
Variación espacio temporal de los grupos del zooplancton de una laguna hipersalina Xola-Paramán, Jalisco.

Spatial-temporal variation of the zooplankton groups of a hypersaline lagoon Xola-Paramán, Jalisco.

Ramiro Flores Vargas¹, María Guadalupe García Rodríguez¹ y María del Carmen Navarro Rodríguez².

¹Universidad De Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur. Departamento para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras (DEDSZC).

²Centro Universitario de la Costa, Departamento de Ciencias Biológicas (CIRENA: Centro de Investigaciones en Recursos Naturales),

Recibido: 02 de mayo de 2021

Aceptado: 28 de mayo de 2021

RESUMEN

El zooplancton es un componente fundamental en la estructura trófica de los ecosistemas acuáticos. El presente estudio se desarrolló en la laguna Xola-Paramán, Jalisco, donde se determinó la composición y la abundancia de los grupos zooplanctónicos y se estableció su relación con las variables físico-químicas (temperatura, transparencia y profundidad, salinidad, oxígeno disuelto y pH) durante el período anual del 2015. El material biológico provino de 36 muestras recolectadas a finales de cada mes. En total se determinaron 78,464 organismos. Cabe señalar que, de este total, sólo ocho entidades o grupos contribuyen con el 90 % de los organismos. El intercambio continuo de masas de agua marina hacia el sistema Xola-Paramán generó un gradiente de temperatura y salinidad desde la boca hasta la estación más profunda, con promedios de temperatura y salinidad de 30 °C y 35 ups, oxígeno disuelto de 3 y 4 mg/l y el pH con fluctuaciones ente 8 y 13, valores que tuvieron similitud con la zona marina. El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) permitió relacionar los distintos grupos taxonómicos con los parámetros físico-

químicos. Los resultados mostraron que las variables ambientales estuvieron estrechamente correlacionadas con la abundancia y composición de especies. Finalmente, se encontró que la distribución de los grupos de zooplancton se asoció significativamente ($r^2= 0.75$, $p= <0.05$) con las características ambientales de la laguna Xola-Paramán en función de las variaciones anuales que se registraron.

PALABRAS CLAVE: Composición, variabilidad, Xola-Paramán, zooplancton.

ABSTRACT

Zooplankton is a fundamental component in the trophic structure of aquatic ecosystems. The present study was developed in the Xola-Paramán lagoon, Jalisco, where the composition and abundance of the zooplanktonic groups were determined and their relationship with the physical-chemical variables (temperature, transparency and depth, salinity, dissolved oxygen and pH) was established.) during the annual period of 2015. The biological material came from 36 samples collected at the end of each month. In total, 78, 464 organisms were determined. It should be noted that, of this total, only eight entities or groups contribute 90% of the organizations. The continuous exchange of seawater masses towards the Xola-Paramán system generated a temperature and salinity gradient from the mouth to the deepest station, with averages of temperature and salinity of 30 °C and 35 ups,) (OD) of 3 and 4 mg / l, the UpH fluctuated between 8 and 13 whose values were similar to the marine zone. The Canonical Correspondence Analysis (CCA) made it possible to relate the different taxonomic groups with the physical-chemical parameters. The results showed that the environmental variables were closely correlated with the abundance and composition of species. Finally, it was found that the distribution of the zooplankton groups was significantly associated ($r^2 = 0.75$, $p = <0.05$) with the environmental characteristics of the Xola-Paramán lagoon as a function of the annual variations that were recorded.

KEY WORDS: Composition, variability, Xola-Paramán, zooplakton.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas lagunares están reconocidos como sitios de elevada productividad biológica, donde la presencia de organismos zooplanctónicos favorece diversos niveles de la trama trófica (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2002). El zooplancton distribuido en los en diversos esteros y lagunas costeras; se caracteriza por presentar una variabilidad espacio temporal que es determinada por la influencia de factores bióticos y abióticos que controlan la distribución, abundancia, permanencia y la composición de las especies (Gómez-Márquez *et al.*, 2013). En este sentido los sistemas costeros están identificados como ecosistemas acuáticos de transición entre el ambiente marino y terrestre, hábitat de diversas comunidades biológicas integradas por crustáceos, moluscos y peces, que utilizan estos ambientes de forma permanente o transitoria (Hernández-Vázquez, 2010, González Padilla *et al.*, 2017).

Es importante resaltar que los grupos que se distribuyen en estos sistemas representan el 90% del total de la abundancia zooplanctónica, la cual está integrada por fitoplancton y zooplancton como copépodos, decápodos, cladóceros y quetognatos; y que funcionan como el principal soporte de la trama trófica de estos sistemas, sin embargo, estos grupos no son estables ya que su abundancia varía en función de algunos cambios estacionales, así como pasar de estadios larvales a adultos y al consumo gradual de los consumidores primarios que agotan la biomasa zooplanctónica, durante época de lluvias. La biomasa se incrementa frecuentemente y de forma gradual con larvas y postlarvas que ingresa a los sistemas estuarinos durante las aperturas de las bocas, así como por la reproducción de diversos organismos permanentes en los sistemas estuarinos que se desarrollan de primavera a verano (Flores Vargas *et al.*, 2018).

En función de las características propias que presentan dichos ambientes, son sistemas básicos habitados por numerosas especies de poblaciones locales o externas integradas por huevos, lar-

vas, juveniles y adultos, que mantienen los stocks, permitiendo el desarrollo de la pesca artesanal a través de un manejo sustentable adecuado (Flores Vargas *et al.*, 2019).

Asimismo, dichas lagunas costeras son influenciadas de forma intermitente o continua por las descargas de aguas continentales de ríos y arroyos, particularmente en la temporada de lluvias. Las precipitaciones pluviales aledañas a las zonas costeras generan un mecanismo de transporte de una gran cantidad de materia orgánica y nutrientes de origen terrígeno hacia los sistemas costeros. Estos aportes continentales promueven en el ambiente condiciones óptimas de crecimiento de fitoplancton (productores primarios), el cual a su vez propicia el ingreso de energía a la trama trófica. Esta energía basal es transferida y conducida hacia diversos niveles del eslabón trófico a través de los consumidores primarios y secundarios (zooplancton) (Grey *et al.*, 2000, González Padilla *et al.*, 2017).

La laguna Xola-Paramán es un sistema semi-cerrado que se caracteriza por presentar anualmente una elevada tasa de evaporación, llegando a superar los aportes de aguas que recibe por efecto de las mareas, por aportes de agua dulce epicontinentales confiriéndole condiciones de hipersalinidad excepcional. En este sentido, anualmente el proceso de evaporación genera cambios bruscos en la salinidad a lo largo del año, por lo que, esta laguna es reconocida como un sistema híperalino y como el quinto humedal de mayor dimensión ubicado en la parte central de la costa de Jalisco, designado como área de conservación y sitio RAMSAR en 2008 (CONANP, 2015).

MÉTODOS

Área de estudio

La laguna Xola-Paramán se localiza en el municipio de Tomatlán en la parte central de la costa del estado de Jalisco (Figura 1). Su ubicación está a 7 km al noroeste de la playa “Chalacatepec”, posee un eje longitudinal paralelo a la costa, entre las coordenadas 19° 43'47" N y 105°16'28"W, es un sistema endorreico separada del Océano Pacífico por una barrera de arena de aproximadamente de 50 m, en su parte más angosta, se localiza la boca de apertura, la comunicación con el medio marino es esporádica y de forma natural.

No obstante, el mecanismo de apertura de la boca es eventual y puede tardar años en presentarse (SEMADES, 2001 en CONANP, 2015). Por lo que en temporadas de sequías, el sistema llega a perder hasta el 60% del volumen de agua por evaporación, principal factor que puede causar una

elevada salinidad con un promedio de hasta 100 ppm, condición que le ha conferido por años el uso un campo salinero que actualmente opera de forma artesanal y en un 25 % de su capacidad (Hernández-Vázquez, 2010) (Fig. 1).

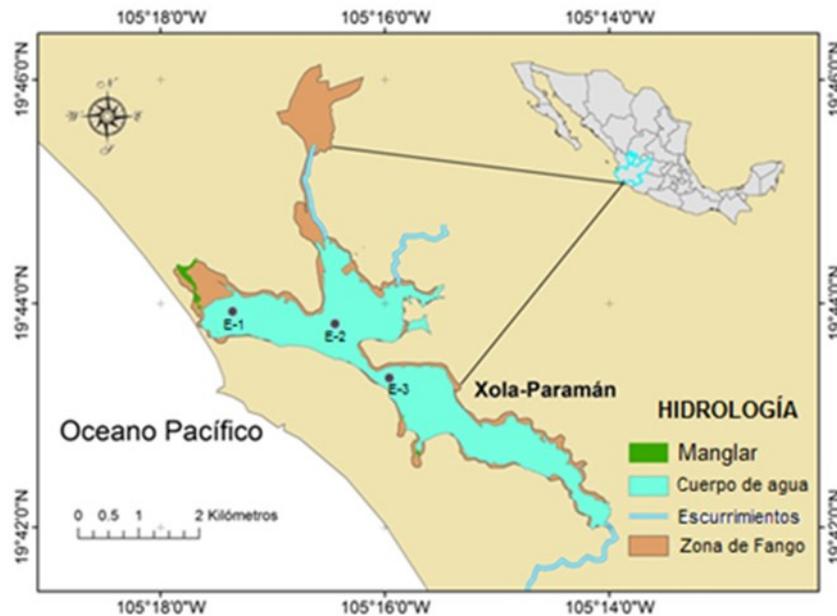


Figura 1. Área de estudio y sitios de muestreo

Trabajo de campo

Se seleccionaron tres sitios de muestreo (debido al poco volumen de agua (un metro) con que cuenta el sistema), únicamente cubriendo una extensión de 703.98 hectáreas, y a una distancia aproximada de 500 m entre sitios, en total se realizaron 36 arrastres planctónicos, diurnos de periodicidad mensual de enero a diciembre de 2015. Para la recolecta de las muestras biológicas, se empleó una lancha con motor fuera de borda según el método propuesto por Smith y Richardson (1979) utilizando una red tipo Zeppelin de 0.60 cm de diámetro de boca, 1.5 m de largo y una luz de malla de 505 micras. Los arrastres fueron circulares, con una duración de 10 minutos a una velocidad aproximada de tres nudos y a 10 cm por debajo del agua. Para estimar los volúmenes de agua filtrada en metros cúbicos la red se equipó con un flujómetro tipo torpedo GENERAL OCEANIC. Simultáneamente por cada arrastre en los principales sitios establecidos se determinaron la transparencia

mediante un disco de Secchi, la temperatura, la salinidad y el oxígeno con un multiparametro YSI 556. Las muestras biológicas colectadas se depositaron en frascos plásticos transparentes de un litro de capacidad y preservadas con Alcohol al 10 %.

Trabajo de laboratorio

La biomasa zooplanctónica se estimó mediante el método de volumen desplazado por (Beers, 1976) y se estandarizó a un volumen de mL/100m³ de agua filtrada (Smit y Richardson, 1979). La separación de los componentes (grupos) de la biomasa zooplanctónica se realizó de manera cuantitativa y cualitativa por medio del análisis de alícuotas de 2.5 ml, que fueron fraccionadas mediante el empleo de un prototipo de un fraccionador Folsom, posteriormente de cada alícuota se realizó una separación de los los grupos zooplanctónicos, una vez clasificados fueron

colocados en frascos de (50mL) debidamente etiquetados, posteriormente fueron identificados a nivel de orden mediante bibliografía especializada (Russell y Yonge, 1969; Boschi, 1996; Moser, 1996; Pierrot-Bults, 1996; Pugh, 1996; Buckland-Nicks *et al.* 2002; Harvey *et al.* 2002; Todd *et al.*, 2002 y Miller y Kendall, 2009) una vez concluida la identificación, los grupos fueron normalizados a org/100m³ mediante la siguiente fórmula:

$$N = n \times 100 / V$$

Donde:

N= número de organismos por 100 m³

n= número de organismos en la muestra analizada

V= volumen de agua filtrada (m³).

Análisis estadísticos

Para determinar la variación espacio temporal de los grupos zooplanctónicos y su relación con los parámetros físicos, se realizaron: El Análisis de Similitud, en las que se relacionan la composición por grupos con las diferentes temporadas, se calculó el coeficiente de similitud de Bray-Curtis (Chávez-López *et al.*, 2005).

Asimismo, se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), que permitió interpretar la relación entre las localidades, las especies y las variables ambientales, con el programa de PC ORD, (Ter Braak, 1986; McCune y Grace, 2002).

RESULTADOS

Se contabilizaron un total de 78,464 organismos zooplanctónicos, incluidas en 18 grupos taxonómicos, y uno más compuesto por huevos de peces. Cabe señalar que, de este total, sólo siete grupos de 19 representaron el 90 % de los organismos contabilizados, sobresaliendo los grupos correspondientes a huevos de peces con una abundancia de 22,096 (28%) organismos; Brachyura con 12,842 (17%) y Copépoda con 9,797 (13%). Los organismos restantes “Otros” representaron el 10%, correspondiendo a Cirripedia, con una abundancia de 2,930 organismos, Caridea, con 2,689 individuos, Isopoda con 1,312 organismos, Pteropoda con 492, Gasteropoda con 281, Ostracod con 134, Siphonophora con 97, Cumacea 89, Pelecypoda con 32, Polichateta con 13 y finalmente Amphipoda con 12 organismos (Fig. 2).

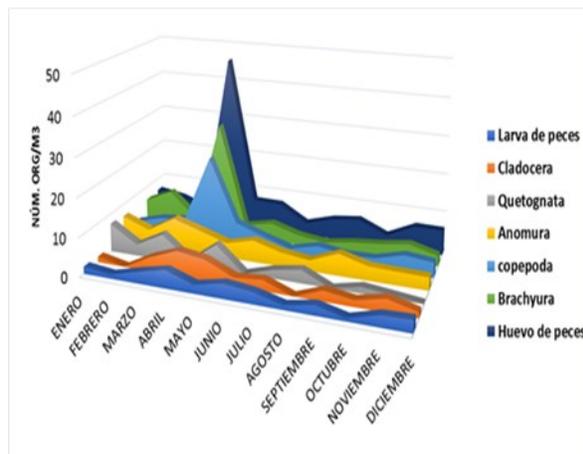
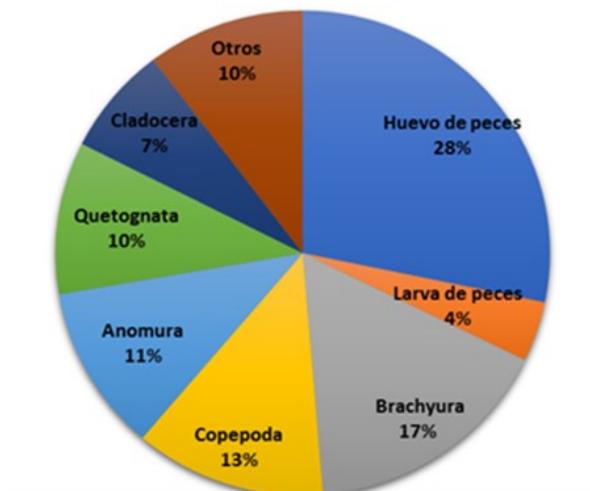


Figura 2. Abundancias (porcentaje y espacial org/100m³) de los grupos zooplanctónicos en la laguna Xola-Paramán, Jalisco, México, de enero a diciembre de 2015.

Variación de la distribución y abundancia de los grupos zooplanctónicos durante el ciclo anual 2015.

Durante los meses de (enero-marzo de 2015) la boca del sistema lagunar permaneció cerrada y los grupos predominantes al interior de la laguna Xola-Paramán fueron Anomura y Brachyura. Posteriormente, a finales de marzo se estableció la comunicación laguna-mar, mediante la apertura de la boca, ingresando al sistema diversos grupos zooplanctónicos de origen marino incrementando la biomasa mensual y estacionalmente, así como la diversidad de los organismos durante el desarrollo del presente estudio.

Por lo que el mes de abril presentó una mayor dominancia del zooplancton integrado por los huevos de peces, seguida de Brachyuros y Copépodos (Fig. 3). Durante este período se identificaron diversos integrantes zooplanctónicos de origen marino (e.g., Quetognata, Pterópoda, entre otros), sin embargo, su abundancia fue escasa. Cabe señalar que a lo largo de este estudio las abundancias de los diversos grupos presentaron cierta variabilidad, sin embargo, no existen tendencias claras como para referirla como estacional.

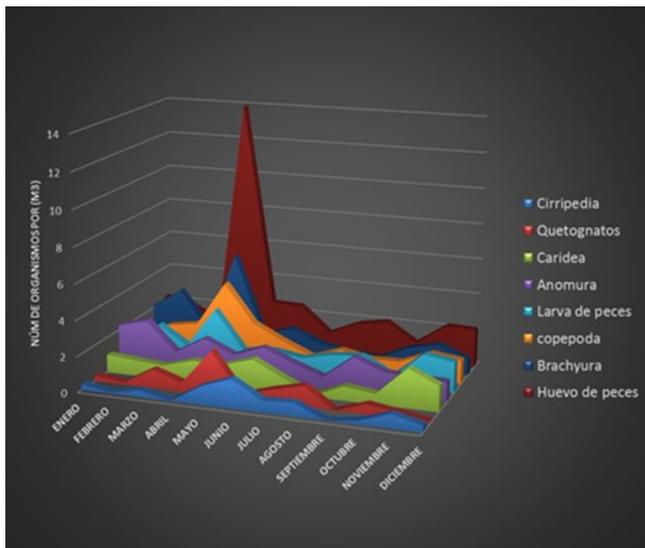


Figura 3. Abundancia (org./100m³) mensual de los grupos zooplanctónicos más representativos en la laguna Xola-Paramán de enero a diciembre de 2015.

Similitud (Bray-Curtis)

El análisis temporal (modo Q, 12 meses) de

los grupos zooplanctónicos, resultado del análisis de similitud de Bray-Curtis, permitió definir tres tipos de agrupamientos temporales: un grupo asociado al temporal de "lluvias", perteneciente a los meses cálidos (julio, agosto y octubre; incluyendo el mes de marzo); otro agrupamiento, asociado al "estiaje" (relacionado con la temporada de fines de otoño y principios de invierno y un último, denominado de "transición" integrado por diferentes meses del año, en donde el mes de abril se destaca por la variabilidad, seguido por mayo y diciembre, mismos que se caracterizaron por una variación en la temperatura (valores mayor y menor) (Fig. 4).

El resultado del análisis de asociaciones (ensambles) de grupos taxonómicos (modo R, 19 grupos) permitió evidenciar tres tipos de similitud: una primera asociación integrada por ocho grupos taxonómicos (Quetognata-Anomura), ampliamente distribuidos en el tiempo, con abundancias importantes durante el temporal de estiaje (con 75,000 o más individuos); Una segunda asociación compuesta por cinco grupos taxonómicos (Cladocera-Polichaeta), donde los taxones más abundantes estuvieron asociados al temporal de "transición" (con abundancias de 6,000-7,000 individuos) y la tercera asociación compuesta por seis grupos taxonómicos (Amphipoda-Ostracoda), pertenecientes al temporal de "lluvias". Cabe señalar que los organismos del tercer agrupamiento también se distinguieron y asociaron a los meses cálidos, sin embargo, se caracterizaron por presentar una baja abundancia (<300 individuos) (Fig. 4).

Relación de los grupos zooplanctónicos con los parámetros ambientales

Durante el periodo de estudio se determinaron las variables físicas (temperatura, transparencia y profundidad) y químicas (salinidad, oxígeno disuelto y pH) en la columna de agua de los sitios de muestreo. Debido a anomalías meteorológicas, como las lluvias torrenciales y excepcionales de marzo de 2015 con una precipitación pluvial superior a los 800mm (Maass, *et al.*, 2017), así como durante los efectos del huracán Patricia con un promedio de 500mm (CONAGUA, 2015), algunas de las variables ambientales del sistema presentaron fluctuaciones significativas.

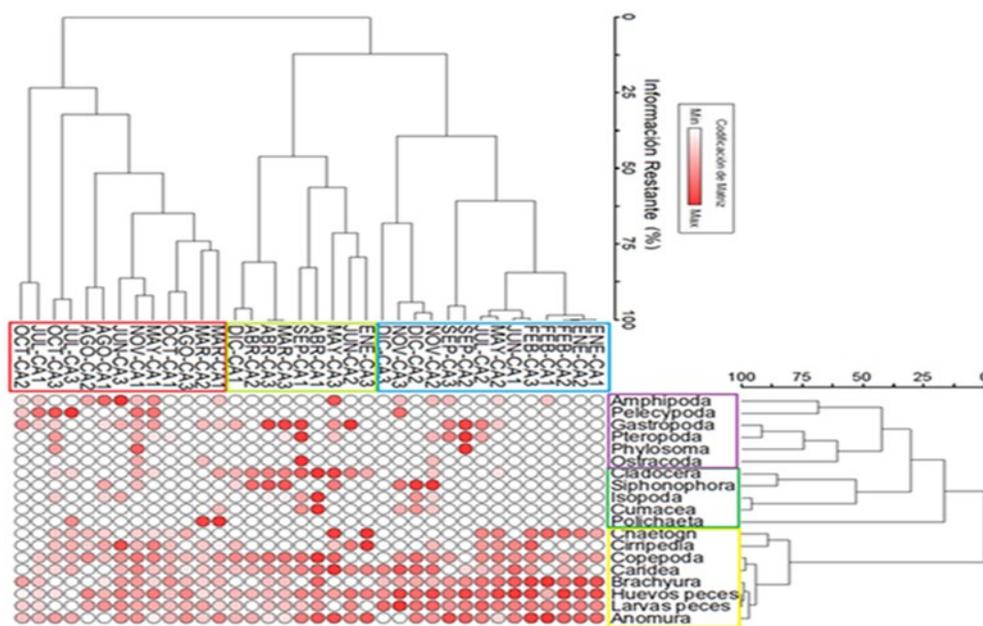


Figura 6. Dendrograma de similitud relativa de la abundancia de los grupos de zooplancton a través del método de Bray-Curtis. Los puntos rojos indican una mayor abundancia entre más incrementa el color; la coloración más tenue indica menor concentración. (El grupo de lluvias, recuadro rojo; el grupo de secas, recuadro azul y el grupo de transición, recuadro verde)

Debido a estos fenómenos meteorológicos sobre el sistema lagunar, causó la apertura y comunicación de la boca de la laguna con el medio marino por nueve meses, reflejando cambios significativos en la hidrología y en diversos componentes biológicos del mismo (Fig. 7). De acuerdo con los resultados obtenidos se comprobó que se presentaron condiciones ambientales contrastantes a las habituales, debido a las características del sistema ya que en temporadas de sequías, la laguna Xola-Paramán puede perder hasta un 60% del volumen de agua por evaporación, esta condición genera un incremento en salinidad en todo el cuerpo de agua llegando a superar valores superiores a las 100 ppm (Hernández-Vázquez, 2005), condiciones que permiten establecer al sistema como una laguna hipersalina, sin embargo, es importante mencionar que la salinidad del ambiente lagunar durante el periodo de estudio fue menor al anteriormente reportado.

De acuerdo con los promedios anuales de las variables físico-químicas y biológicas, (Fig. 5), es importante resaltar que la estación colindante

con el medio marino (S1), en relación con la distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica fue la más representativa, con un promedio anual de 9.8 ml (100m³), seguida por la estación S2 con 9.4 ml (100m³) y la estación S3 con 7.5 ml (100m³), respectivamente. Considerando los patrones de las variables ambientales, se distinguieron y agruparon tres diferentes temporadas: lluvias, transición y estiaje. Durante el desarrollo del presente estudio la laguna Xola-Paramán presentó los siguientes valores promedio; temperatura de 26.4 °C; salinidad de 32.1 ups; oxígeno disuelto de 3.6 mg/l y un pH de 10.38. La salinidad disminuyó en la temporada de lluvias, alcanzando valores de 27.3 ups; mientras que el resto del año se mantuvo en 34 ups (Tabla 1). Considerando tales valores de salinidad reportados en el presente trabajo, puede sorprender que no se defina al sistema como hipersalino, sin embargo, como ya se mencionó, tales condiciones fueron propiciadas por fenómenos meteorológicos atípicos, consideradas como un año de lluvias histórico para la región.

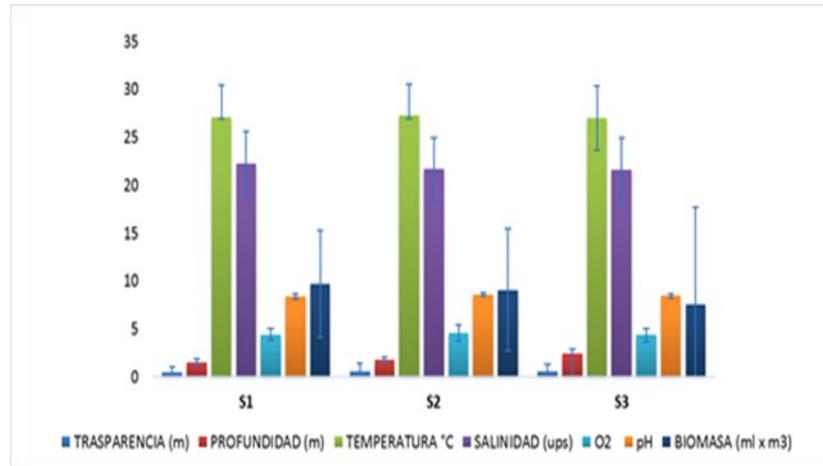


Figura 5. Promedio anual y desviación estándar (DE) de las variables físicas (transparencia, profundidad y temperatura), químicas (salinidad, oxígeno disuelto, (pH) y biomasa. Esta-

Tabla 1.- Media de las variables fisicoquímicas en tres periodos (lluvias, secas y transición) del año 2015.

Temporada	Transparencia	Salinidad	O ₂ disuelto	UpH	Profundidad	Temperatura
Lluvias	0.91 ± 0.09	27.32 ± 3.09	4.03 ± 0.3	9.53 ± 1	1.17 ± 0.09	28.63 ± 3.5
Transición	0.53 ± 0.05	34.66 ± 0.5	3 ± 0.0	10.4 ± 0.05	1.13 ± 0.5	23.33 ± 0.5
Secas	0.82 ± 0.2	34.34 ± 0.5	3.9 ± 0.4	11.22 ± 1.9	1.40 ± 0.3	27.42 ± 3.1

Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) permitió asociar la presencia de distintos grupos taxonómicos con relación a la influencia de algunos parámetros fisicoquímicos. Cinco variables ambientales estuvieron estrechamente correlacionadas con la distribución de los grupos zooplanctónicos, así como en tiempo y espacio. El valor determinado del coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.75 ($p < 0.05$), en tanto que, el porcentaje de la varianza total en los tres ejes fue de 23.7 %.

El eje 1 contribuyó con el 9.9% de la varianza explicada, con un valor propio de 0.087. En este eje, la salinidad y el oxígeno presentaron una amplia correlación con algunos de los grupos zoo-

plantónicos (Ostrácoda gasterópodos, polycypoda, amphypoda y siphonohora, así como copépoda, caridea, cladóceras, isópoda y cumacea) y sitios (uno y dos) de muestreo ($r^2 = 0.457$ y $r^2 = -0.585$). El eje 2 se caracterizó por presentar el 7.8% de la varianza explicada (valor propio= 0.068), donde el zooplancton, la profundidad y la temperatura presentaron una correlación significativa ($r^2=0.524, 0.584$, respectivamente), pero negativa ($r^2 = -0.679$) con los grupos de zooplancton (Tabla 2).

En el diagrama de ordenación espacial (Fig. 6), los grupos del zooplancton se correlacionaron con algunos de los parámetros ambientales. La temperatura se correlacionó positivamente con los grupos Phyllosoma y Pterópoda, Copépoda, Caridea., Cladóceras, Isópoda.

Tabla 2. Análisis de Correspondencia Canónica con relación a la ordenación espacial de los grupos del zooplancton. Resumen estadístico; y correlación (r^2) de las variables fisicoquímicas.

RESUMEN ESTADISTICO.	Eje1	Eje2	Eje3
Valor propio	0.087	0.068	0.053
Varianza explicada (%)	9.9	7.8	6.0
Varianza acumulativa (%)	9.9	17.6	23.7
Correlación de Pearson (especies-ambiente)	0.756	0.821	0.720
Correlación de Kendall (especies-ambiente)	0.552	0.575	0.514
CORRELACIÓN (r^2)			
Zooplancton	-0.338	-0.679	-0.149
Profundidad	-0.172	-0.524	-0.553
Transparencia	0.043	0.234	0.442
Temperatura	-0.343	0.584	0.328
Salinidad	0.457	0.358	0.535
O2	-0.585	-0.007	0.338
pH	0.296	0.352	-0.441

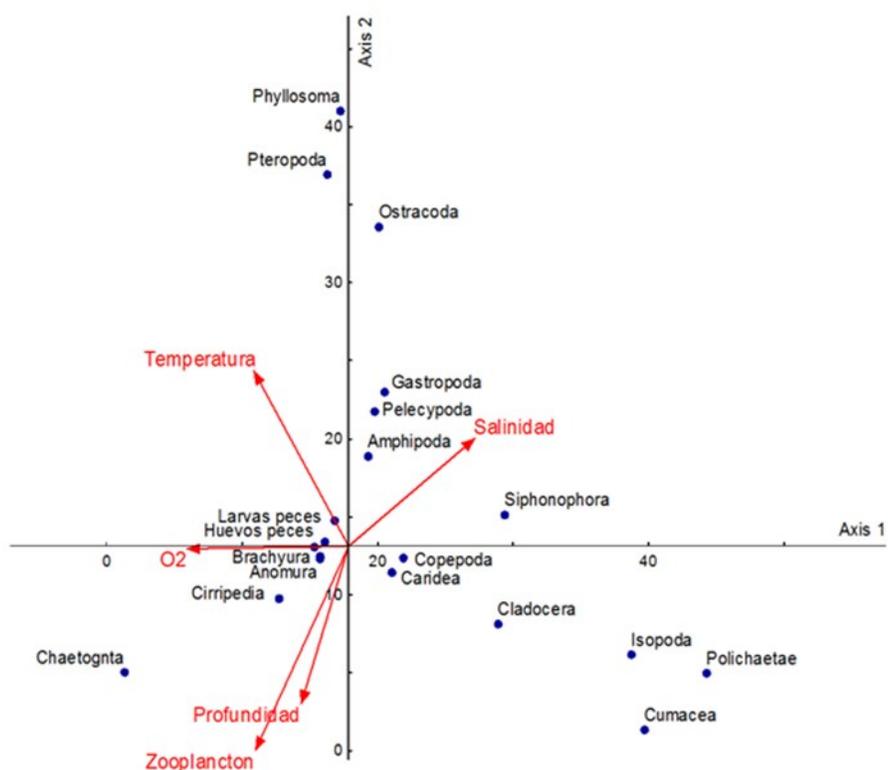


Figura 6. Diagrama de ordenación temporal de los grupos del zooplancton con relación a los parámetros fisicoquímicos, determinado por el Análisis de Correspondencia Canónica.

DISCUSIÓN

Durante el periodo del año 2015 se estudió la composición, distribución y abundancia de los principales grupos del zooplancton de la Laguna Xola-Paramán, Jalisco, México. Los resultados indican que 19 grupos mostraron un intervalo ampliamente relacionado con el patrón de grupos zooplanctónicos reportados en algunos de los sistemas estuarino lagunares de Jalisco, con relación al área de estudio. En estero El Salado, se identificó que la influencia y la dinámica de mareas estuvieron asociadas al incremento de la abundancia, la distribución y la incidencia de grupos zooplanctónicos con un componente de 12 grupos (Braquiuros, Decápodos, Medusas, Cladóceros, Chaetognatos, Copépodos, Estomatópodos, Gasterópodos, Euphaucidos, Siphonophoros, Amphipodos y raros) (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2015). De forma similar y con condiciones muy similares al estero el Salado, en la Laguna Barra de Navidad se registraron 20 grupos (Braquiuros, Carideos, Copépodos, Huevos de pez, Larvas de pez, Anomuros, Anfípodos, Quetognatos, Poliquetos, Gasterópodos, Estomatópodos, Sifonóforos, Alpas, Pediculados, Ostrácodos, Medusas, Larvas nauplio, Cumaeos Terópodos y Bivalvos.) (Flores Vargas *et al.*, 2018) y 12 en la laguna Agua Dulce que difieren en morfología con respecto de las dos últimas además de recibir agua del estero el Ermitaño, bajo un sistema de compuertas y únicamente durante el temporal de lluvias (Flores Vargas *et al.*, 2019).

En diversos estudios se ha propuesto que la profundidad de la columna de agua en sistemas acuáticos está relacionada con la diversidad de los grupos del zooplancton (Keppeler y Hardy, 2004; Parra *et al.*, 2006; Mustapha, 2009). El área de estudio es un sistema somero, la mayor parte del año con una profundidad promedio de un metro, posiblemente a esta característica la diversidad fue poco uniforme en tiempo. Sin embargo, al establecerse la conexión con el medio marino, se presentó un incremento en la diversidad del zooplancton en las estaciones de mayor influencia con el agua de mar (S1), observando que la mayor abundancia (23%) estuvo representada por quetognatos y copépodos. De forma similar, se observó que los grupos residentes como los órdenes Brachyura y Anomura

contribuyeron con el 17% de la fauna asociada y distribuida en el sistema lagunar.

Ruíz (1985) menciona que, en aguas someras de lagunas costeras, bahías, esteros y desembocaduras de los ríos la temporada de reproducción de los crustáceos decápodos Brachyura (jaibas) se lleva a cabo de primavera a verano a temperaturas mayores de los 23°C. Estos organismos son de gran importancia biológica, ya que su periodo de desove va de siete a nueve meses al año, con lo cual numerosas larvas de estos crustáceos decápodos tienen una permanencia constante como componentes zooplanctónicos, coincidiendo con lo reportado en el presente trabajo.

Otro componente de suma importancia en el sistema fueron los huevos de peces, considerado para este estudio como el grupo zooplanctónico dominante, con una representatividad total del 28%. Al respecto una de las explicaciones de esta abundancia significativa, estaría en función de que numerosas especies marinas de importancia pesquera son parcial o totalmente de afinidad estuarina y, además, dependiendo de sus estrategias alimentarias y reproductivas emplean este tipo de ambientes como aéreas de reproducción, alimentación, crianza y protección (Yañez-Arancibia, 1986).

La mayor abundancia de huevos de peces se presentó en el interior del sistema durante el periodo de intercambio de masas de agua marinas con el medio lagunar, observada en este estudio entre marzo y abril y posteriormente de junio a julio. Sin embargo, en el mes de octubre se presentó una disminución de éstos y que coincide con la finalización del periodo reproductivo de los peces (Ruíz, 1985). La diferencia en cuanto a los meses citados en el párrafo anterior radica en que, en esta laguna, la comunicación con el mar se debió a un fenómeno meteorológico fuera de lo común. Uno de los componentes más representativos de los ambientes lagunares-estuarinos son los copépodos, los cuales pueden constituir entre el 70 y 90% de la comunidad zooplanctónica en estos sistemas acuáticos (Day y Yañez-Arancibia, 1982).

La mayor abundancia de huevos de peces se presentó en el interior del sistema durante el periodo de intercambio de masas de agua marinas con el medio lagunar, observada en este estudio entre marzo y abril y posteriormente de junio a julio. Sin embargo, en el mes de octubre se presentó una disminución de éstos y que coincide con la finalización del periodo reproductivo de los peces (Ruíz, 1985). La diferencia en cuanto a los meses citados en el párrafo anterior radica en que, en esta laguna, la comunicación con el mar se debió a un fenómeno meteorológico fuera de lo común. Uno de los componentes más representativos de los ambientes lagunares-estuarinos son los copépodos, los cuales pueden constituir entre el 70 y 90% de la comunidad zooplanctónica en estos sistemas acuáticos (Day y Yañez-Arancibia, 1982). En la Laguna Inferior del sistema lagunar Huave en Oaxaca, López-Serrano y Serrano-Guzmán (2013) determinaron que la composición y la abundancia del mesozooplancton estuvieron constituidas por copépodos, representando el 80% de la biomasa zooplanctónica, mientras que los quetognatos sólo representaron el 10% de la biomasa total. Debido a su abundancia, los copépodos han sido considerados como bioindicadores de cambios en las masas de agua de los ambientes acuáticos lagunares.

Asimismo, Sosoranga y Hermes (2013) mencionaron que en muestras recolectadas con una red de 200µm de luz de malla los copépodos contribuyeron con el 79% del total del componente zooplanctónico, señalando que la colecta de muestras con una red de malla de 500 µm puede subestimar algunos componentes de importancia zooplánctica.

Al respecto, es importante considerar que la hidrodinámica de la laguna Paraman-Xola durante nueve meses que tuvo comunicación con el mar, presentó un transporte mayor de organismos del ambiente marino al sistema lagunar, incrementando así la diversidad de los grupos zooplanctónicos muestreados.

Sin embargo, en el presente estudio y de

acuerdo a los resultados obtenidos se asume que la población de copépodos se subestimó en función de la metodología empleada, debido a que en el muestreo de campo se empleó una red de arrastre con luz de malla de 505 µm, con lo cual exclusivamente se pudo contribuir únicamente con un 12% de su abundancia del componente total cuantificado.

Estas observaciones han sido reportadas anteriormente en otros estudios en donde las condiciones hidrológicas regulan la composición y la abundancia relativa de especies en los sistemas lagunares (Yañez-Arancibia y Nugent, 1977).

Con respecto a la distribución espacial de las comunidades del zooplancton de esta laguna, se identificó un patrón relativamente homogéneo cuando el sistema lagunar estuvo en comunicación con el medio marino. Sin embargo, en algunos meses la distribución de ciertos grupos zooplanctónicos tuvo fluctuaciones. Por ejemplo, los huevos de peces, copépodos y quetognatos tuvieron fluctuaciones espaciales y de abundancia como resultados de la circulación de agua del sistema lagunar durante la temporada de lluvias, así como por procesos de mareas. Es posible sugerir que el sistema lagunar pueda tener un sistema inverso de transporte de masas de agua (lagunar-marino) después de la pleamar, lo cual podría dispersar o disminuir los componentes del zooplancton de la laguna, como ocurrió con los huevos de peces durante el mes de octubre (Fig. 6).

La laguna Xola-Paramán fue descrita en este estudio como una laguna endorreica hipersalina y de condiciones extremas (Contreras 1993). Sin embargo, durante el desarrollo del presente trabajo se presentaron algunos eventos relacionados con el fenómeno El Niño (2015), y aun cuando el temporal de lluvias fue esporádico, ocurrieron lluvias significativas en marzo (299 mm), y posteriormente en octubre con el huracán Patricia.

Por esta razón la boca de la laguna se abrió y se

comunicó con el mar desde marzo hasta noviembre (CONAGUA, 2015). En este estudio durante el temporal de secas, a lo largo de tres meses, particularmente se manifestó una circulación de masas de agua local, donde se mezclaron masas de agua dulce con agua salada, y esto causó cambios en las variables ambientales de la columna de agua y, por ende, la ocurrencia de los grupos zooplanctónicos.

Se sugiere que las poblaciones zooplanctónicas pudieran estar controladas, en primer lugar, por procesos físicos (apertura de la boca), y en segundo lugar por factores fisicoquímicos particularmente durante las temporadas de lluvias y secas. Sin embargo, la inexistencia de un patrón estacional específico pudo favorecer un control biológico más que físico de las poblaciones zooplanctónicas en la columna de agua de la laguna.

En contraste con las aguas oceánicas, donde la comunidad pelágica podría responder principalmente a variaciones climáticas, en las aguas costeras existen múltiples factores que pueden alterar la comunidad del zooplancton de diferentes maneras (Eloire *et al.*, 2010).

En la laguna se observó la influencia de masas de aguas marinas (35.0 ups), lo que pudo generar una mayor diversidad de los grupos zooplanctónicos en el sistema. De esta manera, se sugiere que en determinadas temporadas del año la comunidad zooplanctónica es regulada por la influencia de las condiciones físicas y químicas. Por ejemplo, se observó que juveniles del camarón blanco (*Panaeus vannamei*) así como adultos de la jaiba *Callinectes arcuatus*, desovaron en aguas salobres y no en aguas marinas adyacentes.

El análisis canónico de correspondencia confirmó que los períodos hidroclimáticos (Mezclado, Estratificado y Semi-Mezclado) mostraron diferencias significativas en la salinidad, temperatura, en la profundidad del agua, la intensidad y duración de la apertura de la boca. Cabe señalar que a lo largo de este estudio las abundancias de los diversos grupos presentaron cierta variabilidad, sin embargo, no existen tendencias claras como para referirla como estacional, puesto que los

meses con valores de temperatura más bajos ($\leq 24^\circ$ C) son los que presentaron las mayores abundancias de zooplancton, vinculados principalmente con la intensidad y duración del proceso del intercambio de masas de agua océano-laguna, como lo reporta Franco-Gordo *et al.*, (2015).

Esto hace suponer que la intensidad de la dinámica influye directamente en la abundancia relativa de los grupos taxonómicos de zooplancton y la sucesión en el tiempo. Es decir, los grupos zooplanctónicos más abundantes (huevos de peces, Brachyura, Anomura, Cirripedia y larvas de peces) presentaron una correlación positiva con el oxígeno disuelto, la salinidad y la temperatura. Por lo que las condiciones hidrológicas locales juegan un papel fundamental en la restructuración de la comunidad zooplanctónica.

LITERATURA CITADA

- Beers, J.R. (1976). Volumetric methods. En: Steedman HF (ed). Zooplankton fixation and preservation, pp. 56-60. UNESCO Press, Paris.
- Boschi, E. E. (1996). Larvas de crustácea Decápoda. En: Gasca, R. y Suárez-Morales, E. (eds). Introducción al estudio del zooplancton marino, pp. 342-405. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Buckland-Nicks, J., Gibson, G. y Koss, R. (2002). Phylum Mollusca: Gasteropoda. En: Young C.M., Sewell, M.A. y Rice, M. E.(eds). Atlas of marine invertebrate larvae, pp. 261-287. Academic Press, New York.
- CONAGUA. (2015). Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/NUMERAGUA2015.pdf>
- CONANP. (2015) Programa de Conservación y Manejo (P C y M) de La Laguna Xola-Paramán Humedal de Importancia Internacional. Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas Recuperado de http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/LAGUNA-XOLA-PARAMAN.pdf.

- Contreras, F. (1993). Ecosistemas Costeros Mexicanos. Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F. 415 p.
- Chávez-López, R., Peterson, M. S., Brown-Peterson, N. J., Morales-Gómez, A. A. and Franco-López, J. (2005). Ecology of the mayan cichlid, *Cichlasomaurophthalmus Günther*, in the Alvarado lagoonal system, Veracruz, Mexico. *Gulf Caribbean Research*. 17: 123-131.
- Day, J. y Yáñez-Arancibia, A. (1982). Coastal lagoons and estuaries: ecosystem approach. *Ciencia Interamericana*. 22: 11-26.
- Eloire D., Somerfield P.J., Conway D.V., Halsband-Lenk C., Harris R., Bonnet D. (2010). Temporal variability and community composition of zooplankton at Station L4 in the Western Channel: 20 years of sampling. *J. Plankton Res*. 32: 657-679.
- Flores-Vargas, R. y Navarro-Rodríguez, M. C. (2018). Fluctuaciones en la composición y abundancia del zooplancton en la laguna costera Barra de Navidad, Jalisco. *Acta Pesquera* 4(8): 15-27.
- Flores-Vargas, R., Navarro-Rodríguez, M.C. y González-Guevara L.F. (2019). Variación zooplancónica del sitio RAMSAR Laguna Agua Dulce, Municipio de Tomatlán, Jalisco, México. Zooplankton variation of the Laguna Agua Dulce RAMSAR site, Municipality of Tomatlán, Jalisco, Mexico. *Acta Pesquera* 5 (9): 15-31
- Franco-Gordo C., Ambriz-Arreola I., Kozak E.R., Gómez-Gutiérrez J., Plascencia-Palomera V., Godínez-Domínguez E., Hinojosa Larios A. (2015) Seasonal succession of zooplankton taxonomic group assemblages in surface waters of Bahía de Navidad, Mexico (November 2010–December 2011). *Hidrobiologica* 25(3):335–345
- Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L. y Gallardo-Pineda, V. (2013). Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un micro reservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica*. 23 (2): 227-240.
- González-Padilla J., Navarro-Rodríguez, M. C., González-Guevara, L. F. y FloresVargas, R. (2017). Variación espacio temporal de los quetognatos de Bahía de Banderas durante un ciclo anual. *Acta Pesquera* 4 (7)1-11.
- Grey, J., Jones, R.I (2000). Análisis de isótopos estables de los orígenes de carbono zooplankton en lagos de diferente estado trófico. *Oecologia*.123 (2): 232-240.
- Harvey, A.W., Martin, J.W. y Wetzer, R. (2002). Phylum Arthropoda: Crustacea. En: Young, C.M., Sewell, M.A. y Rice, M.E. (eds). *Atlas of marine invertebrate larvae*, pp. 337-369. Academic Press, New York.
- Hernández-Vázquez, S., Rodríguez-Estrella R., Vega-Rive-ra, J.H., Hernández-Vázquez F., Rojo-Vázquez, J.A., Galván-Piña, V.H. (2010). Estructura, dinámica y reproducción de las asociaciones de aves acuáticas de la costa de Jalisco, México. En: Godínez-Domínguez E., Franco-Gordo C., Rojo-Vázquez J.A., Silva-Bátiz F., González-Sansón G., editores. *Ecosistemas marinos de la costa Sur de Jalisco y Colima*. México (Guadalajara). Universidad de Guadalajara. p. 151-188.

- Keppeler, E.C. y Hardy, E.R. (2004). Vertical distribution of zooplankton in the water column of Lago Amapá, Rio Branco, Acre, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología* 21: 169-177.
- López Serrano, A. y Serrano Guzmán, S. J. (2013). Composición por grupos y abundancia del mesozooplankton en la Laguna Inferior (Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, México), en mayo y septiembre-octubre. 2007. *Ciencia y Mar*. XIX (51): 3-14.
- Maass, M., Ahedo-Hernández, R., Araiza, S., Verduzco, A., Martínez-Yrizar, A., Jaramillo, V.J., Parker, G., Pascual, F., García-Méndez, G. y Sarukhán, J. (2017). Long-term (33 years) rainfall and runoff dynamics in a tropical dry forest ecosystem in western Mexico: management implications under extreme hydrometeorological events. *Forest Ecology and Management*, 426, 7-17.
- McCune, B., & Grace, J. B. (2002.) *Analysis of ecological communities*. Glenden Beach, Oregon: MjM Software Design.
- Miller, B. S. and Kendall, A. W. (2009). *Early life history of marine fishes* (Vol. 36, No. 4). Berkeley, University of California Press.
- Moser, H.G. (1996). The early stages of fishes in the California Current region. *CalCOFI Atlas* 33: 1-1505.
- Mustapha, M. K. (2009). Zooplankton assemblage of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 57 (4): 1027-1047.
- Navarro-Rodríguez, M. C., Flores-Vargas, R. y González-Ruelas, M. E. (2002). Variabilidad espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica y la estructura termohalina en la zona costera de los estados de Jalisco y Colima, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 36: 244-265.
- Navarro-Rodríguez, M. C., Flores-Vargas, R. y González Guevara, L. F. (2015). Variación estacional de los principales grupos zooplanctónicos del área natural protegida estero El Salado, Jalisco, México. *Bio Ciencias*. 3(2): 103-115.
- Parra, F. A., Santibañez, E.P. y Granados-Ramírez, J.G. (2006). Productividad del zooplancton de dos embalses del alto Amacuzac-Morelos, México. *Scientiae Naturae*. 6 (2): 5-16
- Pierrot-Bults, A.C. (1996). Phylum Chaetognata. En: Gasca, E. y Suárez-Morales, E. (eds). *Introducción al estudio del zooplancton marino*, pp. 529-596. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Pugh, P.R. (1996). Phylum Cnidaria, Clase Hydrozoa. En: Gasca, R. y Suárez-Morales, E. (eds). *Introducción al estudio del zooplancton marino*, pp. 71-100. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Ruíz, M. F. (1985). *Recursos pesqueros de las costas de México*. Ed. Limusa. México.
- Russell, F.S. y Yonge, M. (1969). *The biology of Euphassia*. *Advances in Marine Biology*. Vol 7, 454 pp. Academic Press, New York.
- Smith, P.E. y Richardson, S.L. (1979). Técnicas modelo para prospecciones de huevos de larvas de peces pelágicos. *FAO Documento Técnico de Pesca* 175: 1-107.
- Sosoranga, L., y Hermes, B. (2013). Composición, abundancia y distribución del Zooplancton con énfasis en el grupo Cladocera en la Costa Ecuatoriana durante el Crucero Demersal de noviembre 2005.

Ter Braak, C. J. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*.67: 1167-1179.

Todd, C.D., Laverack, M.S. y Boxshall, G.A. (2002). *Coastal marine zooplankton. A practical manual for students*, 106 pp. Cambridge University Press, Cambridge.

Yáñez-Arancibia, A. (1986). *Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos*. A.G.T. Editor, México.

Yáñez-Arancibia, A, y NUGENT, R.S. (1977). An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Mexico. El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. 107-113. (1): 4

