

## Composición por grupos y abundancia del mesozooplankton en la Laguna Inferior (Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, México), en mayo y septiembre-octubre de 2007

Antonio López Serrano\*, Saúl Jaime Serrano Guzmán\*\*

### Resumen

En la Laguna Inferior (Sistema Lagunar Huave, Oaxaca), el zooplankton es un indicador biológico de cambios hidrográficos, cuyos ciclos de vida se acoplan a temporadas de secas y lluvias. Es un cuerpo de agua somero (4m) con altas temperaturas y salinidades. Se caracterizó la variación espacio-temporal de biomasa, composición y abundancia por grupos taxonómicos en mayo y septiembre-octubre de 2007, y se determinó su relación con temperatura superficial, salinidad y oxígeno disuelto. Se realizaron colectas biológicas (red Calcofi 330  $\mu\text{m}$ ) y registros hidrográficos (sonda multiparámetros). Se obtuvo la biomasa (peso húmedo), identificación y cuantificación de los grupos taxonómicos. La biomasa fue similar en ambas temporadas. En secas, la laguna presentó mayor temperatura, salinidad y oxígeno; los copépodos fueron más abundantes en la región centro-sur (Barra de San Francisco-Estero "Los Otates"), seguidos de zoeas, medusas (*Stomolophus meleagris*), chaetognatos y quistes (*Artemia* sp.). La temperatura y el oxígeno ejercieron mayor efecto en la abundancia de copépodos ( $r=0.58$ ,  $r^2=21\%$ ,  $p>0.05$ ). En lluvias la abundancia total disminuye, pero prevalece la misma proporción por grupos. Se determinó al oxígeno como variable relacionada con la abundancia. El patrón de abundancia identificado puede relacionarse con áreas de alimentación y crecimiento de larvas y

### Abstract

In Laguna Inferior (Huave Lagoon System, Oaxaca), the zooplankton is a seasonal proxy of hydrographic changes; their life cycles are coupled with dry and rain seasons. The lagoon is shallow, warmer and saltier (4m). Seasonal and spatial variability in biomass, main taxa composition and abundance in dry and rain seasons was characterized in May and September-October of 2007, and their relationship with surface temperature, salinity and dissolved oxygen was determined. Biological samples (Calcofi net 330  $\mu\text{m}$ ) and hydrographic data (multiparameter device) were collected. Biomass (wet weight), taxa identification and abundance for main taxonomic groups. Results show biomass was similar in both seasons, copepods were more abundant in middle and south regions (Barra de San Francisco-Estero "Los Otates") followed by zoeas, jellyfish (*Stomolophus meleagris*), chaetognats and quist (*Artemia* sp.). Temperature and oxygen affect the abundance of copepods ( $r=0.58$ ,  $r^2=21\%$ ,  $p>0.05$ ). In rain season total abundance decreases although remains same proportion between groups, the oxygen was determined as the main variable related with abundance. The spatial pattern identified could be related with larvae and copepod feeding and growing areas in "Estero Xhubabeza", and also with hydrologic process and turbulent mixing, perhaps related with shallow bottom. Also,

Autor para correspondiente: juvaldelamar@gmail.com

\* Instituto de Recursos.

\*\* Instituto de Industrias, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México, Apartado postal. 47. Código postal 70902.

copépodos en el “Estero Xhubabeza”, conproce-  
sos hidrológicos termohalinos, y mezcla turlenta  
por viento, dado su carácter somero. La presencia  
de quetognatos en Laguna Inferior indica persis-  
tencia de ambientes marinos. El escenario para la  
Laguna Inferior, plantea la estacionalidad secas-  
lluvias como un factor importante en la presencia,  
distribución y abundancia del mesozooplancton.

**Palabras clave:** acoplamiento, copépodos,  
estacionalidad, hidrología, *Stomolophus* sp.

the presence of chaetognats suggests persistence of  
marine environments. The ecological scenario for  
Inferior Lagoon considers the dry and rain seasons  
as a relevant factor to explain the presence, dis-  
tribución and abundance of the mesozooplancton  
groups.

**Key words:** coupling, copepods, seasonal  
variability, hydrology, *Stomolophus* sp.

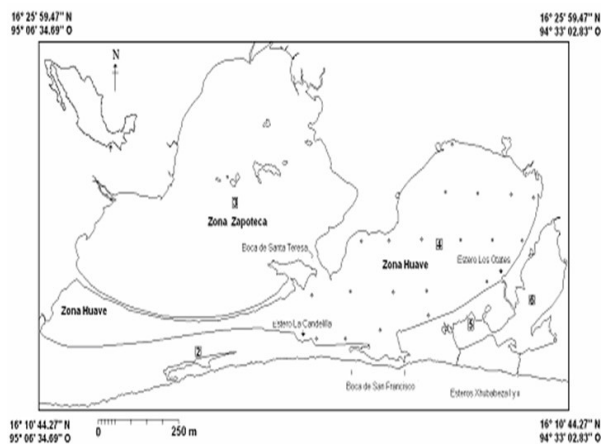
## Introducción

El estudio de los mecanismos que regulan la  
riqueza del zooplancton en sistemas acuá-  
ticos es esencial para comprender el funcio-  
namiento y conservación de estos ambientes  
(Aranguren-Riaño et al. 2011). En sistemas  
estuarinos, la variabilidad en su abundancia  
y distribución se modifica estacionalmente  
(Longhurst & Pauly 1987), acoplándose a los  
diferentes escenarios hidrográficos asociados  
a condiciones euri o estenohalinas, las cuales  
determinan la detección de áreas preferen-  
ciales para la selección óptima del hábitat.  
En el Sistema Lagunar Huave (SLH), Oaxaca,  
México, la selección óptima de hábitat se ha  
caracterizado para los juveniles de camarón  
blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931),  
como respuesta a su tolerancia a la tempera-  
tura, salinidad y concentración de oxígeno  
(Williams 1958).

La Laguna Inferior pertenece a un conjunto  
de lagunas interconectadas, que forman al  
SLH localizado en el Istmo de Tehuantepec,  
y que está constituido principalmente por:  
Mar Tileme, Laguna Quirio, Laguna Superior,  
Laguna Inferior, Laguna Oriental y Laguna  
Occidental (Fig. 1), y otros cuerpos de agua efí-  
meros. Las Lagunas Superior e Inferior están  
comunicadas permanentemente por la “Boca  
de Santa Teresa”, el estero “Los Otates” comu-  
nica permanentemente a la Laguna Inferior con  
las Lagunas Oriental y Occidental. La Laguna  
Inferior tiene una longitud de 20 km, y 12 km  
de ancho conectando periódicamente con el  
Golfo de Tehuantepec por la “Boca de San  
Francisco” (que permaneció cerrada de junio-  
julio de 2006 a septiembre de 2009), recibe  
aportes temporales de agua dulce proveniente

de la región de la “Boca de Santa Teresa” y  
esteros circundantes. Es un cuerpo de agua  
somero, cuya profundidad máxima está repor-  
tada en la región de confluencia con la Laguna  
Superior, así como alrededor de las islas que  
alberga la Laguna Superior (6 a 8 m), formando  
la mayor cuenca del sistema. Gluyas (1982) la  
considera como un estuario durante el verano,  
otoño e invierno (equivalente a la temporada  
de lluvias) y como un antiestuario durante  
la primavera (temporada de secas), con valo-  
res de salinidad y temperatura más altos en  
su porción más interna o “cabeza”, que en la  
Boca-barra de San Francisco.

El propósito de este trabajo fue caracteri-  
zar la composición y abundancia del meso-  
zooplancton recolectado a partir de muestras  
superficiales en la Laguna Inferior del SLH;



**Figura 1.** Localización geográfica del Sistema Lagunar  
Huave (SLH). Los números corresponden a 1) Mar  
Tileme, (2) Laguna Quirio, (3) Laguna Superior,  
(4) Laguna Inferior, (5) Laguna Oriental y (6)  
Laguna Occidental las lagunas que lo constitu-  
yen, y los puntos son las estaciones de monitoreo  
hidrobiológico.

describir la variación temporal durante las temporadas de secas (mayo) y lluvias (agosto-octubre), en el año 2007 y determinar su relación con variables hidrográficas, particularmente temperatura superficial, salinidad y oxígeno disuelto.

Si bien a nivel de grandes grupos taxonómicos los estudios sobre zooplancton son importantes para ofrecer un panorama general de un cuerpo de agua determinado (Clark et al. 2001, Lavaniegos *et al.* 1999) Lavaniegos & Okham 2007, Alvarez-Cadena et al. 2009 Okolodkov *et al.* (In: Kattel, 2011) para Oaxaca, los estudios sobre zooplancton en los sistemas lagunares y costa de Oaxaca son escasos.

Para el golfo de Tehuantepec se reportan los trabajos de Ayala-Duval *et al.* (1996) y Ayala-Duval *et al.* (1998), quienes estudiaron la distribución espacial y temporal de la biomasa zooplanctónica y la distribución de larvas de las familias Clupeidae, Engraulidae, Synodontidae, Ophidiidae y Orden Pleuronectiformes durante enero, mayo y noviembre de 1989. Para las larvas encontraron que en enero, los pleuronectiformes y los sinodóntidos registraron sus valores máximos (39,000 y 3,000 larvas /100 m<sup>3</sup> respectivamente). En noviembre, los clupeidos, engráulidos y ofídidos presentaron los máximos (68,000, 49,400 y 1200 larvas /100 m<sup>3</sup>). Estos autores propusieron que la distribución obtenida en enero y noviembre fue inducida por las surgencias y los aportes de las lagunas costeras, mientras que en mayo la biomasa zooplanctónica estuvo determinada por las corrientes prevalecientes que ascienden sobre la pendiente continental de Chiapas.

Fernández-Álamo *et al.* (2000) identificaron y analizaron las principales asociaciones de copépodos pelágicos en el Golfo de Tehuantepec durante la etapa final del proceso de surgencia en 1978 mediante análisis de correspondencia. Encontraron dos asociaciones principales: la nerítica y la oceánica. La asociación nerítica se localiza sobre aguas de la plataforma continental cuyas especies características fueron *Microsetella* norvegica (Boeck, 1865), *Macrosetella gracilis* (Dana, 1847), *Nannocalanus minor* (Claus, 1863), *Centropages*

*furcatus* (Dana, 1849) , *Corycaeus speciosus* (Dana, 1849) y *Subeucalanus subcrassus* (Giesbrecht, 1888). La asociación oceánica presentó a *Copilia vitrea* (Haeckel, 1864), *Eucalanus inermis* (Giesbrecht, 1893), *Scolecithricella abyssalis* (Giesbrecht, 1888), *Haloptilus spp.* y *Rhincalanus spp.* La composición de estas asociaciones corresponde con la fisiografía de la zona, y el fuerte gradiente de variación en dirección costa-océano comúnmente observado en otras asociaciones de organismos planctónicos.

En la Bahía la Ventosa, Oaxaca, México, Álvarez Silva *et al.* (2003) identificaron cinco especies de copépodos planctónicos; *Labidocera acuta* (Dana, 1849) *Labidocera lubbockii* (Giesbrecht, 1889, aceptada como *Labidocera darwinii* Lubbock, 1853), *Pontella agassizi* (Giesbrecht, 1895 ), *P. tenuiremis* (Giesbrecht, 1889) y *Pontellina plumata* (Dana, 1849), en muestras de zooplancton recolectadas en abril y julio de 1987, febrero y junio de 1988, junio y noviembre de 1992 y abril de 1993. *L. acuta* presentó la mayor abundancia (95.7 % de los Pontellidos), y en menor porcentaje *L. lubbockii* (4.09 %). Estos autores sugieren que el éxito reproductivo de *L. acuta* es favorecido probablemente por su resistencia a los cambios de temperatura y salinidad y proponen que el incremento en la densidad de copépodos entre los años 1987-1988 y 1992-1993 pudo estar relacionada con procesos locales (surgencia) al inicio y final de año.

En zonas costeras, Álvarez-Silva *et al.* (2006) realizaron un estudio sobre la composición y abundancia del zooplancton de los sistemas estuarinos de Chantuto y Panzacola, Chiapas, México, para secas (mayo de 1997) y lluvias (julio de 1997), encontrando diferencias entre ambas. Identificaron 20 especies zooplanctónicas, un género del *Phylum Chaetognata*, 11 formas larvares y varios huevos de peces de especies no identificadas. En la época de secas dominaron los copépodos *Canthocalanus pauper* (Giesbrecht, 1888) y *Pseudodiaptomus culebrensis* (Marsh, 1913), mientras que en lluvias fue la especie *Oithona nana* Giesbrecht, 1893. El trabajo de Pantaleón-López *et al.* (2005) sobre abundancia y distribución por

grupos del zooplancton en las lagunas de Chacahua puede considerarse como referencia más reciente para la región.

Particularmente, para el SLH se posee un conocimiento fragmentado acerca del zooplancton. Se encuentran los trabajos de Ocaña-Luna & Gómez-Aguirre (1999), quienes analizaron la distribución de la biomasa de la medusa bola de cañón *Stomolophus meleagris* (Agassiz 1862) en las lagunas Superior e Inferior en mayo, agosto y octubre de 1988. Para mayo su ocurrencia fue menor a 1 Ind./100 m<sup>3</sup>; en agosto encontraron de 12 a 42 Ind./100 m<sup>3</sup> en áreas de influencia marina y de 8 a 14 Ind./100 m<sup>3</sup> en aguas salobres; en octubre registraron 119 Ind./100 m<sup>3</sup>. La biomasa expresada como peso húmedo, correspondiente a estaciones en el mes de octubre, fluctuó de 422.9 a 3,787.7 g/100 m<sup>3</sup>, y la estimada por volumen desplazado varió de 447.8 a 4,160.7 g/100 m<sup>3</sup>.

En este trabajo, se presenta por primera vez en el SLH, un estudio sobre la respuesta del mesozooplancton en términos de composición y abundancia de los grupos más representativos bajo dos diferentes condiciones hidrográficas: una con mayor evaporación en abril y mayo, y otra con alta precipitación pluvial de agosto a octubre (Anónimo 2011) (Fig. 2). Mediante el análisis de la distribución espacial y temporal, y considerando el tipo de explotación que se ejerce sobre las especies de interés comercial, es posible generar información de importancia ecológico-pesquera sobre

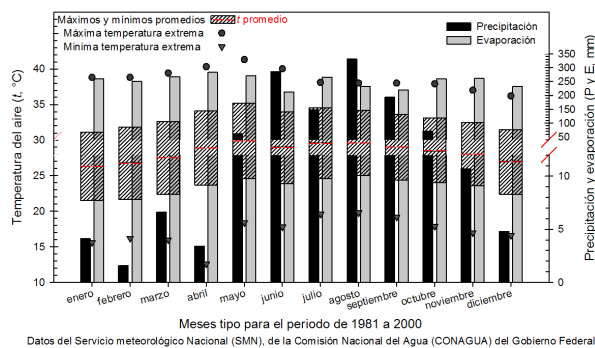
zonas que, por su alta densidad larvaria y presencia de especies de interés comercial en estadios juveniles permitan enriquecer el conocimiento sobre los procesos de acoplamiento físico-biológico de las comunidades zooplanctónicas que sirva como información complementaria para establecer estrategias de conservación y manejo sustentables de especies comercialmente explotables.

## Materiales y métodos

Durante 2007 se realizaron muestreos de zooplancton y registro de variables hidrográficas en una red de estaciones equidistantes 500m. El primero fue realizado en temporada de secas (10 al 12 de mayo) con 20 estaciones, y el segundo en temporada de lluvias (agosto a octubre) con 15 estaciones. En cada estación se registró la fecha, hora y posición geográfica (latitud y longitud) de la recolecta de muestras de zooplancton superficial.

Para las operaciones de campo se utilizó una lancha de fibra de vidrio de 23 pies de eslora y 4 de manga con motor fuera de borda. Los registros para temperatura, (°C), salinidad (UPS) y oxígeno disuelto (mg/l) fueron obtenidos mediante una sonda multivariables 6600 de YSI® (Yellow Spring Inc., acoplada a una consola 650 MDS YSI®) colocada 0.25 m por debajo del espejo de agua. Las muestras de zooplancton se obtuvieron realizando arrastres superficiales y circulares a velocidad de 2 nudos, durante cinco minutos, mediante una red para zooplancton de tela Nynetex de 350 µm de abertura de malla y 50 cm de diámetro de boca, en la que se instaló un flujómetro General Oceanics con rotor estándar. A partir de las diferencias en el número de revoluciones antes y después de cada arrastre se calculó el volumen de agua filtrada, siguiendo el procedimiento descrito por Kramer *et al.* (1972) y Zavala-García & Espinoza-Fuentes (*In: Granados-Barba et al.* 2000).

Cada muestra de zooplancton se concentró en frascos de plástico de 250 y/o 500 ml, a los que se agregó una solución de formaldehído al 4 % con bórax a saturación (para mantener un pH superior a 8.0). En cada muestra homogeneizada se realizó una identificación



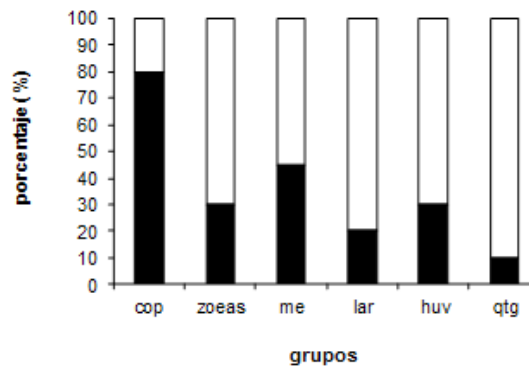
**Figura 2.** Temperatura del aire ( $t$ , en °C, máximos, mínimos y promedios), precipitación y evaporación (P y E, en mm) en Salina Cruz, Oaxaca, durante el periodo de 1981- 2000.



taxonómica y una estimación de la composición y abundancia por grupos, a través de la obtención y análisis de dos alícuotas de 10 ml. La identificación se realizó utilizando las claves de Omori & Ikeda (1992); Todd & Laverack (1991) y Raymont (2001). La densidad de zooplancton por estación de muestreo se estandarizó según la metodología de Raymont (2001) a organismos por metro cúbico de agua filtrada (ind./m<sup>3</sup>). Se determinaron los porcentajes de presencia-ausencia para los grupos del mesozooplacton recolectado en cada estación y temporada de muestreo (secas y lluvias) comparándolos entre sí mediante diagramas de caja y bigotes "box & whisker". Un análisis exploratorio de frecuencias reveló fuertes diferencias en la abundancia por grupos, por lo que se consideró como descriptores estadísticos a la mediana y los cuartiles, así como la aplicación de un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. La biomasa total por estación, se estimó mediante el método de peso húmedo reportado por Zavala-García & Flores-Coto (1989) a través de la siguiente relación:

Biomasa zooplanctónica = [(Peso neto, en gr) / (Volumen filtrado, en m<sup>3</sup>)]\*100, donde peso neto es el peso del mesozooplacton una vez sometido a filtración por vacío.

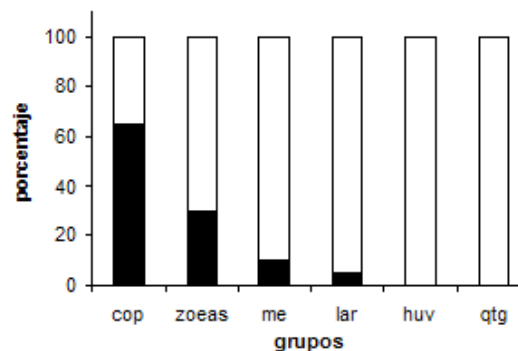
La comparación de las variables por temporada (secas vs. lluvias) se realizó a través de una prueba "t" de Student para diferencia de medias (considerando un nivel de significancia,  $\alpha=0.05$ ). La relación entre la densidad de zooplancton y las variables hidrográficas ambientales fue representada mediante diagramas de dispersión ajustados con base en el modelo de regresión lineal múltiple paso a paso, considerando a los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto como variables predictoras, y a la densidad de zooplancton por estación de muestreo como variable respuesta. Los modelos de regresión lineal fueron resueltos con el programa computacional Statistica versión 7. Se obtuvo el modelo lineal múltiple, coeficiente de determinación y se graficó la tendencia de los predictores significativos ( $P < 0.05$ ) con el zooplancton por temporada de muestreo.



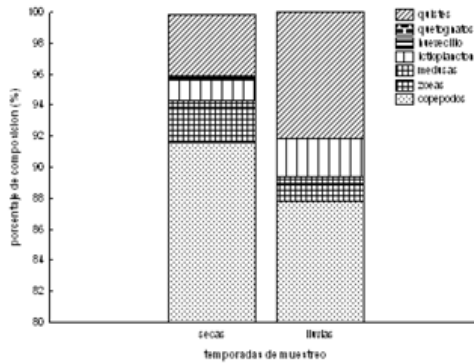
**Figura 3.** Porcentajes de presencia (barras negras) y ausencia (barras blancas) de copépodos (cop) zoeas, medusas (me), larvas (lar), huevos (huv) de peces, y quetognatos (qtg), recolectados en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, durante la temporada de secas (mayo) 2007.

### Resultados

Para la temporada de secas, el grupo que tuvo una mayor ocurrencia en las estaciones de muestreo fueron los copépodos (80%) y en menor medida los quetognatos (10%), Medusas, huevecillos de pez y zoeas tuvieron una ocurrencia reducida (Fig.3). Durante la temporada de lluvias, los copépodos nuevamente fueron el grupo más abundante, si bien con menor presencia en las estaciones. Las zoeas, medusas y larvas tuvieron una menor presencia y no se encontraron huevos de peces ni quetognatos para esta temporada (Fig.4).

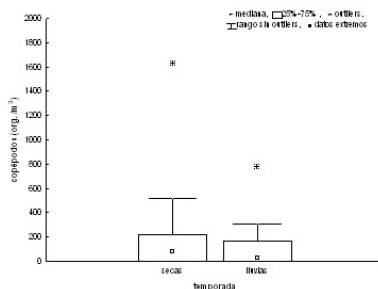


**Figura 4.** Porcentajes de presencia (barras negras) y ausencia (barras blancas) de copépodos (cop) zoeas, medusas (me), larvas (lar), huevos (huv) de peces, y quetognatos (qtg), recolectados en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, durante el periodo de lluvias (septiembre-octubre) de 2007.



**Figura 5.** Porcentajes de composición de los grupos del mesozooplankton recolectados en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, en temporadas de secas (mayo) y lluvias (septiembre-octubre) de 2007.

La comparación de abundancia por grupos entre secas y lluvias mostró que los copépodos obtuvieron los porcentajes más altos (entre 97 y 84% de la abundancia en todas las estaciones para cada temporada, Fig. 5). Entre temporadas se observó para secas una abundancia ligeramente mayor, con 1,624.3 ind./m<sup>3</sup> (Fig. 6); la prueba de contraste entre temporadas no arrojó diferencias significativas (H K-W (1,34) = 0.66, P > 0.05). Se registró la presencia

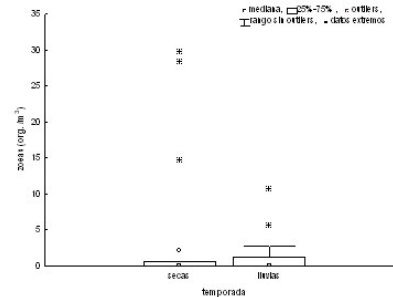


**Figura 6.** Abundancia de copépodos (ind./m<sup>3</sup>) en función de la temporada de muestreo en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, durante 2007.

de quistes del crustáceo *Artemia sp*, con abundancias de 4 y 6% respectivamente; las zoeas y el ictioplancton presentaron porcentajes bajos de abundancia y los quetognatos contribuyeron con porcentajes bajos sólo en temporada de secas.

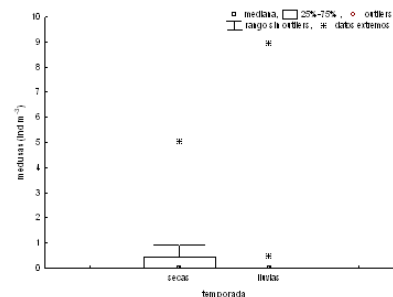
En el caso de las zoeas, la comparación de los diagramas de caja mostró densidades bajas en ambas temporadas, con una menor abundancia y dispersión en las muestras colectadas en lluvias (Fig. 7). El análisis de contraste de medianas no fue significativo (H K-W (1,34)

= 0.0808, P > 0.05). La medusa *Stomolophus meleagris* (Agassiz 1862) presentó una abundancia más alta en el período de secas, el resultado de la prueba de contraste sugiere un efecto estacional, aunque el tamaño de muestra no permitió validar conclusiones (H K-W (1,34) = 3.1457, P < 0.05, Fig. 8).



**Figura 7.** Abundancia de zoeas (ind./m<sup>3</sup>) en función de la temporada de recolecta de muestras en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, durante 2007.

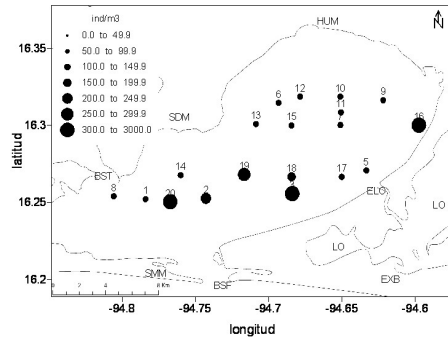
Para la distribución espacial, se consideró a la abundancia de copépodos como indicadora de cambios en la respuesta de la fracción zooplanctónica en ambos escenarios ambientales. En secas, las porciones central y sur de la laguna concentraron las mayores abundancias de copépodos, donde la estación 3 presentó los máximos valores (1,624.3 ind./m<sup>3</sup>), entre la Barra de San Francisco y el estero de "Los Otates" decreciendo hacia la zona de los ríos. La región con menor abundancia fue la adyacente a la Laguna Oriental (0.61 ind./m<sup>3</sup>), caracterizada por manglares, y la zona del "Estero Xhubabeza", Las estaciones 20, 19 y 16 presentaron también altas abundancias (Fig. 9). Por el contrario, en lluvias la abundancia es considerablemente menor, los valores máximos se alcanzan en la porción central



**Figura 8.** Abundancia de la medusa *Stomolophus meleagris* (ind./m<sup>3</sup>) en función de la temporada de recolecta en la Laguna Superior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, durante 2007.

de la laguna y en la estación frente al estero "Los Otates", en esta temporada no se identificó un patrón espacial definido (Fig. 10).

Para las variables hidrográficas hubo una clara diferenciación en las condiciones hidrológicas de la Laguna entre temporadas. Para temporada de secas, se encontró que la temperatura y la salinidad son considerablemente más altas.



**Figura 9.** Distribución espacial de copépodos (ind./m<sup>3</sup>) en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, en la temporada de secas, mayo 2007. Las localidades indicadas son: SMM: Santa María Del Mar, SDM: San Dionisio del Mar, BST: Boca De Santa Teresa, BSF: Boca de San Francisco, LO: Laguna Oriental, HUM: Estero Huamúchil, ELO: Estero Los Otates, EXB: Estero Xhubabeza.

Se registró un incremento en el oxígeno disuelto en esta temporada, con una mayor variación en los datos durante la temporada de lluvias (Tabla 1). Los resultados de la prueba "t" indicaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para estas variables en ambas temporadas ( $t_{\text{temperatura}} = 9.75$ ;  $t_{\text{salinidad}} = 46.10$ ;  $t_{\text{oxígeno}} = -2.31$ ;  $g.l. = 24$ , Tabla 2).

En la relación con la hidrografía, los máximos de abundancia de copépodos se asociaron a un intervalo entre 30.4 y 31.1°C, con prevalencia de abundancias bajas en el resto del intervalo. No se identificó relación lineal estas dos variables. Con relación a la salinidad, se observaron dos máximos asociados a 44.2 UPS y 44.5 UPS, nuevamente predominaron bajas abundancias (70 ind./m<sup>3</sup>). Con el oxígeno se observó un incremento en la abundancia a partir de los 6.5 mg/l. El intervalo total de variación de esta variable osciló entre 5 y 8 mg/l y la más alta abundancia (1,624.3 ind./m<sup>3</sup>) correspondió con la concentración más alta de oxígeno (Fig. 11).

En el análisis de regresión lineal múltiple, el modelo obtenido estuvo asociado a valores bajos de correlación, no significativos ( $r = 0.58$ ,  $r^2 = 34\%$ ,  $F_{(2,8)} = 2.10$ ,  $P > 0.05$ ), los

**Tabla 1.-** Valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (promedio + d.s.) obtenidos en la Laguna Inferior, SLH para las temporadas de secas (mayo) y lluvias (agosto-octubre) de 2007.

variable	promedio secas	desv. std. secas	promedio lluvias	desv. std. lluvias
salinidad	44.34	0.16	30.07	1.01
temperatura	30.99	0.43	27.60	1.08
oxígeno	6.84	0.89	7.98	1.43

**Tabla 2.** Resultados del contraste entre temporadas (secas vs lluvias), mediante la prueba "t" para cada una de las variables de interés analizadas.

Estadístico de prueba, grados de libertad y nivel de significancia	Variables de interés		
	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno disuelto (mg l <sup>-1</sup> )
"t"	9.75	46.10	-2.31
g.l.	24	24	24
P	< 0.05	< 0.05	< 0.05

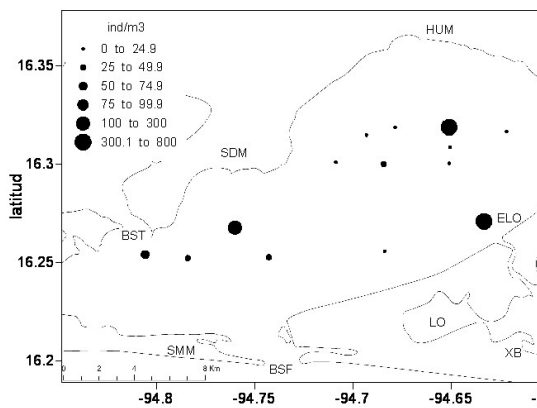


Fig. 10. Distribución espacial de copépodos (ind./m<sup>3</sup>) en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, en la temporada de lluvias, agosto-octubre 2007. Las localidades indicadas son: SMM: Santa María Del Mar, SDM: San Dionisio del Mar, BST: Boca De Santa Teresa, BSF: Boca de San Francisco, LO: Laguna Oriental, HUM: Estero Huamúchil, ELO: Estero Los Otates, EXB: Estero Xhubabeza.

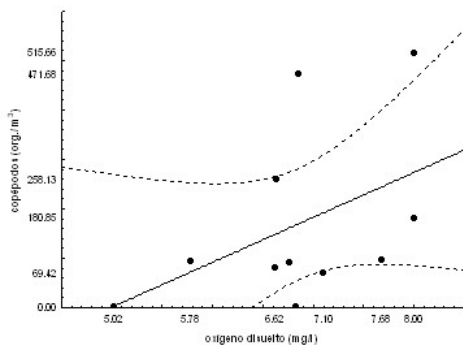


Fig. 11. Abundancia de copépodos en función del oxígeno disuelto (mg/l) en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, para la temporada de secas (mayo 2007). Las bandas (líneas punteadas) representan el intervalo de confianza al 95% sobre el modelo lineal ajustado (línea continua) a los datos bivariados (puntos).

coeficientes parciales señalaron a la temperatura y el oxígeno disuelto ( $r = 0.58$ ,  $r^2 = 21\%$ ) como las variables más relacionadas con la abundancia de copépodos en esta temporada, aunque tampoco fueron significativas ( $P > 0.05$ ).

La temporada de lluvias (de mayo a octubre) tuvo cambios importantes en las condiciones hidrográficas con respecto a secas. La temperatura y salinidad disminuyeron (de 30.9°C a 27.0°C, y de 44.3 UPS a 30.5 UPS), y la concentración de oxígeno disuelto aumentó (de 6.8 mg/l a 8.1 mg/l). En esta temporada la abundancia total de organismos disminuyó

(de 176.5 a 158 ind./m<sup>3</sup>). En general prevalecieron condiciones meteorológicas asociadas con las perturbaciones tropicales en la región del Pacífico Tropical Oriental.

En esta temporada, se identificaron máximos de abundancia entre 27.3 y 28.5°C (50% de las observaciones). Posterior a este valor, la abundancia disminuyó abruptamente, con menos del 5% de las observaciones registradas (Fig. 12). El valor de correlación fue bajo ( $r = 0.11$ ), por lo que no se considera una relación lineal significativa. La relación con el oxígeno fue similar a la que se encontró para la temporada de secas.

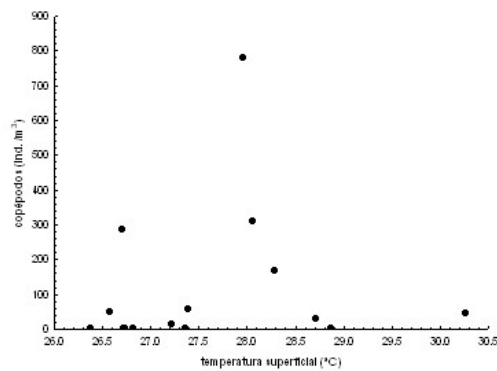


Fig. 12. Abundancia de copépodos en función de la temperatura superficial en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, para la temporada de lluvias (septiembre-octubre de 2007).

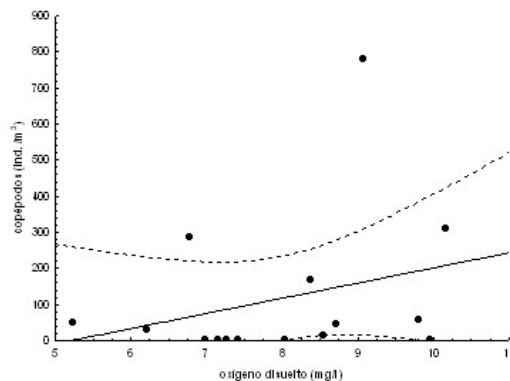


Fig. 13. Abundancia de copépodos en función de la concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en la Laguna Inferior, Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, para la temporada de lluvias (septiembre-octubre de 2007). Las bandas (líneas punteadas) indican el intervalo de confianza al 95% sobre el modelo lineal ajustado (línea continua) a los datos bivariados (puntos).



La abundancia de organismos se incrementó en zonas con altas concentraciones de oxígeno, aunque disminuyó a partir de 10 mg/l (Fig. 13). El modelo de regresión múltiple consideró a esta variable como la única involucrada (abundancia  $_{(ind./m^3)} = 42.0781 \cdot [O_2] - 219.361$ ;  $r^2 = 0.28$ ,  $P < 0.05$ ).

## Discusión

En la Laguna Inferior, el comportamiento de las variables ambientales, particularmente temperatura en ambas temporadas coincide con lo reportado por otros autores (Salinas-Horta *et al.* 1996), quienes mencionan que esta variable oscila entre 24 y 33.4°C y Ocaña-Luna & Gómez-Aguirre (1999), con valores de 24 a 30°C. La salinidad promedio encontrada (44.3 UPS) en el periodo de secas, confirmó el carácter metahalino de la Laguna, reportado por Salinas-Horta *et al.* (1996), quienes mencionan valores de 47 a 60 UPS. Los valores de oxígeno son similares a lo descrito por estos autores en ambas temporadas (7.26 - 9.42 mg/l). La tendencia de la distribución espacial del mesozooplankton mostró una respuesta diferencial, con alternancia entre agregaciones muy fuertes encontradas en la temporada de secas, contra una distribución más amplia, probablemente relacionada con los procesos hidrológicos termohalinos del SLH, como puede ser la desembocadura de los ríos (para el caso de zoeas) o las variaciones de salinidad (copépodos) durante la temporada de lluvias.

Para algunos de los grupos considerados, identificar los patrones de distribución espacial es de gran importancia como es el caso de las zoeas. En este grupo convergen diversos taxa de crustáceos, entre ellas especies de camarones de importancia comercial, como *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) y *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), y los patrones identificados podrían proporcionar información para estudios posteriores enfocados a analizar la variación temporal de las fases tempranas, como indicadores de las "existencias" futuras de estas especies (Cervantes-Hernández *et al.* 2012).

En este estudio se identificó un periodo de mayor abundancia asociado a la temporada

de secas, y a la zona cercana a San Dionisio del Mar, así como al "Estero Xhubabeza", cercano a Huamúchil, que fueron las regiones de mayor concentración de larvas. Esto coincide con lo reportado por Espinoza-Tenorio *et al.* (In: Alcalá *et al.* 2011). quienes mediante sistemas de información geográfica (SIG), indican regiones de alta abundancia de juveniles de camarón en el SLH (predominantemente de *L. vannamei*) las cuales, en función de la variación ambiental y la cobertura de manglar, han sido consideradas como áreas de protección, alimentación y crecimiento, donde no se lleve a cabo actividad extractiva intensa de adultos que afecte a las poblaciones futuras de juveniles y zoeas de camarón y en consecuencia repercutan directa y negativamente en sus reservas poblacionales.

Debe considerarse que aunque el Sistema Lagunar Huave y la Laguna Inferior estuvieron relativamente aislados de la porción marina circundante, debido al cierre de la "Boca de San Francisco" de mayo-junio de 2006 hasta septiembre de 2010, pueden presentar influencia del ambiente marino en mayor o menor grado. Kaiser *et al.* (2005) y Tait (1987), mencionan que este tipo de cuerpos de agua son lugares altamente favorables para diferentes especies de organismos marinos. Ayala-Duval *et al.* (1998) enfatizan el carácter de desove y crianza de muchas especies de peces comerciales, y mencionan que en la zona costera adyacente al SLH se encuentran abundancias altas de larvas de peces (familia Clupeidae), así como una alta biomasa zooplanctónica, lo cual podría servir como punto de comparación para las poblaciones de mesozooplankton encontradas.

Las zonas con alta concentración de oxígeno podrían relacionarse con procesos de mezcla por viento, aunque para lagunas adyacentes a la Laguna Inferior, como el Mar Tileme, la Laguna Superior y la Laguna Oriental, las concentraciones de oxígeno fueron reportadas bajas. Estas variables son factores de estrés ambiental de importancia en la Laguna, ya que esta se caracteriza por ser somera (<4 m), lo que permitiría una rápida difusión turbulenta en la columna de agua. Solamente dos puntos de muestreo presentaron profundidades

superiores a 5 m, y se encontraban situados en la zona de la Boca-barra de San Francisco y la Boca de Santa Teresa. Este factor ha sido señalado por Aranguren-Riaño *et al.* (2011) como un elemento importante para explicar la riqueza de especies zooplanctónicas en lagos Neotropicales.

Los copépodos fueron identificados como el grupo dominante en ambas temporadas, cuyas abundancias encontradas se ubican dentro del intervalo reportado para la Bahía La Ventosa, Oaxaca (Álvarez-Silva *et al.* 2003) y el sistema estuarino de Chacahua-Pastoría (Álvarez-Silva *et al.* 2006). Es importante recordar que como grupo de especies herbívoras, los copépodos tienen gran importancia en los procesos de pastoreo, y su distribución espacial está asociada a zonas de concentración de fitoplancton, como ha sido descrito para la Bahía de la Paz, Baja California Sur, por Hernández-Trujillo *et al.* (2007); la relación entre la abundancia de este grupo y la temperatura sugiere la existencia de un intervalo óptimo de esta variable favorable para la concentración de individuos. Se identificó además la presencia de la medusa *Stomolophus meleagris* (Agassiz 1860), reportada por Ocaña-Luna & Gómez-Aguirre (1999), aunque a diferencia de estos autores, la mayor abundancia ocurrió en temporada de secas. Esta especie ha sido señalada como un constituyente importante de las comunidades zooplanctónicas del Sistema Lagunar Huave, tanto en ocurrencia como en biomasa; así como un recurso de valor económico del que ya existen antecedentes de explotación, que pueden servir como un punto de referencia que permita diseñar estrategias apropiadas para proteger estas zonas de crecimiento.

El escenario general para la Laguna Inferior, involucra la estacionalidad secas-lluvias como un efecto importante en la distribución y abundancia del mesozooplancton en el Sistema Lagunar Huave. Dentro de este, existen grupos que presentan variaciones importantes en su distribución espacial y dispersión, con capacidad para distribuirse en regiones particulares, según su plasticidad adaptativa a los cambios ambientales. Es posible que las escalas espaciales y temporales de

muestreo hayan condicionado el patrón de distribución de los grupos identificados. Al respecto, Albaina & Irigoien (2007) señalan que las limitaciones en la comprensión y predicción de las distribuciones de plancton en regiones altamente dinámicas surgen de un desfase entre las escalas en las cuales los datos biológicos y físicos son obtenidos, y las escalas en las que las estructuras de mesoescala influyen a estas comunidades. En ambas temporadas, los copépodos fueron el grupo dominante en términos de abundancia, así como el más persistente en su distribución.

A partir de los mapas de distribución de zoeas de crustáceos, se recomienda profundizar en los estudios referentes a los patrones de distribución espacial de las poblaciones del zooplancton en esta zona, así como en los procesos de dispersión, asociadas a la hidrodinámica de la Laguna y del SLH, dada su importancia utilitaria para la pesca de la región.

### Agradecimientos

Agradecemos a todo el personal técnico y operativo que participó en el Proyecto "Plan de Manejo Acuícola y Pesquero de la Zona Huave", en la recolecta de muestras biológicas y datos hidrográficos, así como a los revisores anónimos de este artículo. El trabajo de campo fue financiado con recursos económicos de la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) del Gobierno Federal mexicano y de la Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER) del Estado de Oaxaca, mediante el contrato signado con la Universidad del Mar (UMAR), bajo la clave de unidad programática: I.I.P.E.01/07. Asimismo, agradecemos a Eduardo Ramírez Chávez por el apoyo en la elaboración de los mapas de la región.

### Bibliografía

- Albaina, A. & X. Irigoien. 2007. Fine scale zooplankton distribution in the Bay of Biscay in spring 2004. *Journal of Plankton Research* 17(10): 851-870.
- Álvarez-Silva, C., S. Gómez-Aguirre & M.G. Miranda-Arce. 2003. Variaciones morfológicas en *Blackfordia virginica* Mayer 1910 (Hydroidomedusae:

- Leptomedusae: Blackfordiidae) en lagunas costeras de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* 51(2): 409-412.
- Álvarez-Silva, C., G. Miranda-Arce, G. De Lara-Issasi & S. Gómez-Aguirre. 2006. Zooplankton de los sistemas estuarinos de Chantuto y Panzacola, Chiapas, en época de secas y lluvias. *Hidrobiológica* 16(2): 175-182.
- Álvarez-Cadena, J.N., U. Ordóñez-López, A.R. Almaral-Mendivil & A. Uicab-Sabido. 2009. Composition and abundance of zooplankton groups from a coral reef lagoon in Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico, during an annual cycle. *Revista de Biología Tropical* 57 (3): 647-658
- Anónimo. 2007. Informe Técnico Final del Plan de Manejo Acuícola y Pesquero de la Zona Huave, Oaxaca. Puerto Ángel, Oaxaca, México. Universidad del Mar, 183 pp.
- Anónimo. 2011. Estaciones Climatológicas. Consultado el 27 de febrero de 2012: <http://maps.google.com/maps?f=q&source=embed&hl=es&geocode=&q=http%3F%3Fsm.cna.gob.mx%3Fclimatologia%3Fnormales%3Festacion%3FestacionesClimatologicas.km&ll=51.289954,0.48126&sspn=1.277966,2.458191&ie=UTF8&t=f&ecp=16.38746064,94.85760491,88034.14,-0.002,0,0&ll=16.387461,94.857605&spn=0.60143-7,1.095886&z=11&vpsrc=6>.
- Aranguren-Riaño, N., C. Guisande & R. Osuna. 2011. Factors controlling crustacean zooplankton species richness in Neotropical lakes. *Journal of Plankton Research* 33(8): 1295-1303.
- Ayala-Duval, E., M. del C. Maldonado-Monroy, J.A., Becerril-Martínez, X.M. Ayala-Fernández, V. Barrios-Orozco, D. T. García-Tamayo, & C. Juárez-Ortiz. 1996. Distribución espacial y temporal de la biomasa zooplanctónica en el Golfo de Tehuantepec, México. *Pacific Science* 50 (4): 415-426.
- Ayala-Duval, E., M. del C. Maldonado-Monroy, J.A., Becerril-Martínez, D. T. García-Tamayo, C. Juárez-Ortiz, J. Blas-Cabrera, V. Barrios-Orozco., J. A. Huerta-González, & A. Almaráz-Gómez. 1998. Distribución de algunos componentes del ictio-plancton y su relación con la biomasa zooplanctónica, Cap. 8: 93-102. *In: Tapia-García, M. (ed). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México* 240 pp.
- Cervantes-Hernández, P., M.I. Gallardo-Berumen. & S.J. Serrano-Guzmán. 2012. Explotación y distribución de la captura artesanal de camarón en el Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, México. *Revista de Investigaciones Marinas y Costeras* 4: 67-81.
- Clark, D.B., Aazem, K.B. & G.C. Hays. 2001. Zooplankton abundance and community structure over a 4000 km transect in the northeast Atlantic. *Journal of Plankton Research*. 23(4): 365-372
- Espinoza-Tenorio, A., L.C. Bravo-Peña, S.J. Serrano-Guzmán, J.A. Ronsón-Paulín, M. A. Ahumada, P. Cervantes-Hernández, E. Robles-Zavala, M.P. Fuentes, R.A. Guerra-Mendoza & M.I. Gallardo-Berumen. 2011. La diversidad étnica como factor de planeación pesquera artesanal: chontales, huaves y zapotecas del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Pp: 167-217 *In: G. Alcalá (ed.). Pescadores en América Latina y el Caribe. Espacio, Población, Producción y Política. Yucatán, México. Facultad de Ciencias, UNAM.*
- Fernández-Alamo M.A., L. Sanvicente-Añorve, & G. Alameda-De-La-Mora. 2000. Copepod assemblages in the Gulf of Tehuantepec, México: *Crustaceana* 73(9):1139-1153.
- Gluyas, M.G. 1982. Distribución de algunas variables físico-químicas durante primavera, verano, otoño e invierno en Laguna Superior, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- Hernández-Trujillo, S., A. Zárate-Villafranco, R. Pacheco-Chávez, G. Esqueda-Escárcega, A.J. Reyes-Hernández & G. Aceves-Medina. 2007. Pastoreo del mesozooplancton sobre el fitoplancton en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. *Hidrobiológica* 17(3): 225-231.
- Kaiser, M.J., M.A. Atrill, S. Jennings, D. Thomas, D.K. Barnes, A.S. Brierley, N. Polunin, D. Rafaelli & P.E. Williams. 2005. *Marine Ecology Process, Systems and Impacts.* Oxford University Press, Oxford, 557 pp.
- Kramer, D., M.J. Calvin, E.G. Stevens, J.R. Tharaibill & J.R. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current region. NOAA Technical Report. National Marine Fisheries Service. Seattle.
- Lavaniegos Espejo, B. E. & E. González Navarro. 1999. Grupos principales del zooplankton durante El Niño 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 47(1):129-140. (PA: CPECA9905-99)
- Lavaniegos, B., & M.D. Okham. 2007. Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *Progress in Oceanography* 75:(1): 42-69
- Longhurst, A. & D.Pauly. 1987. *Ecology of Tropical Oceans.* San Diego, EE.UU.: Academic Press, 407 pp.
- Ocaña-Luna, M., & S. Gómez-Aguirre. 1999. *Stomolophus meleagris* (Scypozoa: Rhizostomeae) en dos lagunas costeras de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 70(2): 71-77.
- Okolodkov, Y.B, J.A. Aké-Castillo, M.G. Gutiérrez-Quevedo, H. Pérez-España, & D. Salas-Monreal. 2011. Annual Cycle of the Plankton Biomass in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Southeastern Gulf of México. *In: Kattel, G. (ed).*

- Zooplankton and Phytoplankton. Nova Science Publishers, Inc. pp 1-26.
- Omori, M. & T. Ikeda. 1992. *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. Krieger Publishing Company. Boca Ratón. 290 pp.
- Pantaleón-López, B., G. Aceves, & I. A. Castellanos. 2005. Distribución y abundancia del zooplancton del complejo lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76: 63- 70.
- Raymont, J.E. 2001. *Plankton and productivity in the oceans. Volume 2-zooplankton*. Oxford, UK: Pergamon Press, 609 pp.
- Salinas-Horta, H.T., I.M. Vázquez & N. Ramírez-Rojas. 1996. Características físicas, químicas y biológicas del Sistema Lagunar Huave, Oaxaca. I. Factores fisicoquímicos del agua. *Boletín del Centro de Investigaciones Pesqueras Salina Cruz* 1(1): 14-22.
- Tait. W.H. 1987. *Fundamentos de Ecología Marina*, Ediciones Omega, Barcelona, 446 pp.
- Todd, C.D. & Laverack, M.S. 1991. *Coastal marine zooplankton: A practical manual for students*. Cambridge University Press, New York, 106 pp.
- Williams, A. 1958. Substrates as factor in shrimp distribution. *Limnology and Oceanography* 3(3): 283-290.
- Zavala-García, F. & C. Flores-Coto. 1989. Medición de biomasa zooplanctónica. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 663 pp.
- Zavala-García, F. & M. Espinoza-Fuentes. 2000. Muestreo de zooplancton. Pp: 448 *In* Granados-Barba, A., V. Solís-Weiss & R.G Bernal-Ramírez, (eds.). *Métodos de muestreo en la investigación oceanográfica*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.

**Recibido:** 09 de Septiembre de 2014

**Aceptado:** 07 de Mayo de 2015