

Composición, estructura y diversidad del mesozooplankton en Las Guásimas, Sonora, un sitio Ramsar en el Golfo de California, durante 2010

Composition, structure and diversity of mesozooplankton in Las Guásimas Sonora, a Ramsar site in the Gulf of California, during 2010

Francisco Javier Álvarez-Tello¹, Juana López-Martínez¹, René Funes-Rodríguez², Daniel Bernardo Lluch-Cota¹, Jesús Rodríguez-Romero¹ y César Flores-Coto³

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C., Km. 2.35 Carretera a Las Tinajas, S/N Colonia Tinajas, Guaymas, Sonora, 85460, México

² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S., 23096, México

³ Laboratorio de Zooplancton. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria. México D.F., 04510, México
email: jllopez04@cibnor.mx

Álvarez-Tello F. J., J. López-Martínez, R. Funes-Rodríguez, D. B. Lluch-Cota, J. Rodríguez-Romero y C. Flores-Coto. 2015. Composición, estructura y diversidad del mesozooplankton en Las Guásimas, Sonora, un sitio Ramsar en el Golfo de California, durante 2010. *Hidrobiológica* 25 (3): 401-410.

RESUMEN

Se analizó el mesozooplankton de Las Guásimas, una laguna costera semiárida de la costa de Sonora, México, con el objetivo de determinar por primera vez su composición, estructura y diversidad mensual, dada la gran importancia ecológica y pesquera de este ecosistema y su designación como sitio RAMSAR. El muestreo se llevó a cabo en dos sitios representativos desde enero a diciembre de 2010 con una red cónica de 300 micras e incluyó el registro de variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto). Se determinó el volumen, la densidad y la identidad del zooplancton colectado. Se identificaron setenta y ocho taxa en las muestras, donde predominaron *Acartia tonsa* (Dana 1849) (66.9%) y *Penilia avirostris* (9.9%). Otros grupos importantes fueron quetognatos, huevos de peces, gasterópodos y larváceos. En promedio, la densidad de los organismos dentro de la laguna fue mayor que en el exterior, donde la diversidad fue mayor. Los resultados sugieren que la abundancia, composición y diversidad de la comunidad zooplanctónica de Las Guásimas, son influenciadas por variables ambientales, principalmente la temperatura superficial del mar, y factores biológicos, tales como depredación y probables pulsos reproductivos. Sin embargo, para una mejor comprensión de las interacciones complejas observadas, es necesario continuar con el muestreo regular de Las Guásimas, con la finalidad de generar series largas de datos para evaluar patrones de cambio de largo plazo, dada su singularidad, relevancia ecológica y económica en la región del Golfo de California.

Palabras clave: Laguna costera, zooplancton, variabilidad, composición.

ABSTRACT

The mesozooplankton community of Las Guásimas, a coastal lagoon at the coast of Sonora, Mexico, was investigated to determine, for the first time, their composition, structure and diversity monthly, given the high ecological and fisheries importance of this ecosystem and its designation as a RAMSAR site. Sampling was conducted at two representative sites from January to December 2010 with a conical net of 300 microns, recording environmental variables (temperature, salinity, dissolved oxygen). Settled volume, density and identity of mesozooplankton samples were determined. Seventy eight taxa were identified in samples, which were dominated by *Acartia tonsa* (66.9%) and *Penilia avirostris* (9.9%). Other important groups were chaetognaths, fish eggs, gastropods, and larvaceans. The density of organisms within the lagoon was higher than outside, where diversity was higher. The results suggest that the abundance, composition and diversity of the zooplankton community of Las Guásimas are influenced by environmental variables, mainly sea surface temperature, and biological aspects, such as predation and reproductive pulses. However, for a better understanding of the complex interactions observed it is necessary to continue with a regular monitoring of the ecosystem to generate long series of data to assess patterns of long-term change, given its uniqueness and ecological and economic importance in the Gulf of California.

Key words: Coastal lagoon, zooplankton, variability, composition.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas costeros son fundamentales en los ciclos de las especies marinas, ya que representan áreas propicias para la reproducción, protección y alimentación, desde la fase de larva hasta adultos, de un buen número de organismos marinos, incluyendo algunos considerados como recursos pesqueros (Lara-Lara *et al.*, 2008). Uno de los componentes clave de la red alimentaria pelágica es el zooplancton, grupo heterogéneo de organismos fagotróficos (Harris *et al.*, 2000) encargado de transferir la energía y el carbono desde los productores primarios hacia los organismos de la parte alta de la red trófica (Lavaniegos-Espejo, 2007).

Entre los trabajos que han descrito algunos aspectos del zooplancton en el Golfo de California, destaca la extensa revisión realizada por Brinton *et al.* (1986). Farfán y Álvarez-Borrego (1992) determinaron las fluctuaciones de biomasa del zooplancton en el Alto Golfo, y encontraron que los copépodos calanoideos y los ctenóforos eran los grupos más abundantes. Respecto a investigaciones en bahías y zonas costeras, sobresalen los trabajos de Lavaniegos-Espejo y González-Navarro (1999), quienes reportan 27 grupos zooplanctónicos colectados con dos redes de diferente abertura en la Bahía de la Paz. De Silva-Dávila *et al.* (2006) determinaron 45 taxa en Bahía San Ignacio-Navachiste, de los cuales copépodos, decápodos, quetognatos y cladóceros fueron los más abundantes. Lavaniegos-Espejo *et al.* (2012) encontraron 15 grupos de zoopláncteres en Bahía de los Ángeles, mientras que Hernández-Nava y Álvarez-Borrego (2013), identificaron 21 grupos taxonómicos en la misma zona. Sin embargo, a pesar de estas importantes contribuciones, la comunidad zooplanctónica de los ecosistemas costeros del Golfo de California sigue siendo poco conocida, ya que varios de los 24 cuerpos de agua costeros registrados, aún no han sido estudiados (Lara-Lara *et al.*, 2008).

Las Guásimas es una laguna costera típica del estado de Sonora. Presenta una superficie de 37 km², una profundidad media de 0.7 m y se caracteriza por tener comunicación permanente con el mar abierto, circulación influida por las mareas y el patrón estacional de vientos (Arreola-Lizárraga, 2003). La importancia ecológica de este cuerpo de agua radica en su complejidad faunística y su abundancia de especies de importancia pesquera, destacando diversas especies de peces (*Sardinops sagax caerulea Girard, 1854*), crustáceos (camarones peneidos y jaibas), moluscos y la medusa comestible *Stomolophus meleagris Agassiz, 1862* (Padilla-Serrato, 2011). La información publicada acerca de la biota relacionada con este ecosistema incluye trabajos sobre la taxocenosis fitoplanctónica de López-Martínez y Salinas-Zavala (1996) y Castillo-Durán (2007). Sin embargo, más allá de estos registros, la comunidad zooplanctónica de Las Guásimas sigue siendo casi desconocida. Esta necesidad de investigación cobra aún más relevancia si se considera que, aparte de servicios ambientales, este sitio proporciona refugio y alimento para aves, además de otras especies de importancia ecológica, aspectos que han sido tomados en cuenta para catalogar a Las Guásimas como un ecosistema estratégico y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas en 2008, bajo los criterios de la Convención Ramsar.

Por lo tanto, considerando la información previa y las necesidades de investigación actuales, el objetivo de este trabajo fue determinar por primera vez la abundancia, composición y estructura mensual del zooplancton a partir de dos sitios representativos del ecosistema y su relación con las principales variables hidrológicas durante un ciclo anual,

como punto de partida para investigaciones futuras que requieran del conocimiento de la comunidad microfaunística de este cuerpo de agua costero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna costera Las Guásimas está ubicada en la región centro-sur del Golfo de California. Para su estudio se establecieron dos sitios representativos elegidos arbitrariamente en función de investigaciones previas, uno en el ambiente interno (27° 52.120' N, 110° 36.992' O) y otro en la zona nerítica contigua a la boca (27° 52.725' N, 110° 39.085' O) (Fig. 1).

Los muestreos se realizaron mensualmente de enero a diciembre de 2010, con excepción de julio, septiembre y octubre, meses en los que no fueron posibles las salidas de campo por diversas razones técnicas. En cada estación se realizaron arrastres lineales superficiales por 5 minutos para la colecta de muestras de zooplancton (Harris *et al.*, 2000) y se registró la posición inicial y final del arrastre mediante un GPS Garmin (Mod. 72H). Para la toma de muestra se utilizó una red cónica con diámetro de 50 cm y tamaño de malla de 300 µm. Las muestras colectadas se fijaron en formol al 4% neutralizado con borato de sodio.

Se midió la temperatura superficial del mar (TS), La salinidad (SAL) y el oxígeno disuelto (OD) mediante un equipo multisensores YSI (Mod. Pro Plus).

En laboratorio, las muestras se concentraron y aforaron a un volumen de 100 ml, del cual se extrajeron alícuotas sucesivas de 10 ml para el conteo e identificación de organismos mediante una pipeta Stempel-Hansen, hasta alcanzar al menos 1000 organismos por muestra (Harris *et al.*, 2000). La identificación de los grupos del zooplancton se realizó hasta el taxón más bajo posible, utilizando las guías de identificación de Smith y Johnson (1996), Boltovskoy (1999), Harris *et al.* (2000) y Conway (2012). Para la identificación de copépodos a nivel de especies y géneros se utilizó el catálogo de Palomares-García *et al.* (1998) y la guía en línea de Razouls *et al.* (2012). Con el fin de obtener un estimado grueso de densidad (DZ) y biomasa de zooplancton (VZ) por unidad de volumen, se utilizaron los datos de distancia recorrida y área de entrada de la red para calcular el volumen de agua filtrado, asumiendo un barrido óptimo de la red, aunque esto implica una sobreestimación ya que el filtrado no es 100% eficiente. Los valores de DZ se expresaron en org. 100 m⁻³ y los de VZ se estandarizaron a ml 100 m⁻³ (Smith & Richardson, 1979).

Las diferencias en los valores de DZ y variables hidrológicas entre estaciones de muestreo fueron evaluadas utilizando la prueba Mann-Whitney. La diversidad fue evaluada mediante el índice H' de Shannon-Wiener, siguiendo a Raybaud *et al.* (2008). Para evaluar la asociación entre variables fisicoquímicas y DZ se aplicó un análisis de correlación de Spearman (McDonald, 2014). Todos los cálculos fueron realizados a través del programa PAST 3.0 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

La temperatura superficial (TS) presentó un claro patrón estacional, con mínimos en diciembre (18.4°C) y máximos en agosto (33.6°C) en ambas estaciones (Fig. 2). Entre localidades de muestreo no se encon-

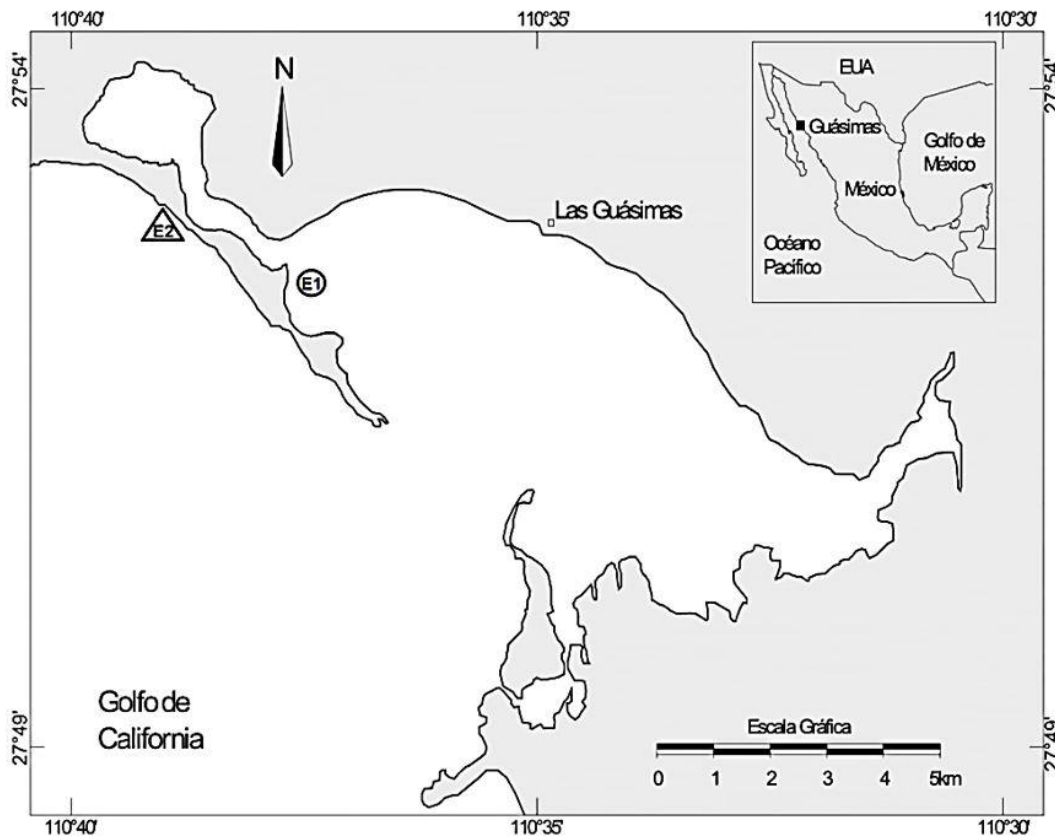


Figura 1. Ubicación de la laguna costera Las Guásimas y posición de las zonas de muestreo, en el interior de la laguna (E1) y en la zona nerítica contigua (E2).

traron diferencias significativas ($U=40.5$, $p=0.96$). La salinidad (SAL) presentó valores de 35.3 a 38.5 en E1 y de 34.9 a 37.6 en E2, en ambos casos los valores mínimos ocurrieron en enero y los máximos en diciembre, con algunas fluctuaciones en los meses de primavera. Las diferencias entre estaciones no fueron significativas por un margen estrecho ($U=18$, $p=0.05$). El oxígeno disuelto (OD) fue muy variable, con mínimos de 2.9 mg l^{-1} durante la fase cálida del año y máximos de 12.4 mg l^{-1} durante el periodo más frío en E1, mientras que en E2 la fluctuación fue de 3.2 a 12.4 mg l^{-1} en los mismos periodos. El OD fue ligeramente mayor en E2 aunque estas diferencias no fueron significativas ($U=27.5$, $p=0.27$).

El zooplankton se caracterizó por su alta variabilidad mensual tanto en biomasa (VZ) como en densidad de organismos (DZ) (Fig. 3). En E1 la DZ fluctuó en más de 2 órdenes de magnitud ($5.7 \times 10^3 \text{ org.}100 \text{ m}^{-3}$ a $1.0 \times 10^5 \text{ org.}100 \text{ m}^{-3}$) con mínimos en enero y máximo en marzo, mientras que en E2 el mínimo se presentó en diciembre y el máximo en noviembre ($9.6 \times 10^3 \text{ org.}100 \text{ m}^{-3}$ a $9.4 \times 10^4 \text{ org.}100 \text{ m}^{-3}$). No se encontraron diferencias significativas entre estaciones ($U=35$, $p>0.66$). De manera similar, VZ mostró marcados cambios episódicos mensualmente, con fluctuaciones de 29.6 a $164.0 \text{ ml } 100 \text{ m}^{-3}$ en E1 y de 14.5 hasta $183.0 \text{ ml } 100 \text{ m}^{-3}$ en E2, sin que se observaran diferencias entre las localidades ($U=33$, $p=0.54$).

Se identificaron 78 taxones, los cuales fueron clasificados en 29 grupos taxonómicos mayores (Tabla 1). En general las especies más

abundantes fueron el copépodo *Acartia tonsa* y el cladóceros *Penilia avirostris* (Dana 1849), quienes contribuyeron con más del 75% de los conteos en toda la zona.

Los copépodos fueron el grupo proporcionalmente más numeroso, tanto en E1 con el 87.4% del conteo total, como en E2 con el 60.4% (Fig. 4). Así mismo también fue el grupo más complejo con 22 especies y 11 géneros identificados, de los cuales 26 pertenecieron al orden Calanoida, tres al orden Cyclopoida y dos a los órdenes Poecilostomatoida y Harpacticoida. Los cladóceros ocurrieron en mayor número en junio en E1 y en noviembre en E2, superando 6 veces la abundancia de E1 (Fig. 5). El cladóceros predominante fue *Penilia avirostris*. El ictioplancton estuvo compuesto en más del 90% por huevos de peces de las familias Engraulidae, Clupeidae y del orden Pleuronectiformes (Fig. 5). Los huevos de peces fueron abundantes durante febrero, mayo, junio y noviembre, con máximos durante mayo en la estación costera superando en más de un orden de magnitud las abundancias de la parte interna. Los Urocordados, que incluyeron Apendicularios y Thaliáceos, se capturaron durante casi todo el ciclo, a excepción del mes de abril, con densidades máximas durante noviembre en ambas estaciones (Fig. 5). El grupo estuvo formado por 4 taxones, de los que *Oikopleura dioica* (Fol, 1872) fue el más abundante, seguido por *Doliolum* sp. registrándose máxima abundancia en noviembre en ambas estaciones. Los Quetognatos fueron otro grupo de organismos que manifestó un patrón de alta frecuencia de aparición y baja abundancia numérica. Estuvo compuesto por *Decipisagitta decipiens* (Fowler, 1905), *Parasagitta euneritica* (Alvaríño,

Tabla 1. Composición del mesozooplankton por especies, taxones en cada estación interior (E1) y zona nerítica contigua (E2) de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México, durante 2010. DZ= Densidad de zooplankton

| Especies/taxa | E1 | | E2 | |
|--|--------|-------|--------|-------|
| | DZ | % | DZ | % |
| Subclase Copepoda (larvas) | 1967 | 0.5% | 763 | 0.3% |
| <i>Acartia</i> sp. | 1725 | 0.5% | 511 | 0.2% |
| <i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849 | 302320 | 80.9% | 146472 | 49.3% |
| <i>Acartia lilljeborgii</i> Giesbrecht, 1889 | 6034 | 1.6% | 14048 | 4.7% |
| <i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1889 | 153 | <0.1% | 12 | <0.1% |
| <i>Calanus pacificus</i> Brodsky, 1948 | 181 | <0.1% | 212 | 0.1% |
| <i>Calanus</i> sp. | 0 | - | 19 | <0.1% |
| <i>Centropages</i> sp. | 0 | - | 61 | <0.1% |
| <i>Centropages abdominalis</i> Sato, 1913 | 0 | - | 258 | 0.1% |
| <i>Centropages furcatus</i> Dana, 1849 | 255 | 0.1% | 76 | <0.1% |
| <i>Clausocalanus</i> sp. | 2,524 | 0.7% | 7842 | 2.6% |
| <i>Euchaeta marina</i> Prestandrea, 1833 | 0 | - | 13 | <0.1% |
| <i>Eucalanus</i> sp. | 26 | <0.1% | 96 | <0.1% |
| <i>Labidocera truncata</i> Dana, 1849 | 73 | <0.1% | 92 | <0.1% |
| <i>Labidocera diandra</i> Fleminger, 1967 | 5 | <0.1% | 0 | - |
| <i>Labidocera jollae</i> Esterly, 1906 | 1,962 | 0.5% | 694 | 0.2% |
| <i>Labidocera johnsoni</i> Fleminger, 1964 | 99 | <0.1% | 61 | <0.1% |
| <i>Labidocera kolpos</i> Fleminger, 1967 | 524 | 0.1% | 223 | 0.1% |
| <i>Labidocera minuta</i> Giesbrecht, 1889 | 201 | 0.1% | 65 | <0.1% |
| <i>Labidocera trispinosa</i> Esterly, 1905 | 302 | 0.1% | 496 | 0.2% |
| <i>Labidocera</i> sp. | 2,272 | 0.6% | 888 | 0.3% |
| <i>Paracalanus parvus</i> Claus, 1863 | 3,105 | 0.8% | 2974 | 1.0% |
| <i>Paracalanus</i> sp. | 25 | <0.1% | 141 | <0.1% |
| <i>Pseudodiaptomus euryhalinus</i> Johnson, 1939 | 706 | 0.2% | 38 | <0.1% |
| <i>Pseudodiaptomus wrighti</i> Johnson, 1939 | 34 | <0.1% | 115 | <0.1% |
| <i>Subeucalanus subcrassus</i> Giesbrecht, 1888 | 53 | <0.1% | 148 | <0.1% |
| <i>Temora discaudata</i> Giesbrecht, 1889 | 159 | <0.1% | 29 | <0.1% |
| <i>Corycaeus affinis</i> McMurrich, 1916 | 1,621 | 0.4% | 2790 | 0.9% |
| <i>Corycaeus</i> sp. | 21 | <0.1% | 168 | 0.1% |
| <i>Euterpina acutifrons</i> Dana, 1847 | 0 | - | 20 | <0.1% |
| <i>Microsetella</i> sp. | 5 | <0.1% | 0 | - |
| <i>Oithona</i> spp. | 254 | 0.1% | 196 | 0.1% |
| <i>Oncaea venusta</i> Philippi, 1843 | 12 | <0.1% | 49 | <0.1% |
| <i>Oncaea</i> sp. | 19 | <0.1% | 6 | <0.1% |
| Infraorden Cirripedia (larvas) | 1,407 | 0.4% | 1806 | 0.6% |
| <i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849 | 11,319 | 3.0% | 55009 | 18.5% |
| <i>Pseudevadne tergestina</i> Claus, 1877 | 364 | 0.1% | 782 | 0.3% |
| Orden Decapoda (indet.) | 197 | 0.1% | 223 | 0.1% |
| Infraorden Brachyura | 4,010 | 1.1% | 1433 | 0.5% |
| Familia Penaeidae | 266 | 0.1% | 442 | 0.1% |
| Familia Paguridae | 127 | <0.1% | 149 | 0.1% |
| Orden Amphipoda (indet.) | 5 | <0.1% | 0 | - |
| Suborden Caprellioidea | 493 | 0.1% | 143 | <0.1% |

Tabla 1. (Continuación)

| Especies/taxa | E1 | | E2 | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| | DZ | % | DZ | % |
| Suborden Gammaridea | 47 | <0.1% | 27 | <0.1% |
| Suborden Hyperiidea | 337 | 0.1% | 124 | <0.1% |
| Orden Cumacea | 98 | <0.1% | 60 | <0.1% |
| Orden Isopoda | 62 | <0.1% | 0 | - |
| Clase Ostrácoda | 404 | 0.1% | 230 | 0.1% |
| Familia Sagittidae (indet.) | 7,434 | 2.0% | 2445 | 0.8% |
| <i>Flaccisagitta enflata</i> Grassi, 1881 | 0 | - | 21 | <0.1% |
| <i>Parasagitta euneritica</i> Alvaríño, 1961 | 13 | <0.1% | 50 | <0.1% |
| <i>Decipisagitta decipiens</i> Fowler, 1905 | 2,664 | 0.7% | 3206 | 1.1% |
| Clase Gasterópoda | 3,987 | 1.1% | 8589 | 2.9% |
| Clase Bivalvia | 304 | 0.1% | 1088 | 0.4% |
| Orden Salpida | 0 | - | 541 | 0.2% |
| <i>Doliolum</i> sp. | 2,552 | 0.7% | 1689 | 0.6% |
| Familia Oikopleuridae (indet.) | 188 | 0.1% | 7 | <0.1% |
| <i>Oikopleura dioica</i> Fol, 1872 | 4,515 | 1.2% | 6521 | 2.2% |
| Subclase Neopterygii (indet.) | 309 | 0.1% | 642 | 0.2% |
| Familia Engraulidae | 406 | 0.1% | 10113 | 3.4% |
| Familia Clupeidae | 1,643 | 0.4% | 5946 | 2.0% |
| Orden Pleuronectiformes | 624 | 0.2% | 7473 | 2.5% |
| Orden Echinoida | 0 | - | 33 | <0.1% |
| Phylum Bryozoa | 199 | 0.1% | 2384 | 0.8% |
| Orden Tintinida | 45 | <0.1% | 57 | <0.1% |
| Phylum Phoronida | 0 | - | 38 | <0.1% |
| Phylum Platyhelminthes | 90 | <0.1% | 0 | - |
| Phylum Foraminifera | 191 | 0.1% | 98 | <0.1% |
| Clase Polychaeta | 600 | 0.2% | 353 | 0.1% |
| Familia Tomopteridae | 0 | - | 876 | 0.3% |
| Familia Spionidae | 324 | 0.1% | 1111 | 0.4% |
| Phylum Rotifera | 43 | <0.1% | 0 | - |
| <i>Stomolophus meleagris</i> Agassiz, 1862 | 159 | <0.1% | 89 | <0.1% |
| Clase Hidrozoa | 233 | 0.1% | 219 | 0.1% |
| Orden Siphonophorae | 174 | <0.1% | 2026 | 0.7% |
| Orden Anthomedusae | 6 | <0.1% | 0 | - |
| Orden Leptomedusae | 392 | 0.1% | 90 | <0.1% |
| <i>Pleurobrachia bachei</i> Agassiz, 1860 | 822 | 0.2% | 1526 | 0.5% |

1962) y *Flaccisagitta enflata* (Grassi, 1881), además de una elevada proporción de especies de la familia Sagittidae no determinados. Los moluscos fueron un grupo relativamente escaso pero constante en todo el año, con valores máximos de abundancia durante mayo y conformado casi en su totalidad por larvas de gasterópodos (90.0%) y bivalvos (10.0%). Los decápodos estuvieron representados por larvas zoea, y megalopa del infraorden brachyura (84.5%) y en menor proporción por larvas de peneidos (Dendobranchiata) y pagúridos (Anomura). Las mayores densidades de este grupo se registraron en E1, duplicando las registradas en E2 (Fig. 5). Los poliquetos fueron representados por larvas tempranas de la familia Spionidae y Tomopteridae durante todo el ciclo, alcanzando valores máximos en mayo (Fig. 5). Las concentraciones de

poliquetos de la estación E2 casi triplicaron la máxima abundancia registrada en la estación interna. El conjunto de organismos pertenecientes a los peracáridos estuvo compuesto por tres familias de anfípodos (Hyperidae, Gammaridae y Caprellidae), cumáceos e isópodos, siendo los primeros los más abundantes en ambos ambientes con más del 60% dentro de este conjunto. Estos organismos registraron un pulso en enero de anfípodos caprellidos y otro en mayo de hypéridos. Los peracáridos fueron más abundantes dentro de la laguna.

Los organismos agrupados como zooplankton gelatinoso se caracterizaron por ser más numerosos en los meses fríos, con máximos en enero y diciembre en ambas estaciones (Fig. 5). Los taxones principales

dentro de este grupo fueron ctenóforos de la especie *Pleurobrachia bachei* (40.9%), hidrozoarios de los órdenes Siphonophorae (38.4%) y Leptomedusae (16.3%), así como larvas éfiras y juveniles tempranos de la escifomedusa *Stomolophus meleagris* (4.3%). Los taxones con menor presencia fueron larvas meroplanctónicas de cirrípedos, bryozoarios, equinoideos, forónidos y platelmintos, así como ostrácodos, tintínidos, foraminíferos y rotíferos.

La diversidad biológica de la fracción mesozooplancónica presentó una alta variabilidad a lo largo de todo el ciclo anual (Fig. 6). Valores moderados de diversidad ocurrieron en enero, marzo, y junio en E1, mientras que en E2 ocurrieron en enero, junio y diciembre, sucedidos por registros bajos ($H' < 2$). El mínimo de diversidad en E1 se presentó en mayo ($H' = 1.453$), en tanto que en E2 el valor de diversidad más bajo del año se registró en agosto ($H' = 0.343$).

La TS fue la variable con el mayor número de asociaciones con grupos del zooplancton, las cuales consistieron en relaciones negativas altamente significativas con depredadores planctónicos gelatinosos (sifonóforos, ctenóforos y escifomedusas), cumáceos y foraminíferos, además de correlación positiva con larvas de cirrípedos. Asimismo, el OD se correlacionó positivamente con leptomedusas, thaliáceos y sifonóforos. La variable SAL solo se relacionó negativamente con larvas de bivalvos (Tabla 2).

DISCUSIÓN

El rango de temperatura registrado a lo largo del año, de más de 15°C, indica que las especies que habitan este sitio están sometidas a variaciones térmicas extremas. Entre los efectos biológicos que inducen estas condiciones ambientales adversas está la presencia de una gran cantidad de organismos de afinidad tropical (Jiménez-Pérez & Lara-Lara, 1988), además de especies eurihalinas y euritérmicas (Márquez-Rojas et al., 2011).

Valores máximos de VZ y DZ se presentaron en marzo y mayo, mientras que en enero y diciembre los datos de DZ fueron bajos y contrastaron con altos valores de VZ debido a la presencia de zooplancton gelatinoso y quetognatos, cuyos organismos son de un tamaño mayor que el resto del zooplancton.

Las grandes fluctuaciones mensuales observadas en la densidad de zooplancton, sugieren la combinación de diferentes factores poblacionales (p.e. ciclos de vida) e interacciones biológicas (depredación

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Spearman (Rs) entre grupos del zooplancton y variables hidrológicas en Las Guásimas, Sonora México. Sólo se muestran las correlaciones significativas ($p < 0.05$) y altamente significativas ($p < 0.01$).

| Grupo taxonómico | Coeficiente Rs | | |
|------------------|----------------|--------|--------|
| | TS | SAL | OD |
| Cumáceos | *-0.59 | | |
| Foraminíferos | -0.53 | | |
| Cirrípedos | * 0.59 | | |
| Bivalvos | | *-0.67 | |
| Thaliáceos | | | * 0.59 |
| Leptomedusas | | | 0.57 |
| Ctenóforos | *-0.90 | | |
| Escifomedusas | *-0.65 | | |
| Sifonóforos | *-0.65 | | * 0.66 |

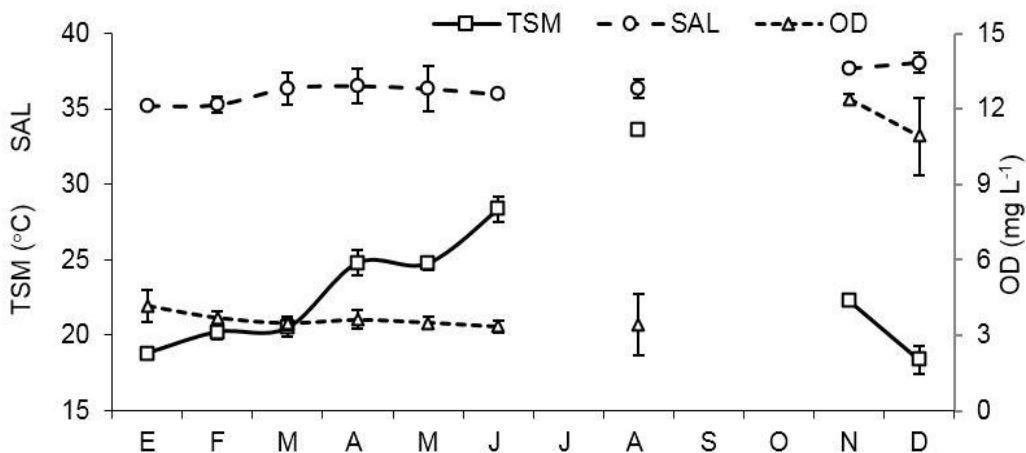


Figura 2. Patrón mensual promedio de las variables hidrológicas: temperatura superficial (TS), salinidad (SAL) y oxígeno disuelto (OD) en la laguna Las Guásimas, Sonora, México, durante 2010.

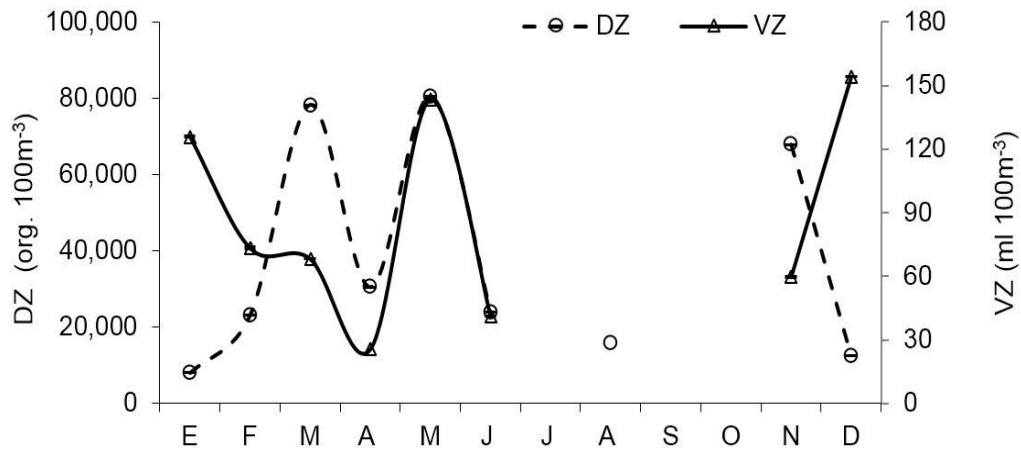
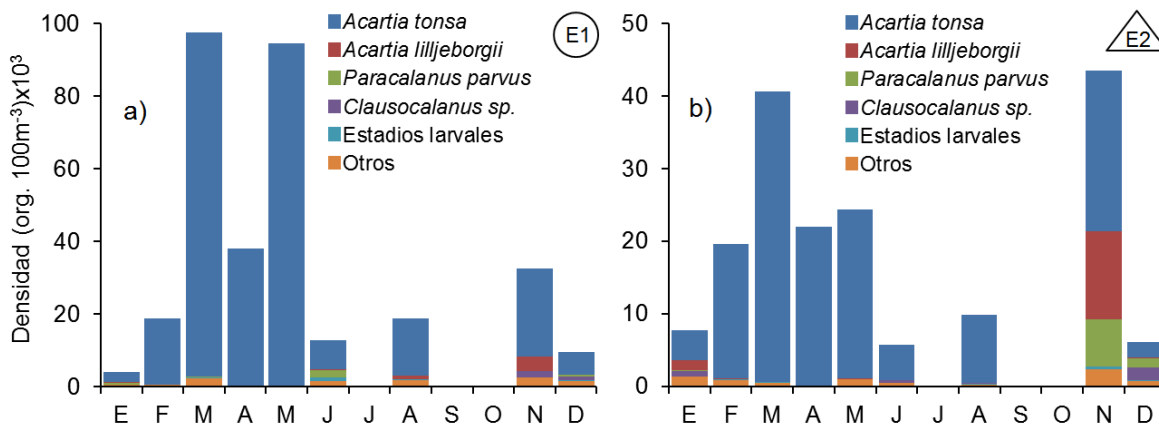


Figura 3. Patrón mensual de indicadores de abundancia de zooplankton en Las Guásimas, Sonora, México, durante 2010. DZ representa el volumen sedimentado de zooplankton y DZ la densidad de zoopláncteres.

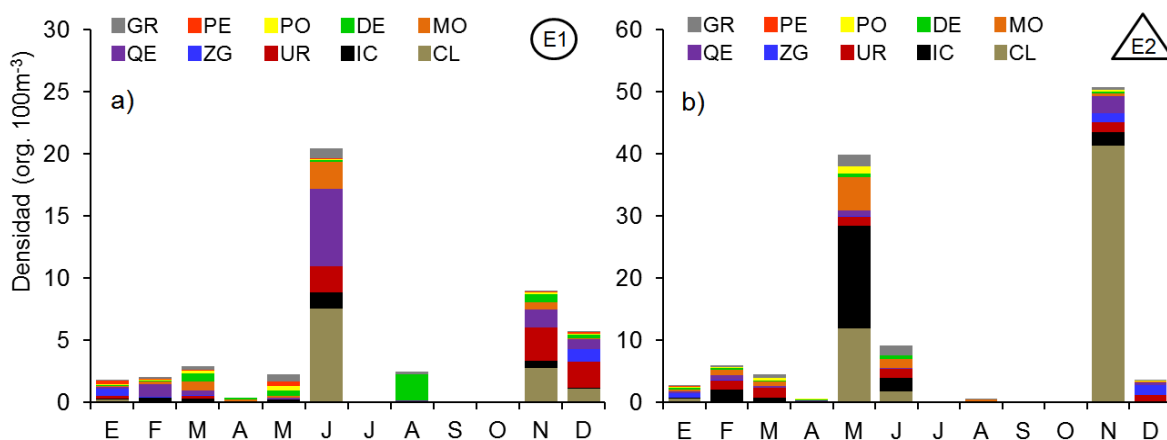
y competencia) en adición a la influencia de mareas, como potenciales fuentes de variabilidad que probablemente afectaron la comunidad zooplanctónica, lo cual se reflejó en el patrón de fluctuaciones de abundancia observado y que son consistentes con lo registrado en otras regiones de la costa mexicana del Océano Pacífico, como Bahía Magdalena (Hernández-Trujillo *et al.*, 2010) y Punta Farallón-Cuyutlán (Franco-Gordo *et al.*, 2001), en donde se reporta la ocurrencia de dos máximos de DZ, uno asociado al invierno y otro a la primavera, además de valores mínimos en verano-otoño. En esta investigación, dos pulsos de DZ fueron registrados, uno en primavera (marzo y mayo) y otro en otoño (noviembre).

Los copépodos dominaron el mesozooplankton en Las Guásimas, lo cual coincide con lo encontrado en una gran cantidad de cuerpos de agua costeros alrededor del mundo, incluyendo los de ambas costas mexicanas (Jiménez-Pérez & Lara-Lara, 1988; Farfán & Álvarez-Borrego, 1992; De Silva-Dávila *et al.*, 2006; Álvarez-Cadena *et al.*, 2007). De

esta subclase de crustáceos, *Acartia* fue el género dominante, representado por *A. tonsa* (Dana 1849), *A. lilljeborgii* (Giesbrecht 1889) y *A. clausi* (Giesbrecht 1889). *Acartia tonsa* fue altamente dominante en el interior de la laguna la mayor parte del año, gracias a su capacidad para reproducirse y reclutarse en aguas con severas condiciones eutróficas y salinas (Cervetto *et al.*, 1999; Marques *et al.*, 2006). En E2 sus abundancias disminuyeron en noviembre y diciembre hasta ser superada por *A. lilljeborgii*, *Clausocalanus* sp. y *Paracalanus parvus* (Claus 1863). Debido a que estos crustáceos son presas de una gran cantidad de organismos, incluyendo sifonóforos, medusas y larvas de peces (Azeiteiro *et al.*, 1999), tienden a variar inversamente con los incrementos de estos depredadores, lo que explica sus bajas abundancias en enero, noviembre y diciembre, en sincronía con el incremento en número del zooplankton gelatinoso. Los cladóceros se caracterizaron por sus abundancias masivas, seguidas de periodos de escasa o nula presencia, comportamiento que concuerdan con lo descrito por Onbé e Ikeda



Figuras 4a-b. Patrón mensual de densidad de copépodos en la zona interna (a) y externa (b) de la laguna Las Guásimas, Sonora, México durante 2010.



Figuras 5a-b. Patrón mensual de densidad de las fracciones de mesozooplankton en la zona interna (a) y externa (b) de la laguna Las Guásimas, Sonora, México, durante 2010 (GR= grupos raros, PE= peracáridos, PO= poliquetos, DE=decápodos, MO= moluscos, QE=quetognatos, ZG=zooplankton gelatinoso, UR= urocórdados, IC=ictioplancton y CL=Cladóceros).

(1995). Su abundancia en diversos cuerpos de agua costeros ha sido registrada por autores como De Silva-Dávila *et al.* (2006) y Márquez-Rojas *et al.* (2011), quienes los clasifican como parte de los grupos dominantes e incluso sucesores de los copépodos en algunos meses, durante los cuales prevalecen condiciones oligotróficas que son ideales para que estos organismos puedan prosperar (Atienza *et al.*, 2006).

La ocurrencia de larvas de decápodos estuvo limitada principalmente a los meses de verano. Este patrón bien definido se relaciona con la liberación de larvas en la columna de agua durante los meses cálidos, cuando las condiciones ambientales son favorables para estos organismos (De Silva-Dávila, *et al.*, 2006). Muchas larvas meroplánctónicas muestran una clara tendencia estacional relacionada con la temperatura (Gilabert, 2000), en este estudio, los huevos y larvas de peces, moluscos, decápodos, poliquetos y cirripodos exhibieron un máximo en la transición de la primavera hacia el verano, lo cual probablemente se relaciona con los ciclos reproductivos de dichos organismos, aunque

debido a su corta duración no presentaron una correlación significativa con la temperatura del agua.

Uno de los grupos más contrastantes fue el zooplankton gelatinoso. Aunque la abundancia numérica absoluta de este grupo fue muy baja (0.04%), es probable que su contribución a la producción zooplánctónica no haya sido debidamente ponderada, considerando su aporte de biomasa por individuo con respecto al resto de los taxones. El caso más representativo fue la escifomedusa *Stomolophus meleagris*, la cual parece desarrollar todo su ciclo de vida en la zona y alcanza niveles de biomasa tan elevados en fase adulta que han permitido la existencia de una pesquería en la zona desde 2001 (López-Martínez & Álvarez-Tello, 2013). Este grupo de animales mostró una correlación negativa altamente significativa con la temperatura superficial ($p < 0.01$), lo que explica parcialmente su incremento durante el invierno y su abrupta disminución en el verano, posiblemente debido a la existencia de un límite letal de temperatura para estos organismos gelatinosos, como

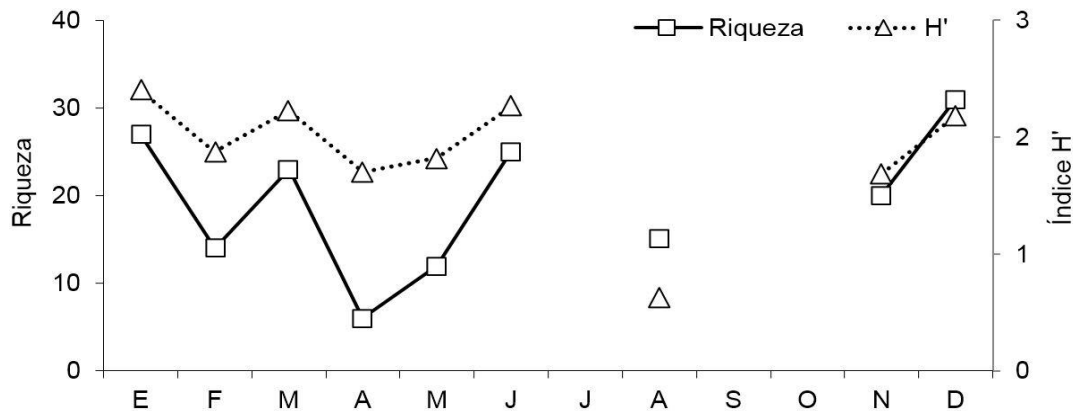


Figura 6. Patrón mensual de diversidad (H') en las estaciones E1 y E2, en Las Guásimas, Sonora, México, durante 2010.

en el caso de la medusa *Aurelia aurita* (Olesen, 1995). Otros organismos que se correlacionaron negativamente con la temperatura fueron cumáceos y foraminíferos, en tanto que cirrípedos se relacionaron de manera directa, lo que muestra que la temperatura fue la variable ambiental más determinante en las Guásimas, seguida por el oxígeno disuelto y la salinidad.

Resulta interesante que a pesar de la fuerte influencia ambiental en varios grupos planctónicos, la VZ y DZ no reflejaron esta correlación, lo cual se debe a que los copépodos no se asociaron con las variables evaluadas, probablemente debido a que estos organismos tienden a variar inversamente con la presencia de grandes depredadores, incluyendo sifonóforos, hidromedusas y larvas de peces (Azeiteiro *et al.*, 1999). La inexistencia de un patrón estacional también se reflejó en los valores de diversidad, lo que sugiere que en algunos periodos el control de la comunidad zooplanctónica podría ser biológico más que fisicoquímico. Comparado con las aguas oceánicas, donde la comunidad pelágica podría responder sólo a variaciones climáticas, las aguas costeras son influenciadas por múltiples factores que pueden alterar la comunidad del plancton de diferentes maneras (Eloire *et al.*, 2010).

En conclusión, la información presentada indica que Las Guásimas es un ecosistema muy dinámico debido a que presenta características ambientales y biológicas cambiantes mensualmente, tanto a nivel de abundancia como de estructura de la comunidad zooplanctónica, la cual se caracterizó por el predominio de copépodos, especialmente *A. tonsa*, la ocurrencia de múltiples pulsos de densidad de organismos y la aparición de grandes biomasa de plancton gelatinoso asociadas al periodo frío. El conjunto de datos ambientales y biológicos descritos permiten un conocimiento detallado de la composición y estructura del mesozooplankton de esta laguna costera y una primera aproximación al conocimiento de sus variaciones, lo cual debe ser complementado con series más largas de datos, ya que la serie utilizada es demasiado limitada como para definir tendencias de largo plazo. Además del gran valor ecológico que representa el conocimiento de la dinámica del zooplankton en un humedal RAMSAR como Las Guásimas, esta investigación también podría ayudar a una mejor comprensión de la variabilidad de la comunidad biológica en otros humedales estratégicos del Golfo de California con características ambientales similares y cuya riqueza biológica sigue siendo desconocida.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto Ciencia Básica de CONACYT 106787. Se agradece el apoyo al Laboratorio de Pesquerías del CIBNOR, en especial a Eloísa Herrera Valdivia, así como a los revisores anónimos por su valiosa atención.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ-CADENA, J., U. ORDÓÑEZ-LÓPEZ, D. VALDÉS-LOZANO, A. ALMARAL-MENDIVIL & A. UICAB-SABIDO. 2007. Estudio anual del zooplankton: composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo, Mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 421-430.
- ARREOLA-LIZÁRRAGA, J. A. 2003. Bases de manejo costero: Patrones ecológicos en la laguna costera Las Guásimas, Territorio Yaqui, México. Tesis doctoral, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S. México. 61 p.
- ATIENZA, D., E. SAIZ & A. CALBET. 2006. Feeding ecology of the marine cladoceran *Penilia avirostris*: natural diet, prey selectivity and daily ration. *Marine Ecology Progress Series* 315: 211-220.
- AZEITEIRO, U. M. M., J. C. MARQUES & P. RÉ. 1999. Zooplankton annual cycle in the Mondego river estuary (Portugal). *Museu Bocage* 3: 239-263.
- BOLTOVSKOY, D. 1999. *South Atlantic Zooplankton*. Vol.2. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1281-1351.
- BRINTON, E., A. FLEMINGER & D. SIEGEL-CAUSEY. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CALCOFI Reports* 27: 228-266.
- CASTILLO-DURÁN, J. A. 2007. Influencia de la variabilidad ambiental de una laguna costera semiárida subtropical en el desarrollo de ostiones *Crassostrea gigas* y *C. corteziensis* bajo condiciones de cultivo. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 51 p.
- CERVETTO, G., R. GAUDY & M. PAGANO. 1999. Influence of salinity on distribution of *Acartia tonsa* (copepoda calanoida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 235: 33-45.
- CONWAY, D. V. P. 2012. Marine Zooplankton of southern Britain. Part 1: Radiolaria, Heliozoa, Foraminifera, Ciliophora, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera and Mollusca. Occasional Publications. The Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 25:1-138.
- DE SILVA-DÁVILA, R., R. PALOMARES-GARCÍA, A. ZAVALA-NORZAGARAY & D.C. ESCOBEDO-URÍAS. 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplankton en Navachiste, Sinaloa, 4(1): 26-39. In: Hendrickx, M.E. (Ed). *Contributions to the study of East Pacific crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 26-39.
- ELOIRE, D., P. J. SOMERFIELD, D. V. P. CONWAY, C. HALSBAND-LENK, R. HARRIS & D. BONET. 2010. Temporal variability and community composition of zooplankton at station L4 in the Western Channel: 20 years of sampling. *Journal of Plankton Research* 32 (5): 657-679.
- FARFÁN, B.C. & S. ÁLVAREZ-BORREGO. 1992. Biomasa del zooplankton del alto Golfo de California. *Ciencias Marinas* 18 (3): 17-36.
- FRANCO-GORDO, C., E. GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ & E. SUAREZ-MORALES. 2001. Zooplankton Biomass Variability in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Pacific Science* 55 (2): 191-202.
- GILBERT, J., 2000. Seasonal plankton dynamics in a Mediterranean hypersaline coastal lagoon: the Mar Menor. *Journal of Plankton Research* 23: 207-217.
- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPER & P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education y Data Analysis. *Palaentologia Electronica* 4(1): 1 - 9 p. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HARRIS, R.P., P.H. WEIBE, J. LENZ, H.R. SKJODAL & M. HUNTLEY (eds.) 2000. *ICES Zooplankton Methodology Manual*. San Diego, CA: Academic Press. 684 p.

- HERNÁNDEZ-NAVA, M. F. & S. ALVAREZ BORREGO. 2013. Zooplankton in a whale shark (*Rhincodon typus*) feeding area of Bahía de los Ángeles (Gulf of California). *Hidrobiológica* 23 (2): 198-209.
- HERNÁNDEZ-TRUJILLO, S., G.M. ESQUEDA-ESCÁRCEGA & R. PALOMARES-GARCÍA. 2010. Zooplankton abundance variability in Magdalena Bay, Baja California Sur, México (1997-2001). *Latin American Journal of Aquatic Research* 38: 438-446.
- JIMÉNEZ-PÉREZ, L.C. & J.R. LARA-LARA. 1988. Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño event. *CalCOFI Reports*. 29: 122-128.
- LARA-LARA, J. R., J. A. ARREOLA-LIZÁRRAGA, L.E. CALDERÓN-AGUILERA, V. F. CAMACHO-IBAR, G. DE LA LANZA-ESPINO, A. ESCOFET-GIANSONE, M. I. ESPEJEL-CARVAJAL, M. GUZMÁN-ARROYO, L. B. LADAH, M. LÓPEZ-HERNÁNDEZ, A.E. MELING-LÓPEZ, P. MORENO-CASASOLA, H. REYES-BONILLA, E. RÍOS-JARA & J.A. ZERTUCHE GONZÁLEZ. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. In: J. Soberón, G. Halffer & J. Llorente, (eds.). "Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad". CONABIO. 134 p.
- LAVANIEGOS-ESPEJO, B. E. 2007. El papel del zooplancton en la transferencia del carbono en el Océano. In: Hernández de la Torre, B. & G. Gaxiola-Castro, (eds.). "Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México". Instituto Nacional de Ecología, pp. 129-139.
- LAVANIEGOS-ESPEJO, B. E. & E. GONZÁLEZ-NAVARRO. 1999. Grupos principales del zooplancton durante El Niño 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 47 (1): 129-140.
- LAVANIEGOS-ESPEJO, B. E., G. HECKEL & P. LADRÓN-DE GUEVARA. 2012. Seasonal variability of copepods and cladocerans in Bahía de los Ángeles (Gulf of California) and importance of *Acartia clausi* as food for whale sharks. *Ciencias Marinas* 38 (1a): 11-30.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. & F.J. ÁLVAREZ-TELLO. 2013. The Jellyfish fishery in México. *Agricultural Sciences* 4 (6A): 57-61.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. & C. SALINAS-ZAVALA. 1996. El fitoplancton de primavera de la laguna de Las Guásimas, Sonora. *Oceanología* 2 (10): 83-95.
- MARQUES S. C., U. M. AZEITEIRO, J. C. MARQUES, J. M. NETO & M. A. PARDAL. 2006. Zooplankton and ichthyoplankton communities in a temperate estuary: spatial and temporal patterns. *Journal of Plankton Research* 28: 297-312.
- MÁRQUEZ-ROJAS, B., L. TROCCOLI, L. M. MARCANO, J. MORALES, T. ALLEN, B. MARÍN & R. DÍAZ-RAMOS. 2011. Estructura comunitaria del zooplancton en dos localidades del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanografía* 50 (2): 103-119.
- MCDONALD, J. H. 2014. *Handbook of Biological Statistics* (3rd Ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland. 287 p.
- OLESEN, N.J. 1995. Clearance potential of jellyfish *Aurelia aurita*, and predation impact on zooplankton in a shallow cove. *Marine Ecology Progress Series* 124: 63-72.
- ONBÉ, T. & T. IKEDA. 1995. Marine cladocerans in Toyama Bay, southern Japan Sea: seasonal occurrence and day-night vertical distributions. *Journal of Plankton Research* 17: 595-609.
- PADILLA-SERRATO, J. G. 2011. Papel ecológico de la medusa bola de cañón (*Stomolophus meleagris*, Agassiz, 1862) en la laguna costera de Las Guásimas, Sonora, México. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Guaymas, Sonora, México. 71 p.
- PALOMARES-GARCÍA, R., E. SUÁREZ-MORALES & S. HERNÁNDEZ-TRUJILLO. 1998. *Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico mexicano*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 352 p.
- RAYBAUD, V., P. NIVAL, L. MOUSSEAU, A. GUBANOVA, D. ALTUKHOV, S. KHVOROV, F. IBAÑEZ & V. ANDERSEN. 2008. Short term changes in zooplankton community during the summer-autumn transition in the open NW Mediterranean Sea: species composition, abundance and diversity. *Biogeosciences* 5: 1765-1782.
- RAZOULS C., F. DE BOVEE, J. KOWENBERG & N. DESREUMAUX. 2012. *Diversity and geographic distribution of marine planktonic copepods*. <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>.
- SMITH, D.L. & K.B. JOHNSON. 1996. *A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae*. Kendall-Hunt Pub. Co. Dubuque, Iowa. 221 p.
- SMITH, P.E. & S.L. RICHARDSON. 1979. *Standard techniques for pelagic fish eggs and larvae surveys*. FAO Fisheries Technical Paper 175. Miami, Florida, USA. 107 p.

Recibido: 19 enero de 2015.

Aceptado: 28 septiembre 2015.