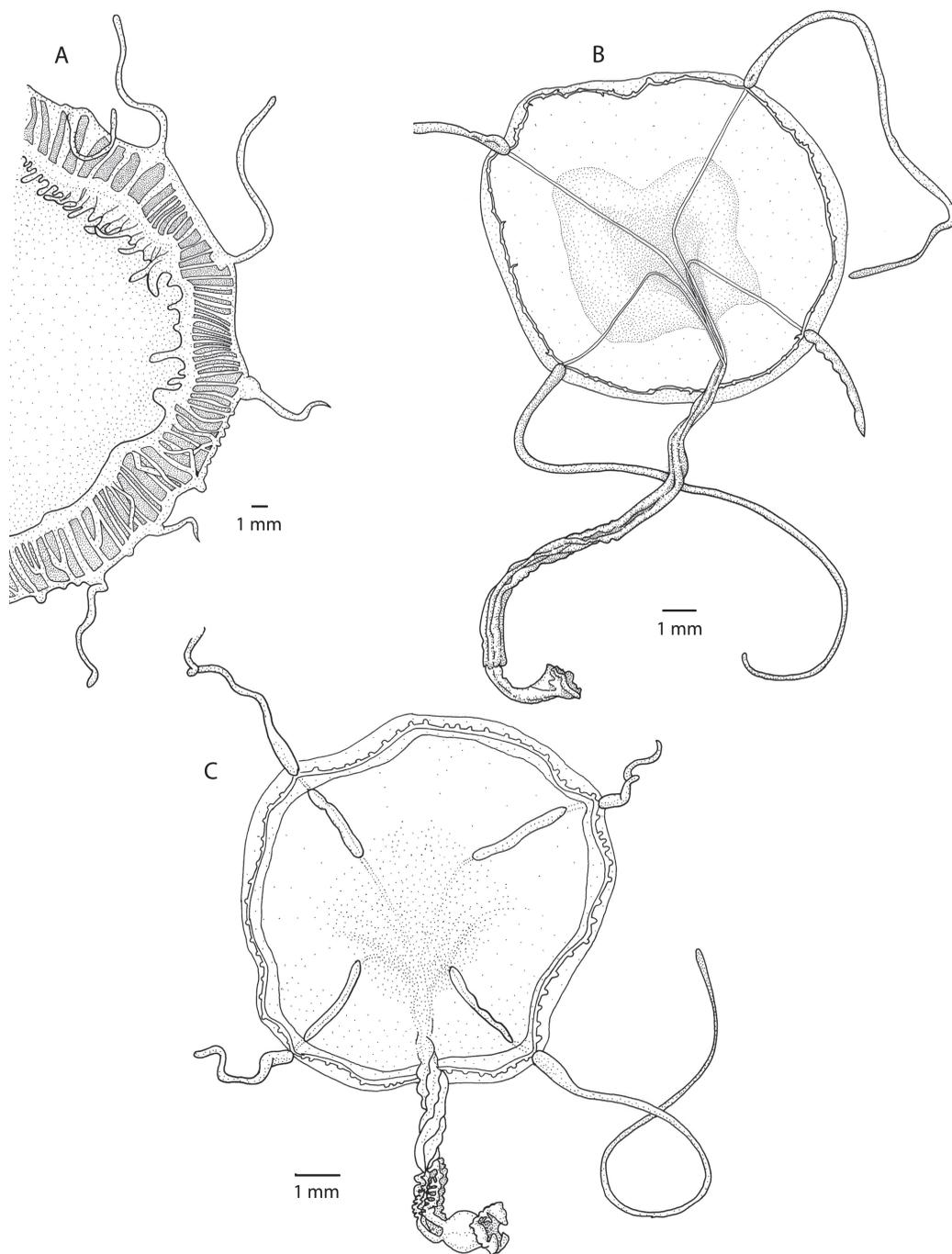


Fig. 6: **A.** *Aequorea coerulescens*. (MZ-UCR 2222). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **B.** *Eutima curva*. (MZ-UCR 2204). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **C.** *Eutima orientalis*. (MZ-UCR 2199). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica.

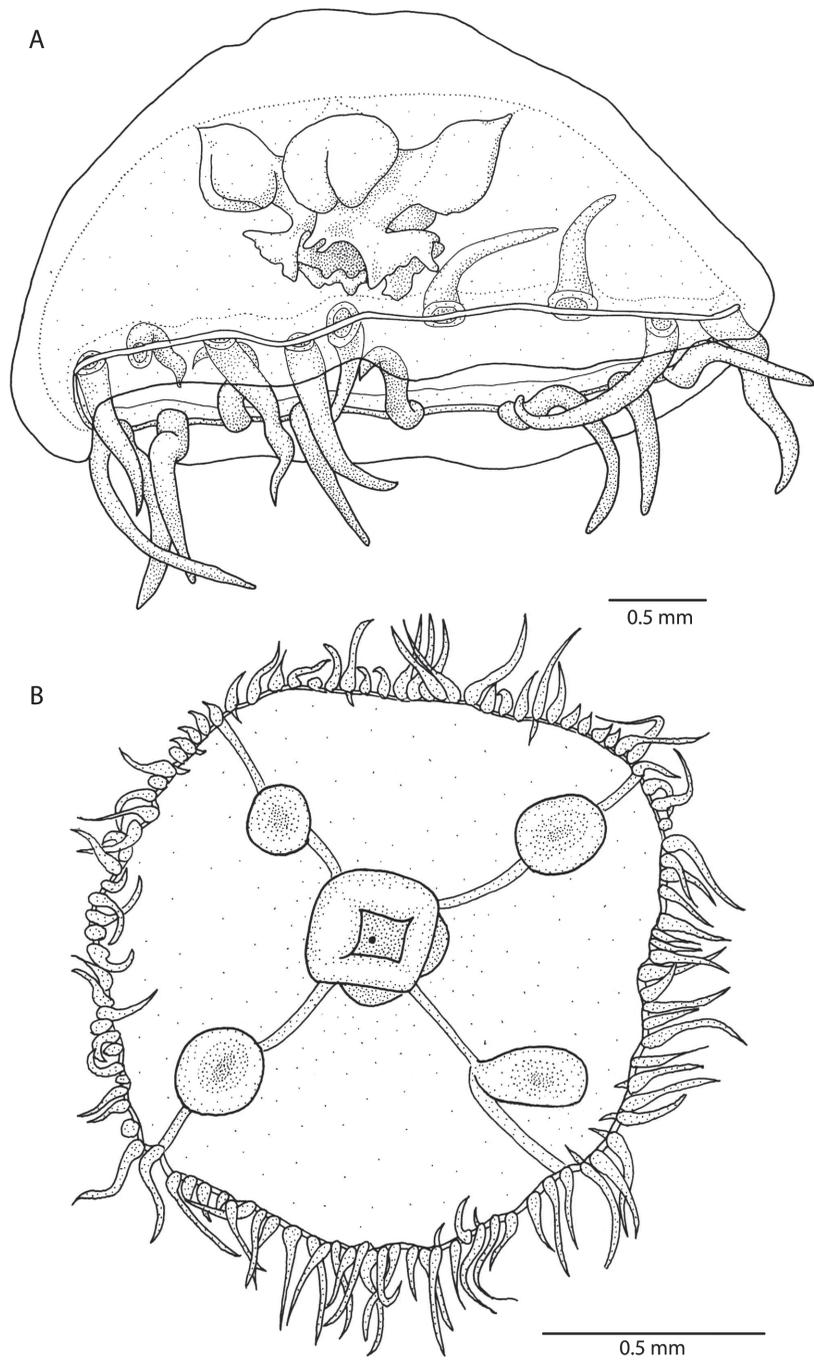


Fig. 7: A. *Clytia brunescens*. (MZ-UCR 2218). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. **B.** *Obelia* sp. (MZ-UCR 2213). Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica.

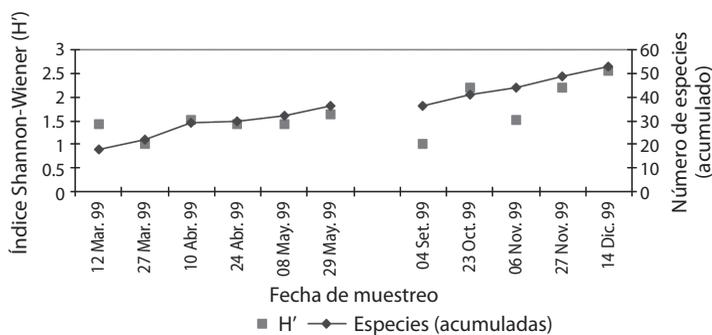


Fig. 8. Índice de Shannon-Wiener (H') y número de especies de hidromedusas (acumuladas) durante los muestreos, Bahía Culebra, Pacífico, Costa Rica, 1999.

Fig. 8. Shannon-Wiener (H') index and accumulated species richness for field samples, Culebra Bay, Pacific, Costa Rica, 1999.

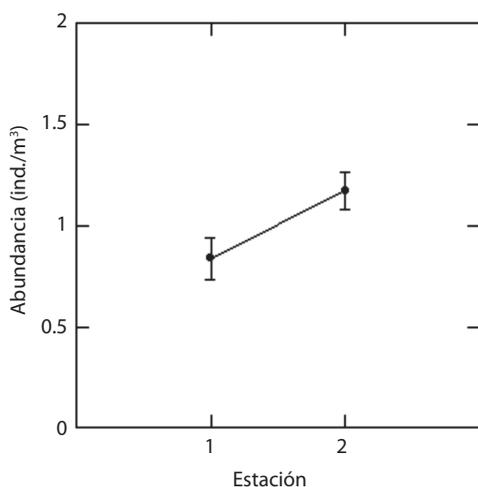


Fig. 9. Promedio y desviación estándar de la abundancia de hidromedusas (ind./m³) durante las estaciones seca (1) y lluviosa (2), y desviación estándar, Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Pacífico, Costa Rica, 1999.

Fig. 9. Mean abundances (ind./m³) and standard deviation of hydromedusae during the dry (1) and the rainy (2) seasons, Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific, Costa Rica, 1999.

$p=0.016$) (Fig. 9). La abundancia máxima de hidromedusas fue 2.1 ± 4.3 ind./m³, el 6 de noviembre de 1999. La abundancia mínima fue 0.3 ± 0.6 ind./m³ el 29 de mayo (Fig. 10). La abundancia relativa de hidromedusas entre los sitios de muestreo fue significativamente diferente ($F=5.560$, $p=0.001$). El sitio 3 es

donde se concentró la mayor abundancia relativa ($\bar{x}=1.5 \pm 2.4$ ind./m³), seguido del sitio 4 ($\bar{x}=1.1 \pm 2.5$ ind./m³), el sitio 2 ($\bar{x}=0.94 \pm 2.1$ ind./m³) y el sitio 1 ($\bar{x}=0.8 \pm 2.8$ ind./m³) (Fig. 11). Los datos obtenidos de los muestreos verticales indican que la distribución de las medusas en la columna de agua es homogénea, es decir, no están distribuidas diferencialmente según la termoclina. Sin embargo, es importante mencionar que los datos mostraron una dispersión alta a lo largo de las fechas de estudio. El estrato bajo la termoclina tuvo un promedio de $\bar{x}=0.7 \pm 3.0$ ind./m³, mientras que el estrato sobre la termoclina un promedio de $\bar{x}=0.71 \pm 2.7$ ind./m³ ($F=0.11$, $p=0.742$). Cuando se incorporó en el análisis un tercer estrato (denominado sin estratificación - no se detectó una termoclina), se obtuvo un promedio de 1.2 ± 2.9 ind./m³ y las diferencias sí fueron significativas ($F=11.144$, $p=0.001$). Solamente el sitio 3 permaneció sin estratificación durante el estudio, mientras que el sitio 2 no presentó estratificación en dos fechas de muestreo.

DISCUSIÓN

El número de especies de hidromedusas recolectadas en Bahía Culebra durante seis meses de 1999 y en un ámbito de profundidad de 0 a 40m fue de 53. No obstante, la curva de especies acumuladas no llegó a la asintota.

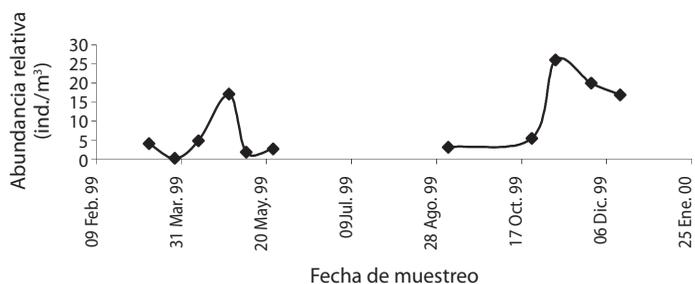


Fig. 10. Abundancia de hidromedusas (4 sitios sumados, 500 micras de poro de red) en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, 1999.

Fig. 10. Hydromedusan mean abundances (4 sites pooled, 500 microns mesh net), Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific, Costa Rica, 1999.

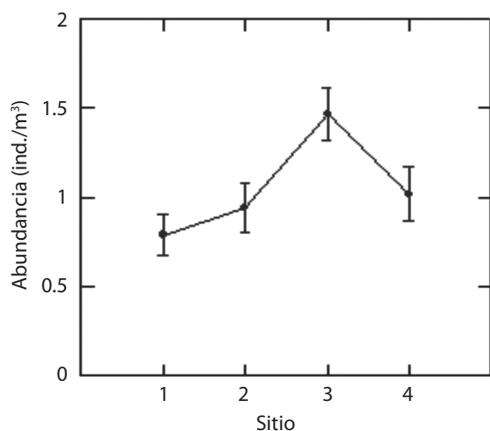


Fig. 11. Abundancia promedio de hidromedusas (ind./m³) y desviación estándar en los cuatro sitios de muestreo, Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Pacífico, Costa Rica, 1999.

Fig. 11. Mean abundance of Hydromedusae (ind./m³) and standard deviation for the four sampling sites. Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific, Costa Rica, 1999.

Dentro de este total se realizaron 26 nuevos registros (49%) para las aguas costarricenses; de ellas, 21 especies (37%) son además nuevos registros para la región centroamericana y 8 especies (15%) son nuevos registros para el Pacífico Tropical Oriental (Rodríguez-Sáenz & Segura-Puertas 2009).

En otros sistemas que tienen influencia de afloramientos costeros, como es el caso de la corriente de Benguela (Atlántico sur-este), se han realizado estudios en un estrato de 0 a 200m de profundidad y en lapsos mayores (1977 a 1986). No obstante en esa mayor cobertura espacio-temporal, solo fueron identificadas 55 especies de hidromedusas, de las cuales 3 son nuevas especies para la ciencia (Pagés *et al.* 1991). Para el Pacífico colombiano, el total de especies de hidromedusas informado es de 40 (Baldrich & López 2010). Un recuento de los estudios realizados en aguas costeras y oceánicas del Pacífico mexicano desde 1897, contabilizó un total de 86 especies, que representan el 50.8% de la biodiversidad de este grupo en todas las aguas mexicanas (Segura-Puertas *et al.* 2003). Lo anterior evidencia que en Bahía Culebra se encuentra una buena representación de la biodiversidad del grupo a nivel regional y a nivel del Pacífico Tropical Oriental no obstante la corta extensión en tiempo y espacio de este estudio.

Las especies dominantes a lo largo del periodo de muestreo en Bahía Culebra fueron: *L. tetraphylla*, *Solmundella bitentaculata* y *Aglaura hemistoma*. Estas son hidromedusas con hábitos de vida oceánicos que llegan a las costas por los movimientos de las masas de agua y además son especies que se han

encontrado como las más abundantes en ecosistemas marinos de la plataforma continental en el Pacífico mexicano (Segura-Puertas *et al.* 2010).

En términos de diversidad, se puede decir que, las clases Hydroidomedusae y Automedusae se encuentran bien representadas en Bahía Culebra. De la misma forma, todas las subclases están representadas en la Bahía. No se incluyó en el muestreo a los sifonóforos, pero estos están presentes en la Bahía (Rodríguez-Sáenz & Segura-Puertas 2009). Aun cuando se esperaba la presencia de otras especies de hidromedusas que habían sido recolectadas en regiones costeras de México, es coincidente la combinación de especies de hidromedusas holopelágicas, como *Liriope tetraphylla* y *Solmundella bitentaculata*, y de formas meropláncticas como *Clytia* spp., *Trichydra pudica*, y *Stauridiosarsia ophiogaster*.

Relaciones tróficas: De las especies de hidromedusas que dominaron la abundancia en Bahía Culebra se conoce que *L. tetraphylla* depreda sobre larvas de peces y peces pequeños, *Aglantha digitale* consume copépodos, gastrópodos, huevos de invertebrados y dinoflagelados y *Amphinema dinema* se alimenta de copépodos y quetognatos, mientras que otras formas menos abundantes como *Zanclaea costata*, consumen copépodos, estadios naupliares y otros. *Clytia hemisphaerica* consume larvas de peces cupléidos, larvas zoeas e inclusive otras hidromedusas (Alvaríño 1985). Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez (2012) encontraron que las abundancias de zooplancton en Bahía Culebra son dominadas por copépodos, de manera que este y otros grupos son presas potenciales de las hidromedusas. Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez (2012) resaltaron la importancia del mesozooplancton, en las partes más internas de la bahía por el aporte de meroplancton representado por larvas y huevos de diversos invertebrados. La mayor abundancia de hidromedusas en el sitio más interno de la bahía con respecto a los otros sitios, podría atribuirse a la mayor disponibilidad de presas potenciales. La diferencia encontrada con

relación a la estacionalidad climática, donde la época lluviosa presenta mayores abundancias relativas que la época seca, podría estar relacionado con una combinación de factores que provocaron dicha condición. Por ejemplo, el aporte de nutrimentos por escorrentía y el efecto del afloramiento costero en noviembre. Este mismo patrón ha sido observado por Segura-Puertas *et al.* (2010) para el Pacífico mexicano. Otros eventos biológicos podrían ocurrir, tales como liberación de huevos de invertebrados a la columna de agua durante las épocas donde se presentan las lluvias en esta zona y que las hidromedusas estén presentes para aprovechar la disponibilidad del recurso alimentario. Este recurso ha sido observado por Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez (2012) en las curvas de abundancia de algunos organismos que a la vez son presas potenciales de medusas. Esta abundancia probablemente sostiene una parte muy importante de la biomasa en las partes internas de la bahía (Rodríguez-Sáenz & Morales-Ramírez 2012).

La observación de hidromedusas distribuidas uniformemente en la columna de agua es consistente con el carácter somero de bahía Culebra y la mezcla causada por los vientos (Segura-Puertas *et al.* 2010). Esto también es válido para el sitio 3, el más somero y donde se presentaron las mayores abundancias relativas de hidromedusas.

Parámetros ambientales: Las condiciones oceanográficas para Bahía Culebra en 1999 fueron atípicas, pues en ese año se presentaron las mayores concentraciones de oxígeno y las menores salinidades en el agua, en comparación con las observadas en el año 2000 (Rodríguez-Sáenz 2012). El promedio en la temperatura superficial del mar en Bahía Culebra ha sido estimado en 27.9°C por Alfaro *et al.* (2012). Registros continuos de temperatura a 12m de profundidad entre 1998 y 2010 indican varios periodos de enfriamiento de las aguas, incluyendo uno en 1999. Entre el 2001 y el 2009 fueron identificados otros cinco periodos en que las temperaturas del mar disminuyeron entre 8 y 9°C (Alfaro *et al.* 2012). La

coincidencia temporal de los máximos de abundancia de hidromedusas con la máxima concentración de oxígeno disuelto y las temperaturas mínimas (6 de noviembre, 1999) es interesante en el contexto de la dinámica de procesos costeros y oceánicos. Por ejemplo, la riqueza de especies de hidromedusas podría estar influenciada por el afloramiento costero del Golfo de Papagayo y también la cercanía del Domo Térmico de Costa Rica a la costa del Pacífico Norte de Costa Rica, así como la influencia de la Contracorriente Ecuatorial Norte (NCCE) haciendo que las especies oceánicas sean más abundantes (Fiedler 2002, Kessler 2006, Lizano 2008). *Liriope tetraphylla*, y *Solmundella bitentaculata* dos de las especies más comunes durante el presente estudio, han sido encontradas como las más abundantes en otras zonas de afloramientos costeros tales como los de Chile y México. (Pavez *et al.* 2010, Segura-Puertas *et al.* 2010). Estas condiciones oceanográficas podrían favorecer el movimiento de especies típicas de otras latitudes hacia la región del golfo de Papagayo. Por ejemplo, *Trichydra pudica*, es una hidromedusa de distribución esporádica, y más bien de aguas templadas, que ha sido observada en el Mar del Norte, Vancouver, Pacífico Norteamericano y noroeste de Europa (Bouillon y Boero 2000). La escasa presencia de esta especie en el Pacífico Tropical Oriental (lejos de las costas mexicanas, Nicaragua e Islas Galápagos), ha sido relacionada con la incursión de aguas provenientes de la Corriente de Perú (Segura-Puertas 1984). No obstante, *T. pudica* fue una de las seis especies que se recolectaron en todos los muestreos en Bahía Culebra, es decir, que posiblemente ya ha logrado establecer sus colonias hidroides bentónicas en la bahía o regiones adyacentes, sin embargo, es escaso el conocimiento de las relaciones bentos-plancton para este grupo (Miglietta *et al.* 2008.). Bednarsky & Morales (2004) encontraron una alta biodiversidad de copépodos en Bahía Culebra. En este estudio las 53 especies de hidromedusas podrían ser también indicadoras de la salud relativa de este ecosistema costero, ya que estudios anteriores afirman que comunidades pelágicas sometidas

a tensores ambientales tienen una reducida diversidad de especies, con dominancias claras de otras más tolerantes (Bednarski & Morales 2004). También se reconoce que la bahía ofrece condiciones relativamente poco alteradas por sus bajas concentraciones de varios tipos de contaminantes como hidrocarburos de petróleo (Acuña *et al.* 2004), metales traza (García *et al.* 2004, Gravel *et al.* 2004), bacterias coliformes (García *et al.* 2006) y bifenilos policlorinados (Spongberg 2006). Sin embargo, los problemas asociados a incrementos poblacionales de medusas han sido asociados al impacto de actividades antrópicas, a través de sobreexplotación de la pesquería, la acuicultura, el desarrollo de infraestructura, y la eutroficación por el aumento de desechos orgánicos (Purcell *et al.* 2007). Los datos aportados por Cortés (2001) y Sánchez-Noguera (2012) indican que se ha dado un aumento de estas actividades en la bahía. Por lo tanto, los datos aquí presentados proveen un marco de referencia para futuros estudios.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es una contribución del proyecto 808-99-236 (Ecología del zooplancton Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, con énfasis en los copépodos y zooplancton gelatinoso), financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y por la primera autora. Este trabajo fue parte de los requisitos para optar al grado de M.Sc. en la Universidad de Costa Rica de la primera autora. Jeffrey A. Sibaja-Cordero elaboró los dibujos técnicos y Jairo García los gráficos y el mapa. Sergio Aguilar realizó la diagramación. Se agradece a Laura Celis, ICMYL, Unidad de Puerto Morelos (UNAM) en México por ayudar en la identificación de las especies.

RESUMEN

Las hidromedusas tienen un papel importante en redes tróficas marinas debido a sus hábitos alimenticios depredadores. Este es el primer estudio de este grupo del zooplancton gelatinoso en un área de afloramiento costero

en América Central. Durante seis meses de 1999, se estudió la abundancia de hidromedusas en cuatro estaciones en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, costa Pacífica de Costa Rica (10° 37'N-85°40'W). Se identificó un total de 53 especies de las que 26 son registros nuevos para Costa Rica, 21 son registros nuevos para América Central y 8 son nuevos registros para el Pacífico Oriental Tropical. Las especies más abundantes durante el estudio (con más de 30% de la abundancia total) fueron *Liriope tetraphylla*, *Solmundella bitentaculata* y *Aglaura hemistoma*. Seis especies se presentaron en todos los muestreos, 10 especies se presentaron únicamente durante la época seca y 17 se presentaron únicamente durante la época lluviosa. Se mostraron diferencias significativas entre las épocas lluviosa y seca. La máxima abundancia promedio de hidromedusas (2.1±4.3 ind./m³) fue encontrada durante las fechas que se espera el afloramiento costero, indicado por alta concentración de oxígeno y baja temperatura. La rica composición de especies encontrada en Bahía Culebra puede ser el resultado de varios factores, incluyendo la condición prístina de la bahía, el transporte de especies por la Contra Corriente Nor-Ecuatorial (NECC) y los aportes de origen terrestre. Se incluyen ilustraciones de las 15 especies más importantes para facilitar su identificación y promover estudios futuros en la región.

Palabras clave: Cnidaria, Hydrozoa, *Liriope*, *Solmundella*, *Aglaura*, zooplancton marino gelatinoso, afloramiento, Pacífico, Bahía Culebra, Costa Rica.

REFERENCIAS

- Acuña-González, J., J.A. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez & J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 43-50.
- Alfaro, E.J., J. Cortés, J.J. Alvarado, C. Jiménez, A. León, C. Sánchez-Noguera, J. Nivia-Ruiz & E. Ruiz. 2012. Clima y temperatura sub-superficial del mar en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 60 (Supl. 2): 159-171.
- Alvaríno, A. 1972. Zooplancton del Caribe, Golfo de México y regiones adyacentes del Pacífico. *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía*. México. p: 223-247.
- Alvaríno, A. 1976. El zooplancton de la región de la América Central en el Pacífico. *Memorias del III Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica*. San Salvador, El Salvador. 47p.
- Alvaríno, A. 1985. Predation in the plankton realm mainly with reference to fish larvae. *Inv. Mar. CICIMAR*. Vol. 2. (Vol. Esp. 1). 122p.
- Baldrich, A. & R. López. 2010. Hidromedusas mesozooplánticas del Océano Pacífico Colombiano. *Biot. Colom.* 11 (1/2): 3-11.
- Bednarsky, M. & A. Morales-Ramírez. 2004. Composition, abundance and distribution of macrozooplankton in Culebra Bay, Gulf of Papagayo, Pacific coast of Costa Rica and its value as bioindicator of pollution. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 105-119.
- Bianchi, G. 1991. Demersal assemblages of the continental shelf and slope edge between the Gulf of Tehuantepec (México) and the Gulf of Papagayo (Costa Rica). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73: 121-140.
- Bigelow, H.B. 1940. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. XX. Medusae of the Templeton Crocker and Eastern Pacific Zaca Expeditions, 1936-1938. *Zoologica* 25: 281-321.
- Bouillon, J. 1999. Hydromedusae. p. 385-465. *In D. Boltovskoy, D. (ed.). South Atlantic Zooplankton*. Backhuys, Leiden, The Netherlands.
- Bouillon, J. & F. Boero. 2000. Phylogeny and classification of Hydroidomedusae. *Thalassia Salentina* 24: 1-296.
- CIESM. 2001. Gelatinous zooplankton outbreaks: theory and practice. CIESM workshop series No. 14, 112 p. Monaco. www.ciesm.org/publications/Naples01.pdf
- Clarke, K. & R. Warwick. 1994. Change in Marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. United Kingdom. 144p.
- Cortés, J. 1996-1997. Biodiversidad marina de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44(3)/45(1): 323-334.
- Cortés, J. 2001. Requiem for an eastern Pacific seagrass bed. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Supl. 2): 273-278.
- Cortés, J. 2012. Bibliografía sobre organismos, ambientes y procesos marinos y atmosféricos en Bahía Culebra, Pacífico Norte, Guanacaste, Costa Rica (1922-2012). *Rev. Biol. Trop.* 60 (Supl. 2): 231-242.
- Daly, M., M. Brugler, P. Cartwright, A.G. Collins, M. Dawson, D. Fautin, S. France, C. McFadden, D.M. Opresko, E. Rodríguez, S. Romano & J. Stake. 2007. The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa* 1668: 127-182.
- Fiedler, P., V. Philbrick & F. Chávez. 1991. Oceanic upwelling and productivity in the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanog.* 36: 1834-1850.
- García-Céspedes, J., J. Acuña-González & J.A. Vargas-Zamora. 2004. Metales traza en sedimentos de cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 2): 51-60.
- García, V., J. Acuña-González, J.A. Vargas-Zamora & J. García-Céspedes. 2006. Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54 (Supl. 1): 35-48.

- Gravel, P., K. Johannng, J. McLachlan, J.A. Vargas & E. Oberdörster. 2006. Imposex in the intertidal snail *Thais brevidentata* (Gastropoda: Muricidae) from the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54 (Suppl. 1): 21-26.
- Holmes, R.W. 1970. The Secchi disk in turbid coastal waters. *Limnol. & Ocean.* 15: 688-694.
- Jiménez, C. 2001. Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra, Pacífico de Costa Rica Golfo de Papagayo, aspectos biológicos, económico-recreativos y de manejo. *Rev. Biol. Trop.* 49: 215-231.
- Jiménez, C., G. Bassey, A. Segura & J. Cortés. 2010. Characterization of the coral communities and reefs of two previously undescribed locations in the Golfo de Papagayo (Costa Rica). *Rev. Mar. Cost.* 2: 95-108.
- Kessler, W. 2006. The circulation of the Eastern Tropical Pacific: a review. *Progr. Ocean* 69: 187-217.
- Kramp, P.L. 1968. The Hydromedusae of the Pacific and Indian Oceans: Section II and III. The Carlsberg Foundation's Oceanographical Expedition around the world 1928-1930 and previous Dana Expeditions. Dana Report 72. And. Fred. Host & Son, Copenhagen. 196p.
- Lizano, O. 2008. Dinámica de las aguas alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Supl. 2): 31-48.
- Mayer, A. 1910. *Medusae of the World. Vol III: Scyphozoa.* Carnegie Institution of Washington, Washington D.C. E.E.U.U. 735p.
- Miglietta, M. P., M. Rossi & R. Collin. 2008. Hydromedusa blooms and upwelling events in the bay of Panama, Tropical East Pacific. *J. Plank. Res.* 30: 783-793.
- Morales-Ramírez, A. & J. Nowaczyk. 2006. El zooplancton gelatinoso del Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica, durante la transición de la estación lluviosa a la seca 1997-1998. *Rev. Biol. Trop.* 54 (Supl. 1): 201-223.
- Müller-Parker, G. & J. Cortés. 2001. Spatial distribution of light and nutrients in some coral reefs of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49 (Suppl. 2): 251-263.
- Pagés, F., H. Verheye, J. Gili & J. Flos. 1991. Short-term effects of coastal upwelling and wind reversals on epiplanktonic cnidarians in the Southern Benguela ecosystem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 10: 203-211.
- Pagés, F., J.M. Gili & J. Bouillon. 1992. Planktonic cnidarians of the Benguela Current. *Sci. Mar.* 56 (Suppl. 1). 144p.
- Pavez, M., M. Landaeta, L. Castro & W. Schneider. 2010. Distribution of carnivorous gelatinous zooplankton in the upwelling zone off central Chile (Austral Spring 2001). *J. Plank. Res.* 32: 1051-1065.
- Purcell, J., S. Uye & W. Lo. 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 350: 153-174.
- Rodríguez-Sáenz, K. & L. Segura-Puertas. 2009. Hydrozoa, Scyphozoa and Cubozoa (Medusozoa), p. 143-149 + CD. *In* J. Cortés & I. Wehrman (eds.). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Monographie Biologicae* 86. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Rodríguez-Sáenz, K. & R. Gasca. 2009. Siphonophores, p. 151-156 + CD. *In* J. Cortés & I. Wehrman (eds.). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Monographie Biologicae* 86. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Rodríguez-Sáenz, K & A. Morales-Ramírez. 2012. Composición y distribución del meso-zooplancton en una zona de afloramiento costero (Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica) durante La Niña 1999 y 2000. *Rev. Biol. Trop.* 60 (Supl. 2): 143-157.
- Rusell, F. 1954. *The Medusae of the British Isles.* Cambridge University, Londres, United Kingdom. 529pp.
- Samper-Villarreal, J., J. Cortés & C. Benavides-Varela. 2012. Description of the Panama and Iguanita mangrove stands of Bahía Culebra, North Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 60 (Supl. 2): 109-120.
- Sánchez-Noguera, C. 2012. Entre historias y culebras: más que una bahía (Bahía Culebra, Pacífico Norte, Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* 60 (Supl. 2): 1-17.
- Segura-Puertas, L. 1984. Morfología, sistemática y zoogeografía de las medusas (Cnidaria: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. *Ann. Ins. Cien. Mar Limn. UNAM* 8: 1-320.
- Segura-Puertas, L. 1991. Medusas (Cnidaria: Hydrozoa y Scyphozoa) de la región del Domo de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 39: 159-163.
- Segura-Puertas, L., C. Franco-Gordo, E. Suárez-Morales, R. Gasca & E. Godínez-Domínguez. 2010. Summer composition and distribution of the jellyfish (Cnidaria: Medusozoa) in the shelf area off the central Mexican Pacific. *Rev. Mex. Biol.* 81: 103-112.
- Segura-Puertas, L., E. Suárez-Morales & L. Celis. 2003. A checklist of the Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa and Cubozoa) of Mexico. *Zootaxa* 194: 1-15.
- Shannon, C.E. & W. Weaver 1949. *The Mathematical Theory of Communication.* University of Illinois, Urbana, E.E.U.U.
- Sponberg, A.L. 2006. PCB concentrations in intertidal sipunculan (Phylum Sipuncula) marine worms from the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54 (Suppl. 1): 27-33.
- Steedman, H. 1976. *Zooplankton fixation and preservation.* Monographs on Oceanographic Methodology N. 4. UNESCO, Paris, France. 350 p.