

## Spatial and temporal variation of the ichthyoplankton in the Laguna El Quelele, Nayarit, Mexico

### Variación espacio temporal del ictioplancton en la Laguna El Quelele, Nayarit, México

Navarro-Rodríguez, M.C.<sup>1\*</sup>, González-Guevara, L.F.<sup>1</sup>, Flores-Vargas, R.<sup>2</sup>, Amparan-Salido, R.T.<sup>1</sup>.

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa, Campus Vallarta, Departamento de Ciencias Biológicas, <sup>1</sup>Centro de Investigaciones de Recursos Naturales (CIRENA) (UDG-CA-345), Av. Universidad No. 203, Delegación Ixtapa Puerto Vallarta Jalisco, México. Centro Universitario de la Costa Sur, <sup>2</sup>Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras (UDG-CA-341), Gómez Farías No. 82, San Patricio Melaque Jalisco, México.

#### ABSTRACT

Estuarine systems are the most important natural aquatic resources because, from the perspective of the fish community, they include a large number of individuals and biomass, where larvae and juveniles are especially abundant. Thanks to the implementation of Ichthyoplanktonic studies, the areas of concentration of adults in reproductive stage and potentially exploitable species are detected and evaluated, generating the basis for establishing measures for rational use and conservation. This paper analyzes the composition of fish larvae in the lagoon El Quelele in Bahía de Banderas, Nayarit. 20 daytime superficial zooplanktonic trawls were conducted by using a standard "Zeppelin" net seasonally from spring to winter 2002. From the 20 samples obtained, larvae density was 573.51 org/1000 m<sup>3</sup>. Its ichthyoplanktonic group was represented by 11 families with 12 genres and 10 species, where *Engraulis mordax* (40.21 %), *Eucinostomus* sp. (22.68 %), *Trachurus* sp. (15.46 %) and *Dormitator latifrons*

#### KEY WORDS

Fish larvae, distribution and abundance, diversity, Laguna El Quelele.

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: July 21<sup>th</sup> 2014.

Accepted/Aceptado: November 12<sup>th</sup> 2014.

#### \*Corresponding Author:

Navarro Rodríguez, M.C., Av. Universidad, No. 203, C.P. 48282, Delegación Ixtapa Puerto Vallarta Jalisco. México. Phone: +52(322) 2262 335. E-mail.: [carmenavarror28@yahoo.com.mx](mailto:carmenavarror28@yahoo.com.mx)

#### RESUMEN

Los sistemas estuarinos son los recursos naturales acuáticos más importantes puesto que, desde la perspectiva de la comunidad de peces, comprende un gran número de individuos y biomasa, cuyas larvas y juveniles son especialmente abundantes, que gracias a la aplicación de estudios ictioplanctónicos se detectan y evalúan las áreas de concentración de los adultos en reproducción y de las especies potencialmente explotables, además de generar las bases para establecer medidas para su aprovechamiento racional y de conservación. Por lo que en el presente trabajo se analiza la composición de larvas de peces en la laguna El Quelele en Bahía de Banderas, Nayarit. Se realizaron 20 arrastres zooplanctónicos diurnos superficiales con una red tipo zeppelin estacionalmente de primavera a invierno del 2002. De las 20 muestras obtenidas se obtuvo una densidad larval de 573.51 org/1000 m<sup>3</sup>. Cuyo elenco ictioplanctónico estuvo representado por 11 familias con 12 géneros y 10 especies, de las cuales las que presentaron el mayor porcentaje de abundancia relativa fueron *Engraulis mordax* (40.21 %), *Eucinostomus* sp. (22.68 %), *Trachurus* sp. (15.46 %) y *Dormitator latifrons* (13.14 %), en tanto que en el resto de los organismos, la abundancia relativa estuvo representado entre 7.47 a 0.25 %. Respecto a la variación temporal,

#### PALABRAS CLAVE

Larvas de peces, distribución y abundancia, diversidad, laguna El Quelele.

(13.14 %) presented greater percentage of relative abundance, while in the rest of the organisms, relative abundance was represented between 7.47 to 0.25 %. Regarding temporal variation, the highest relative abundance was presented in fall with 44.74 and the lowest during the winter with 4.85 %, with moderate average temperature records of 29.1 and 30.8 °C respectively, and low salinity (24.2 psu). While spatial variation was better represented in site 3 with relative abundance 29.41 % and site 4 with the lower value during the study period (9.2 %) at temperatures ranging from 22 °C to 35 °C and salinity of 24 psu to 34 psu. On the other hand, in spring and fall they showed greater diversity, greater richness and therefore these are the seasons with greatest equity in summer and winter. Cluster analysis applied to the species-variable sampling sites showed greater similarity or affinity between sites 3 and 5 (72.2 %), similarly, variables season – species along the year showed affinity of 60.52 % between spring and fall, while in summer and winter they showed no affinity with the rest of the seasons. The spatial and temporary variations in temperature, salinity and abundance of ichthyoplankton indicate that larvae abundance is strongly related with the seasonal influence pattern which has influenced, at the same time, in the reproductive cycle of these species.

## Introduction

Estuarine systems are the most important aquatic natural resources because, from the fish community perspective, they include a great number of individuals and biomass, with especially abundant larvae and juveniles, which thanks to the application of ichthyoplanktonic studies, concentration areas of adults in reproduction and potentially exploitable species are detected and evaluated, apart from the fact that they generate the basis to establish measures for rational and conservational utilization, and high primary and secondary productivity, since it is twenty times superior to the productivity of the sea or even five times superior to the upwelling zones (Contreras, 1993; Suárez Morales, 1994; Flores-Verdugo, 2002; Cowan *et al.*, 2013). Therefore, its high fertility maintains a rich and complex food chain characterized by a fishing production (Day *et al.*, 1973), meaning that 70 % of the species of commercial importance for fisheries are constituted by estuarine organisms or those that some period of their lives is spent in this type of systems (Yáñez-Arancibia, 1998). It is of particular interest

la abundancia relativa más alta se presentó en otoño con el 44.74 y la más baja durante el invierno con 4.85 %, con registros de temperatura promedio moderadas de 29.1 y 30.8 °C respectivamente y bajas salinidades (24.2 ups). En tanto que, la variación espacial estuvo mejor representada en el sitio 3 con el 29.41% de abundancia relativa y el sitio 4 con el menor valor durante todo el periodo de estudio (9.2 %) con temperaturas que oscilaron de los 22 °C a los 35 °C y salinidades de los 24 ups a 34 ups. Por otro lado primavera y otoño presentaron una mayor diversidad, mayor riqueza y por tanto son las estaciones del año que presentan mayor equidad con respecto a las estaciones de verano e invierno. Análisis de cluster aplicado a las variables especies-sitios de muestreo mostró una mayor similitud o afinidad entre los sitios 3 y 5 (72.2 %), de igual forma las variables especies-estación del año mostraron afinidad del 60.52 % entre primavera y otoño en tanto verano e invierno no presentaron ningún tipo de afinidad con el resto de las estaciones. Las variaciones espacio-temporales en la temperatura, salinidad y abundancia del ictioplancton indican que la abundancia larval se encuentra en estrecha relación con el patrón estacional influyendo a su vez en el ciclo reproductivo de estas especies.

## Introducción

Los sistemas estuarinos son los recursos naturales acuáticos más importantes puesto que, desde la perspectiva de la comunidad de peces, comprende un gran número de individuos y biomasa, cuyas larvas y juveniles son especialmente abundantes, que gracias a la aplicación de estudios ictioplanctónicos se detectan y evalúan las áreas de concentración de los adultos en reproducción y de las especies potencialmente explotables, además de generar las bases para establecer medidas para su aprovechamiento racional y de conservación y a la alta productividad primaria y secundaria de éstos, que es 20 veces superior a la productividad del mar e incluso cinco veces superior a la zona de surgencias (Contreras, 1993; Suárez Morales, 1994; Flores-Verdugo, 2002; Cowan *et al.*, 2013). Por lo que su elevada fertilidad es la que mantiene una rica y compleja cadena alimentaria caracterizada por una producción pesquera (Day *et al.*, 1973), destacando que el 70 % de las especies de importancia comercial para las pesquerías las constituyen organismos estuarinos ó aquellos que algún período de su vida transcurre en este tipo de sistemas (Yáñez-Arancibia, 1998). De interés particular resultan los estudios de sus primeras etapas del desarrollo, ya que es el periodo más susceptible dentro de su ciclo de vida a los efectos negativos de los factores bióticos

the studies of their first stages of development, since it is the most susceptible period in their life cycle to the negative effects of the biotic and antibiotic factors, which will be determining in the size of the subsequent population, meaning, it will depend a lot in this phase on the amount of elements that are integrated in the adult population (Álvarez-Cadena *et al.*, 1984; Miller and Kendall, 2009). Fishes that inhabit this type of environments are tolerant to drastic temperature and salinity changes, oxygen concentration and seasonal changes in these and other physical conditions, such as winds, upwelling, water columns stratification, opening and closing of mouths, estuarine-coastal coupling, among others, which directly influences in the composition and abundance of ichthyoplankton as changes in the place of spawning (Sánchez Ramírez 1997; Kenneth and Fahay, 2010). In this paper, specific composition of ichthyoplankton in the Laguna El Quelele is analyzed, during a seasonal cycle (2002), as well as determining its spatial and temporal variation in the distribution and abundance of fish larvae captured seasonally.

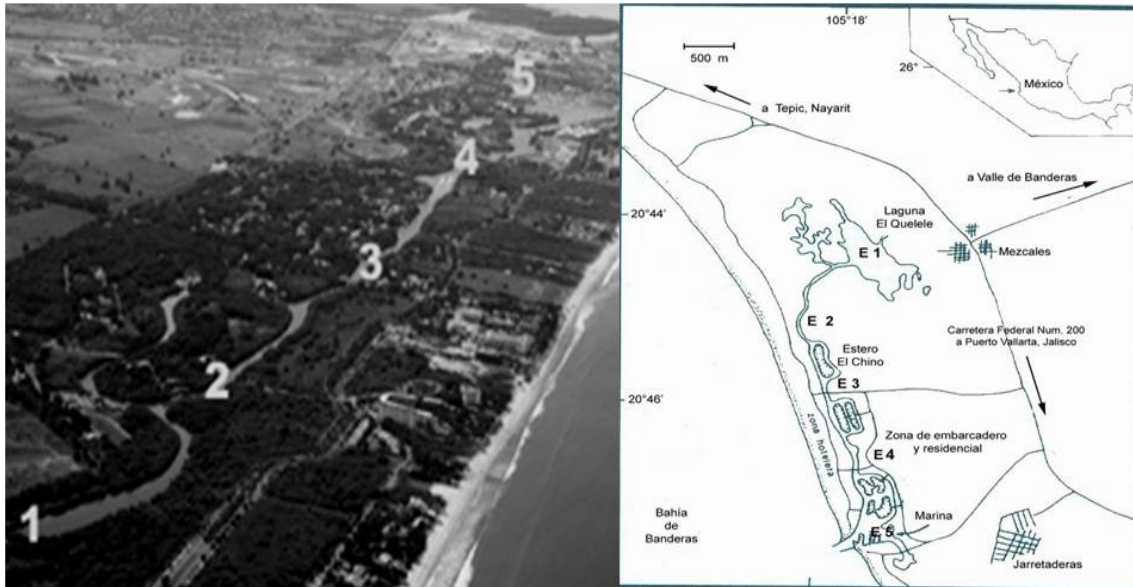
#### Area of study

The Laguna el Quelele is a coastal system found in the Bahía de Banderas, located in the Southwest of Nayarit's coast and Northwest of Jalisco, between the 105° 17' West and 20°43' North, 15 km to the North of Puerto Vallarta, Jalisco (Figure 1). It has 100 hectares of muddy planes that are flooded periodically due to tide effects, water from pluvial precipitations and runoffs during rainy season (June - September), reaching its highest water level and an average depth of 1.20 m. This body of water is connected to the ocean through the estuary El Chino, which mouth was modified when Nuevo Vallarta's port roadstead was built, the lake system still has the majority of its natural characteristics; it is the home of a great number of living beings, amongst river crocodile, birds, a wide variety of fishes and crustaceans, and it has wild vegetation relatively conserved, outstanding the mangroves over the margins of the lagoon, where the species *Laguncularia racemosa* outstands for its abundance (Cupul-Magaña, 1999; 2000; Hernández *et al.* 1998), covering an area of 33.54 ha and an average of 4'537,63 trees/ha (Rzedowski, 1978; Instituto de Ecología, 1994). It is located within a semi-cold sub-humid climate zone (Awo (x) I), where the average year temperature and pluvial precipitation is around 26 to 28 °C and 930,8 to 1660 mm (García, 1981).

y abióticos, lo cual va a ser determinante en el tamaño de la población subsiguiente, es decir, dependerá en mucho de esta fase la cantidad de elementos que se integren a la población de adultos (Álvarez-Cadena *et al.*, 1984; Miller y Kendall, 2009). Los peces que habitan en este tipo de ambientes son tolerantes a cambios drásticos de temperatura y salinidad, concentración de oxígeno, así como a cambios estacionales en estas y otras condiciones físicas, tales como vientos, surgencias, estratificación de la columna de agua, apertura y cierre de las bocas, acoplamiento estuarino-costero, entre otros, lo que influye directamente en la composición y abundancia del ictioplancton como cambios en la localidad del desove (Sánchez Ramírez, 1997; Kenneth y Fahay, 2010). En el presente trabajo se analiza la composición específica del ictioplancton de la laguna El Quelele durante un ciclo estacional (2002), así como determinar su variación espacio-temporal de la distribución y abundancia de las larvas de peces capturadas estacionalmente.

#### Área de estudio

La laguna el Quelele es un sistema costero que se encuentra en la Bahía de Banderas, en la parte Suroeste de la costa de Nayarit y al Noroeste de Jalisco, entre los 105° 17' Oeste y 20°43' Norte, a 15 km hacia el Norte de Puerto Vallarta, Jalisco (Figura 1). Tiene un área total de planos lodosos de 100 hectáreas que son inundadas periódicamente por efectos de las mareas, por el agua de las precipitaciones pluviales y escurrimientos durante las temporadas de lluvias (junio-septiembre), presentando su nivel máximo de agua y alcanzando una profundidad promedio de 1.20 m. Este cuerpo de agua se conecta al océano a través del estero el Chino, cuya boca fue modificada al construirse la rada portuaria de Nuevo Vallarta, Nayarit, el complejo lacustre, aun conserva la mayor parte de sus características naturales; se destaca por albergar a una infinidad de seres vivos, entre los que sobresalen el cocodrilo de río, aves, una amplia variedad de peces y crustáceos, asimismo presenta una vegetación silvestre relativamente conservada; destacando sobre los márgenes de la laguna principalmente el manglar, en donde sobresale por su abundancia la especie *Laguncularia racemosa* (Cupul-Magaña, 1999; 2000; Hernández *et al.*, 1998) cubriendo un área de 33,54 ha y con un promedio de 4'537,63 árboles/ha (Rzedowski, 1978; Instituto de Ecología, 1994). Está ubicada dentro de una zona climática semicálida subhúmeda (Awo (x) I), donde la temperatura y la precipitación pluvial promedio anual oscilan entre los 26 a 28 °C y los 930,8 a 1660 mm (García, 1981).



**Figure 1. Area of Study and sampling sites Laguna El Quelele, Nayarit**

**Figura 1. Área de estudio y sitios de muestreo laguna El Quelele, Nayarit.**

## Materials and methods

Four daytime superficial zooplanktonic trawls were performed seasonally from spring to winter 2002; a maximum of five sampling sites were used located along the main channel (11.5 km) by using the standardized methodology described by Smith y Richardson (1977), utilizing a boat with outboard motor and a Zeppelin type net (conic), a mesh size of 505  $\mu\text{m}$  with a length of 1.50 m and mouth width of 0.60 m which was equipped with a digital flow meter to calculate the volume of filtered water. Trawls were made with a duration of 10 minutes and under high tide conditions, based on the tide tables issued by the Physics Oceanography Department of CICESE (Scientific Investigation Center and Superior Education of Ensenada) and at 10 cm under water surface to avoid taking organic suspended matter, simultaneously, in each sampling site, temperature and superficial salinity data were obtained through a graduated immersion thermometer (precision of 0.1  $^{\circ}\text{C}$ ) and a field refractometer (ATAGO s/mill-E, from 0-100 ‰ to 1 ‰ psu accuracy) respectively. Collected material was preserved with formaldehyde at 4 % and 20 mL of sodium borate. Fish larvae were separated from the rest of the organisms and placed in jars (400 and 500 mL) duly labeled; larvae were identified with the species level when possible. Main bibliographic references used were Sumida *et al.*, (1985), Moser *et al.*, (1993) Moser *et al.*, (1994), Moser

## Materiales y métodos

Se realizaron cuatro arrastres superficiales zooplanctónicos diurnos, estacionalmente de primavera a invierno del 2002, se utilizó un máximo de cinco sitios de muestreo que estuvieron situados a lo largo del canal principal (11.5 km) mediante la metodología estándar descrita por Smith y Richardson (1977); utilizando una lancha con motor fuera de borda y una red tipo Zeppelin (cónica), de luz de malla 505  $\mu\text{m}$  por 1.50 m de longitud y 0.60 m de diámetro de la boca, equipada con flujómetro digital para medir el volumen de agua filtrada. Los arrastres fueron realizados con una duración de 10 minutos y bajo condiciones de marea alta, apoyándose en las tablas de marea emitidas por el Departamento de Oceanografía Física del CICESE (Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada) y a 10 cm por debajo de la superficie del agua para evitar tomar materia orgánica suspendida, de forma simultánea, en cada sitio de muestreo se obtuvieron los datos de temperatura y salinidad superficial por medio de un termómetro de inmersión graduado (0.1  $^{\circ}\text{C}$  de precisión) y un refractómetro de campo (ATAGO s/mill-E, de 0-100 ‰ al 1 ‰ ups de precisión), respectivamente. El material colectado fue preservado con formol al 4% y 20 mL de borato de sodio. Las larvas de peces fueron separadas del resto de los organismos y colocadas en frascos (400 y 500 mL) debidamente

(1996), Watson (1996), Leis and Carsons-Ewart (2000). Finally, identified larvae were counted and standardized to a volume of 1000 m<sup>3</sup> through the next formula:

$$E = \frac{n}{V} \times 1000$$

Where E=standardized abundance, n=number of organisms and v=filtered volume of water. The Shannon H' diversity and equity index (Magurran, 1988) was calculated for each of the sampling sites and the year seasons, by means of the formula  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ , where  $P_i$  abundance per proportional species from the total found. In addition, a cluster analysis was applied between the variables: species – sampling sites and species – seasons of the year, in order to know the degree of affinity or similarity between them (Ludwing and Reynolds 1988), the software used was Peimer- ELtd.

## Results and discussion

Average temperature and salinity variation per season of the year registered the highest value of temperature (34.6 °C) in spring, and the lowest in summer (23.4 °C); in contrast, the highest value for salinity was present in summer (34.6 psu) and the lowest in winter (24.2 ups); it should be noted that during the fall no registers were obtained (Figure 2a). Variation of such parameters per sampling site presented homogeneity among themselves, even if the highest value (30 °C) of average temperature was registered in the sites 4 and 5, and the lowest in the site 2 (28.3 °C); however, temperature fluctuations among sites were lower than a degree, same situation was observed in the variation of salinity among sites (variation of 0.5 psu), even when the highest value (30.8 psu) was presented in site 2, while the lowest value (29.5 psu) was registered in site 3 (Figure 2b). The ichthyoplanktonic group corresponding to the period of study (2002) was represented by 11 families, with 13 genres and new species. Their densities were represented mainly by *Engraulis mordax* (215.28 org/1000m<sup>3</sup>), with relative abundance of 40.2 %, followed by *Eucinostomus* sp. (133.78 org/1000 m<sup>3</sup>), with 22.68 %, while *Dormitator latifrons* 76.88 org/1000 m<sup>3</sup>), presented 13.14 % and finally, *Ophistonema libertate* and *Achirus mazatlanus* with low densities (49.59 org/1000m<sup>3</sup> respectively), presented relative abundance of 7.47 and 7.21 % respectively. Densities of the rest of the species fluctuated from 33.83 to 1.53 org/1000m<sup>3</sup> and their relative abundances were from 5.66 to 0.25 % (Figure 3, Table 1).

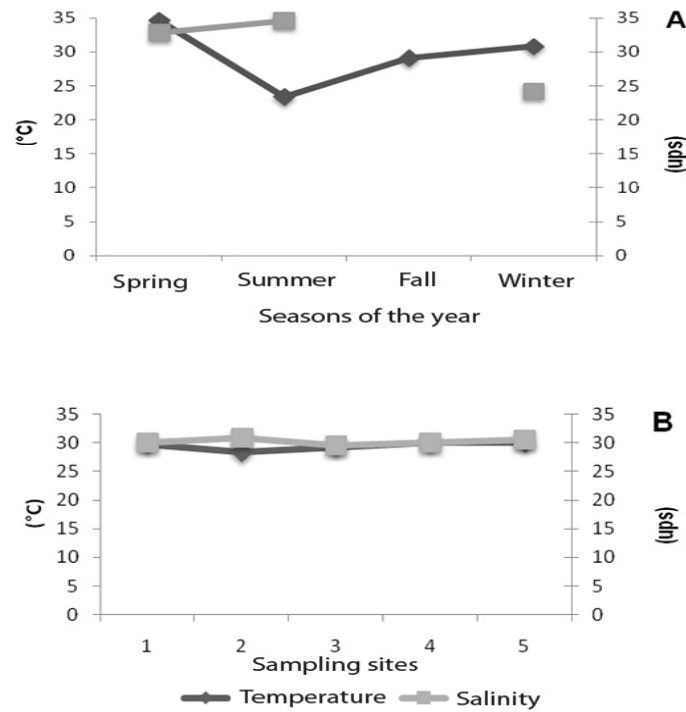
etiquetados, las larvas fueron identificadas hasta el nivel de especie cuando era posible. Las principales fuentes bibliográficas utilizadas fueron Sumida et al., (1985), Moser et al., (1993) Moser et al., (1994), Moser (1996), Watson (1996), Leis y Carsons-Ewart (2000). Finalmente, las larvas identificadas se contabilizaron y estandarizaron a un volumen de 1000m<sup>3</sup> mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{n}{V} \times 1000$$

Donde E=abundancia estandarizada, n=número de organismos y v=volumen filtrado del agua. Se calculó el índice de diversidad y equidad de Shannon H' (Magurran, 1988) para cada uno de los sitios de muestreo y las estaciones del año, mediante la fórmula  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ , donde  $P_i$  la abundancia por especie proporcional del total encontrado. Asimismo fue aplicado el análisis de cluster entre las variables: especies-sitios de muestreo y especies-estaciones del año, con la finalidad de conocer el grado de afinidad o similitud entre éstas (Ludwing y Reynolds 1988), el software utilizado fue el Peimer-ELtd.

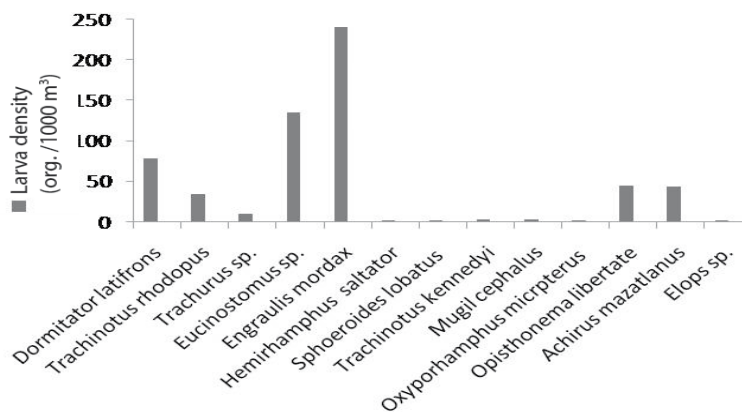
## Resultados y discusión

La variación de la temperatura y salinidad promedio por estación del año registró en primavera el valor más alto de la temperatura (34.6 °C) y el más bajo fue para el verano (23.4 °C), en cambio para la salinidad el valor más alto se presentó en verano (34.6 ups) y el más bajo en invierno (24.2 ups), cabe mencionar que durante el otoño no se obtuvieron registros (Figura 2a). La variación de dichos parámetros por sitio de muestreo, presentaron homogeneidad entre sí, aún así el valor mayor (30 °C) de temperatura promedio fue registrado en los sitios 4 y 5, y el menor en el sitio 2 (28.3 °C), sin embargo, las fluctuaciones de la temperatura entre sitios fue menor a un grado, misma situación fue observada en la variación de la salinidad entre sitios (variación de 0.5 ups), aún cuando el valor mayor (30.8 ups) se presentó en el sitio 2, en tanto que el valor menor (29.5 ups) fue registrado en el sitio 3 (Figura 2b). El elenco ictioplanctónico correspondiente al período de estudio (2002) estuvo representado por 11 familias, con 13 géneros y nueve especies. Cuyas densidades estuvieron representadas principalmente por *Engraulis mordax* (215.28 org/1000 m<sup>3</sup>), con una abundancia relativa de 40.2 %, seguida de *Eucinostomus* sp. (133.78 org/1000m<sup>3</sup>), con el 22.68 %, en tanto que *Dormitator latifrons* (76.88 org/1000m<sup>3</sup>), presentó el 13.14 % y fi-



**Figure 2. Spatial – temporal variation of temperature (°C) and salinity (psu) superficial average a) per seasons of the year and b) per sampling sites in the Laguna El Quelele, Nayarit.**

**Figura 2. Variación espacio-temporal de la temperatura (°C) y salinidad (ups) promedio superficial a) por estaciones del año y b) por sitios de muestreo en la laguna El Quelele, Nayarit.**



**Figure 3. Larvae density (1000 m³) per species in the Laguna El Quelele, Nayarit.**

**Figura 3. Densidad larval (1000 m³) por especie en la laguna El Quelele, Nayarit.**

Regarding time variation, fall was the season of the year where highest larvae density was registered (269.1 org./1000m<sup>3</sup>), followed by spring and summer (175.3 and 127.63 org./1000m<sup>3</sup> respectively), while a minimum density was reached in winter (29.21 org./1000m<sup>3</sup>) (Figure 4).

In respect of spatial variation, site 3 was the highest larvae density point ((176.83 org./1000 m<sup>3</sup>), followed by sites 5 and 2 (155.31 and 141.47 org./1000 m<sup>3</sup> respectively), while sites 1 and 4 reported the lowest densities from the total of the study period (72.27 and 55.35 org./1000 m<sup>3</sup> respectively) (Figure 5). The highest larvae density was registered by *E. mordax* and *A mazatlanus* in site 3, with absolute dominium of *E. mordax* in sites 5 and 2, not so for the sites 1 and 4, where the highest records were *D. latifrons* and *Eucinostomus* sp. Respectively. Spatial and temporal variations in temperature, salinity and abundance of ichthyoplankton indicate that larvae abundance is deeply related with the seasonal pattern, influencing the reproductive cycle of these species, since the highest abundance was presented in fall and spring (269.1 and 175.3 org./1000 m<sup>3</sup> respectively), with a wide interval of temperature and salinity (29.1 °C to 34.6 °C and up to 32.8 psu) with higher values for both variables in spring, not so for summer, which suggests the influence of the rainy season, abundant in the fall and null in spring. When highest larvae densities are present with wide intervals of temperature (29 °C to 34.6 °C) and salinity (34.6 psu), Margalef (1969), Livingston

nalmente *Ophistonema libertate* y *Achirus mazatlanus* con bajas densidades (49.59 org/1000 m<sup>3</sup> respectivamente), presentaron abundancias relativas de 7.47 y 7.21 % respectivamente. Las densidades del resto de las especies fluctuaron de 33.83 a 1.53 org/1000 m<sup>3</sup> cuyas abundancias relativas registradas fueron de 5.66 a 0.25% (Figura 3, Tabla 1).

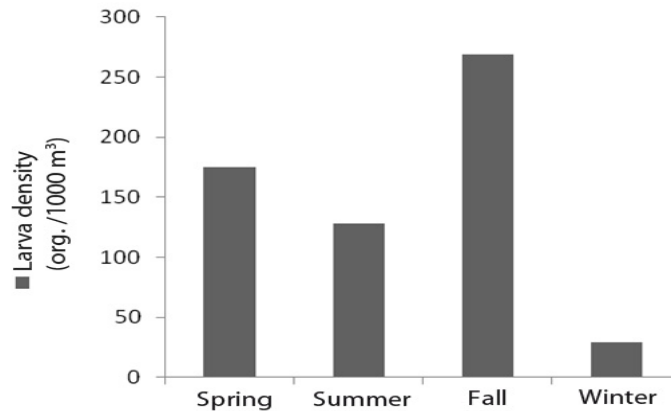
Referente a la variación en tiempo, otoño fue la estación del año en la que se registró la mayor densidad larval (269.1 org./1000 m<sup>3</sup>), seguido de primavera y verano (175.3 y 127.63 org./1000 m<sup>3</sup> respectivamente), en tanto que invierno apenas si alcanzó una mínima densidad (29.21 org./1000m<sup>3</sup>) (Figura 4).

En lo que respecta a la variación espacial el sitio 3 fue el punto con mayor densidad larval (176.83 org./1000m<sup>3</sup>), seguido de los sitios 5 y 2 (155.31 y 141.47 org./1000m<sup>3</sup> respectivamente), en tanto que los sitios 1 y 4 reportaron las densidades más bajas de todo el periodo de estudio (72.27 y 55.35 org./1000 m<sup>3</sup> respectivamente) (Figura 5). Cuya mayor densidad larval fue registrada para *E. mordax* y *A mazatlanus* en el sitio 3, con un dominio absoluto de *E. mordax* en los sitios 5 y 2, no así para los sitios 1 y 4 cuyos mayores registros fueron para las especies *D. latifrons* y *Eucinostomus* sp. respectivamente. Las variaciones espacio-temporales en la temperatura, salinidad y abundancia del ictioplancton indican que la abundancia larval se encuentra en estrecha relación con el patrón estacional influyendo a su vez en el ciclo reproductivo de estas especies, ya que las mayores abundancias se presentaron en otoño y primavera (269.1 y 175.3 org./1000m<sup>3</sup> respectivamente)

**Table I.**  
**Relative abundance percentage per species in the Laguna El Quelele, Nayarit**

**Tabla I.**  
**Porcentaje de abundancia relativa por especie en la Laguna El Quelele, Nayarit.**

Species	Relative abundance (%)
<i>Dormitator latifrons</i>	13.14
<i>Trachinotus rhodopus</i>	5.66
<i>Trachinotus</i> sp.	1.54
<i>Eucinostomus</i> sp.	22.68
<i>Engraulis mordax</i>	40.21
<i>Hermirhamphus saltator</i>	0.25
<i>Spherooides lobatus</i>	0.25
<i>Trachinotus kennedyi</i>	0.51
<i>Mugil cephalus</i>	0.51
<i>Oxyporhamphus micrpterus</i>	0.25
<i>Opisthonema libertate</i>	7.47
<i>Achirus mazatlanus</i>	7.21
<i>Elops</i> sp.	0.25

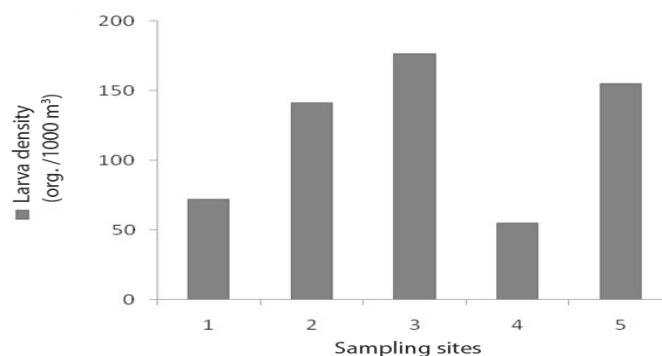


**Figure 4. Seasonal variation of larvae density (org./1000m<sup>3</sup>) in the Laguna El Quelele, Nayarit**

**Figura 4. Variación estacional de la densidad larval (org./1000m<sup>3</sup>) en la laguna El Quelele, Nayarit.**

(1984) and Contreras Espinoza (1993) state that in coast lagoons, zooplankton is associated with the variability of the system in terms of salinity and temperature. On the other hand, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006), state that in this same system (2001), spatial – temporal variations were influenced by temperature fluctuations (29.8-31.6 °C) and salinity (11-34.8 psu), presenting high concentrations in fall and minor in spring, associated to cold and warm times, respectively. Furthermore, the indicate that the peaks of the reproductive season in most of the species (nine in spring and seven in the fall), mainly the *E. mordax* (the most abundant species), present mainly in a warm season with heavy rain. And one

con un amplio intervalo de temperatura y salinidad (29.1 °C a 34.6 °C y hasta 32.8 ups) con valores mayores de ambas variables en primavera, no así para el verano, lo que sugiere la influencia de la época de lluvias, abundantes en el otoño y nulas en primavera. Donde las mayores densidades larvales se presentan con amplios intervalos de temperatura (29 °C a 34.6 °C) y salinidad (34.6 ups), Margalef (1969), Livingston (1984) y Contreras Espinoza (1993) señalan que en las lagunas costeras el zooplancton en general se asocia a la variabilidad del sistema en términos de salinidad y temperatura; Por su parte Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006), señalan que en este mismo sistema (2001) las variaciones de la abundancia espacio temporal estuvieron influenciadas por las fluctuaciones de temperatura (29.8-31.6 °C) y la salinidad



**Figure 5. Spatial variation of larvae density (org./1000m<sup>3</sup>) in the Laguna El Quelele, Nayarit.**

**Figura 5. Variación espacial de la densidad larval (org./1000m<sup>3</sup>) en la laguna El Quelele, Nayarit.**



more in the dry season, associated probably with the high salinity concentrations (32.8 psu) since the great majority of species are of marine habits, which can also be associated to the transport of ocean currents, local circulation patterns as well as tide effects. It suggests that the same pattern is presented in 2001 and 2002 with certain variations in species densities, temperature and salinity, which will allow in a short future the characterization of well established patterns in the area. Evans y Granger (1990) and Contreras Espinoza (1993) state that temperature is deeply related with reproduction, since in warm waters, several generations are presented per year, while in warm or cold zones, conditions limit it to one or two generations. On the other hand, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2004) indicate that in El Salado, close system to the area of study (15 km), there is a different distribution pattern, since the highest densities (12,000 org./1000 m<sup>-3</sup>) were registered, with an increase in temperature but a decrease in salinity (20-30 °C and 6,5 psu); they state that variations in spatial – temporal abundance were influenced for both tide conditions and season of the year, since major concentration of larvae were associated to rain presence during the summer, while in spring, the lowest records during the study period associated with dry season were presented. It is possible that these differences are due to natural characteristics of each system and continuous modifications to which they are subject. Some authors mention that estuary systems are deeply influenced by tides and fluctuation in the freshwater input from the adjacent hydraulic systems, in addition to the winds and the geomorphology, resulting somehow in the substitution of some species for others, even within the same family, until they reach a replacement of complete families, or, increasing the distribution of some other species especies (Torres-Orozco,1994; Sánchez Ramírez 1997; Contreras Espinoza, 2003; Kenneth and Fahay, 2010). In addition, the species *E. mordax* was very abundant in fall and spring, which is associated to its reproductive cycle, because it spawns between December and June, therefore its larvae densities are reflected in spring and mainly in the fall, even when it is a species captured generally in the north of the Mexican Pacific, including the Gulf of California (Whitehead *et al.*, 1995). It is not common to find it in these latitudes; however, it does not mean that it can be present in these areas, because the Costa Rica Coastal Current during June and July follows the coast of Central America and Mexico (where it is known as the

(11-34.8 ups), presentándose altas concentraciones en otoño y menores en primavera asociadas a las épocas frías y cálidas respectivamente. Indicando además que los picos de la época reproductiva de la mayoría de las especies (nueve en primavera y siete en otoño) principalmente la de *E. mordax* (especie más abundante) se presentan principalmente en una época cálida con abundantes lluvias. Y otro más en la época de estiaje, asociándose posiblemente a las altas concentraciones de salinidades (32.8 ups) puesto que la gran mayoría de las especies son de hábitos marinos, lo que además puede asociarse también al transporte por las corrientes, patrones de circulación locales así como a los efectos de mareas. Lo que sugiere que posiblemente se presenta el mismo patrón en 2001 y 2002 con ciertas variaciones en las densidades de las especies, de la temperatura y salinidad, lo que permitirá a la posteridad la caracterización de patrones bien establecidos de dicha área. Evans y Granger (1990) y Contreras Espinoza (1993) señalan que la temperatura está relacionada íntimamente con la reproducción ya que en aguas cálidas, se llegan a presentar varias generaciones al año, en tanto que en las zonas templadas o frías las condiciones limitan a una o dos generaciones. Por otro lado, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2004) indican que en El Salado, sistema cercano al área de estudio (15 km), presenta un patrón de distribución diferente puesto que se registraron las mayores densidades (12,000 org./1000 m<sup>-3</sup>) con el incremento de la temperatura, pero con una disminución notoria en la salinidad (20-30 °C y 6,5 ups); señalan que las variaciones de la abundancia espacio-temporal estuvieron influenciadas tanto por las condiciones de marea como por la época del año, debido a que las mayores concentraciones de larvas fueron asociadas a la presencia de lluvias durante en el verano, en tanto que, en primavera se presentaron los registros más bajos durante todo el periodo de estudio asociado con la época de sequía. Es posible que estas diferencias se deban a las características naturales propias de cada sistema y las continuas modificaciones a las que se encuentran sujetos. Algunos autores mencionan, que los sistemas estuarinos se encuentran fuertemente influenciados por las mareas y las fluctuaciones en el aporte de agua dulce de los sistemas hídricos adyacentes, además de los vientos y la geomorfología, ocasionando de alguna manera la sustitución de unas especies por otras, incluso dentro de una misma familia, hasta terminar con el remplazo de familias completas, o bien, incrementando la distribución de algunas otras especies (Torres-Orozco,1994; Sánchez Ramírez 1997; Contreras Espinoza, 2003; Kenneth y Fahay 2010). Aunado a esto, cabe hacer mención que la especie *E. mordax* fue muy abundante en otoño y primavera lo que se asocia a su ciclo reproductivo puesto que desova entre diciembre y junio por lo que sus densidades larvales se ven reflejadas en primavera y principalmente en otoño, aun cuando es una especie que es capturada generalmente muy al norte del Pacífico mexicano incluyendo el Golfo de California (Whitehead *et al.*, 1995), no es común encontrarla en estas latitudes; sin embargo, no

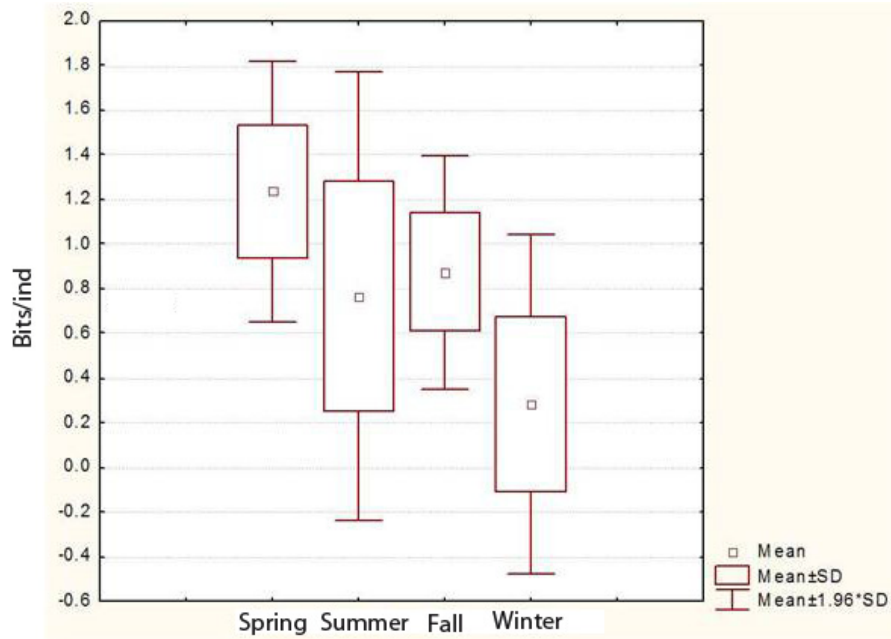


Figure 6. Confidence intervals in seasonal diversity (bits/ind.) in the Laguna El Quelele, Nayarit.

Figura 6. Intervalos de confianza en la diversidad (bits/ind.) estacional en la laguna El Quelele, Nayarit.

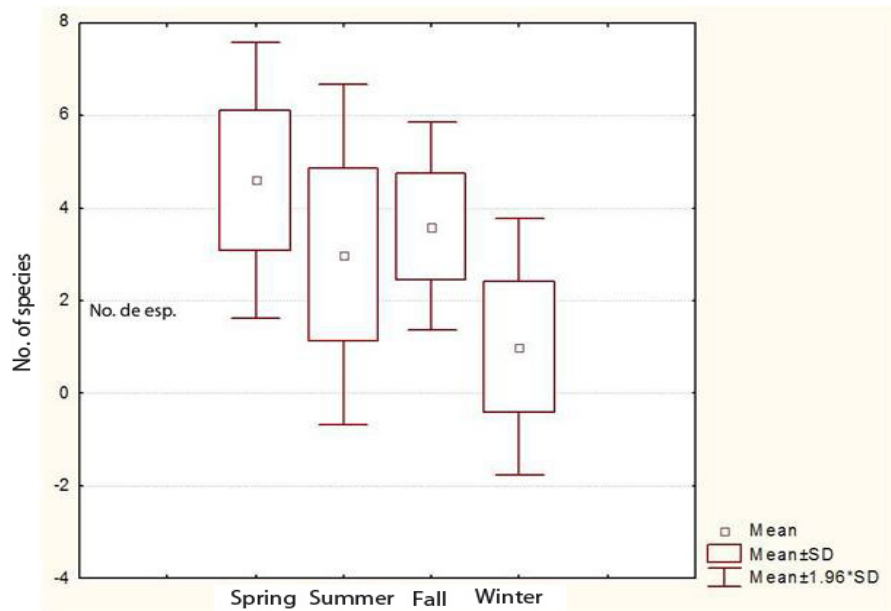


Figure 7. Confidence intervals in richness (no. of species) in the Laguna El Quelele, Nayarit.

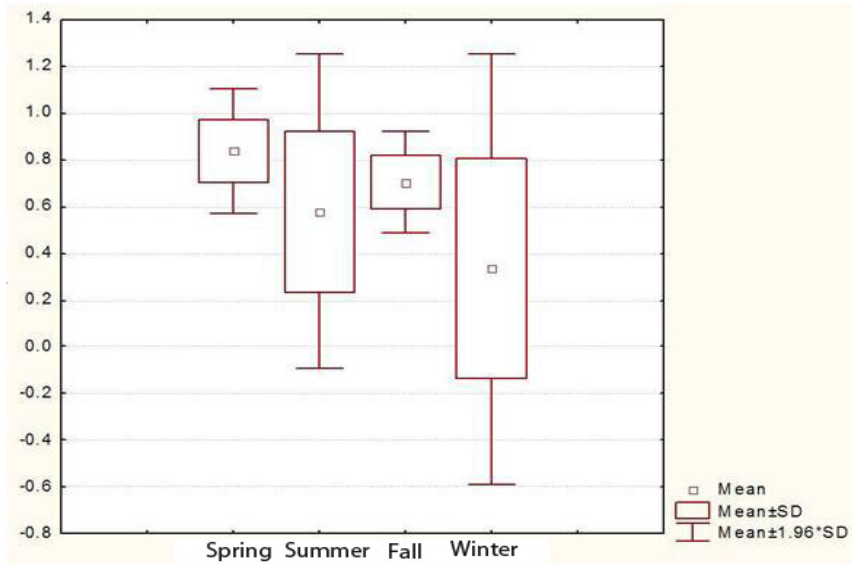
Figura 7. Intervalos de confianza en la riqueza (No. de especies) estacional en la Laguna El Quelele, Nayarit.

Mexican Current), until it reaches the transition zone of the North Pacific, in front of the tip of the Baja California Peninsula and which together rotate in order to replenish the Equatorial System (Instituto Oceanográfico del Pacífico, 1995; Badan, 1997; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001), which favors the distribution of such species to this area of study. According to confidence intervals of the temporal diversity analysis, it was observed that spring is the first season of the year with the highest diversity level (1.3 bits/ind.) (Figure 6), with richness value of 4.8 (no. of species) and equity of 0.8 (Figure 8). While the lowest diversity of the period of study is reflected in winter (0.3 bits/ind.) (Figure 6), with less specific richness (1 no. of species). However, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2004) mention that in the estuary El Salado, diversity was minimum, since records of 97.8 % were obtained for *Dormitator latifrons*, while the rest 2.2 % corresponded to the remaining species. It is possible that these differences are due to a series of environmental factors from the own systems, and mainly, to anthropogenic activities on the touristic infrastructure, which works against the different species that use these bodies of water, either as shelter, feeding, reproduction or breeding area, which agrees with several authors (Saldierna and Vera, 1993; Núñez-Moreno, 1996; Funes *et al.*, 1998; Miller and Kendal, 2009; Cowan *et al.*, 2013), since marine species dominated the El Quelele system (with less impact), while the estuary El Salado (with higher impact), the dominant species is mainly from of estuary habitats, despite the fact that both bodies of water are located in the same climate zone (semi-warm semi-humid and under the same regime of tides). Regarding the temporal diversity indexes, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006), state that during the fall the maximum value was registered (1.21 bits/ind.) while in winter minimum values were reported (1.10 bits/ind.). In this study, confidence intervals of the temporal diversity analysis showed that in spring the highest level of diversity is present (1.3 bits/ind.), while in winter the lowest diversity of the study period is reflected (0.3 bits/ind.). This suggests that the variation in diversity can be associated to the habits and reproductive cycles of species, as well as high salinity concentrations, being species primarily marine.

In respect of the cluster analysis applied to the variables species – sampling sites, a higher similarity or affinity was shown between sites 3 and 5 (72.2 %), while in sites 1 and 2 similarity was less (67.4 %), site 4 is the

significa que no pueda presentarse en estas áreas, puesto que la Corriente Costera de Costa Rica durante junio y julio sigue la costa de Centro América y México (donde se le conoce como Corriente Mexicana), hasta alcanzar la zona de transición del Pacífico Norte, frente al extremo de la península de Baja California y, que conjuntamente giran para realimentar el sistema ecuatorial (Instituto Oceanográfico del Pacífico, 1995; Badan, 1997; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001), lo que favorece de alguna manera la distribución de dicha especie hasta esta área de estudio. De acuerdo a los intervalos de confianza del análisis de diversidad temporal se observó que primavera es la estación del año con el mayor nivel de diversidad (1.3 bits/ind.) (Figura 6), con un valor de la riqueza de 4.8 (no. de especies) (Figura 7) y una equidad de 0.8 (Figura 8). En tanto que en invierno se refleja la diversidad más baja del período de estudio (0.3 bits/ind.) (Figura 6), con una riqueza específica menor (1 no. de especies). Sin embargo, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2004) mencionan que en el estero El Salado lado, la diversidad fue mínima ya que se obtuvieron registros del 97.8 % para *Dormitator latifrons*, en tanto que el 2.2 % restante correspondió al resto de al especies. Es posible que estas diferencias se deban a toda una serie de factores ambientales propios de los sistemas, y principalmente, a las actividades antropogénicas sobre todo a las de infraestructura turística, lo que desfavorece en gran medida a las diferentes especies que utilizan estos cuerpos de agua ya sea como área de refugio, de alimentación, reproducción y crianza, lo que concuerda con diversos autores (Saldierna y Vera, 1993; Núñez- Moreno, 1996; Funes *et al.*, 1998; Miller y Kendal, 2009; Cowan *et al.*, 2013), puesto que las especies marinas fueron las que dominaron en el sistema El Quelele (menos impactado) en tanto que en el estero El Salado (altamente impactado), la especie dominante es principalmente de hábitos estuarinos, a pesar de que ambos cuerpos de agua se localizan en la misma zona climática (semicálida subhúmeda y se encuentran bajo el mismo régimen de mareas. Respecto a los índices de diversidad temporal Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006), señalan que en otoño se registró el valor máximo (1.21 bits/ind.) mientras que, en invierno se reportaron los valores mínimos (1.10 bits/ind.), en tanto, en el presente trabajo, los intervalos de confianza del análisis de diversidad temporal mostraron que en primavera se presenta el mayor nivel de diversidad (1.3 bits/ind.), en tanto que en invierno se refleja la diversidad más baja del período de estudio (0.3 bits/ind.). Lo que sugiere que esta variación en la diversidad pueda estar asociada a los hábitos y ciclos reproductivos de las especies, así como a las altas concentraciones de salinidad puesto que son especies principalmente marinas.

Referente al análisis de cluster aplicado a las variables especies-sitios de muestreo mostró una mayor similitud o afinidad entre los sitios 3 y 5 (72.2 %), mientras que en los sitios 1 y 2 la similitud fue menor (67.4 %), el sitio 4 es el que

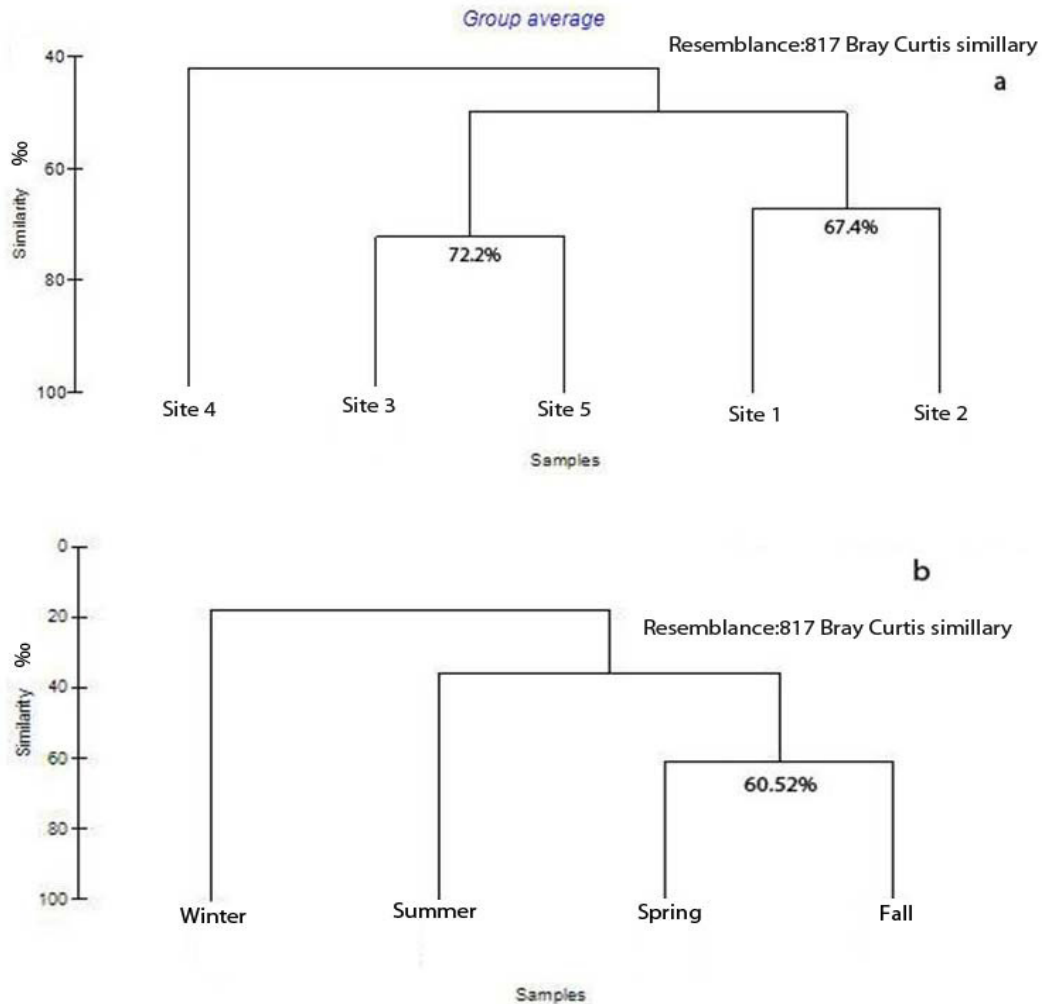


**Figure 8. Confidence intervals in seasonal equity in the Laguna El Quelele, Nayarit.**

**Figura 8. Intervalos de confianza de la equidad estacional larval en la Laguna El Quelele, Nayarit.**

one that less affinity showed with the rest of the sites (Figure 9a). Regarding the analysis between the species – season of the year variables, a group with an affinity of 60.52 % is observed between spring and fall, while they did not present any type of affinity in summer and winter with the rest of the seasons (Figure 9b). It should be noted that even when affinities between sampling sites 3-5 and 1-2 generally shared the same species, site 4 was completely different from the rest of the sites, it present lower density, diversity and equity, probably due to its location and the fact that it is found under a higher effect of anthropogenic impact than the rest of the sites. However, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006) state that in this same system (2001), the results of the similarity analysis applied in the variables species – sampling sites, showed higher affinity between sites 2 and 3, while in sites 1 and 5 affinity was lower; site 4 is the one that less affinity presented with the rest of the sites, situation completely different from 2002, since related sites change completely excepting site 4, which in both periods presented different affinity with the other four points. These differences are mainly attributed to the modifications that this body of water has presented in the different periods of study, as well as the different times in the taking of samples, even when they are established in the same seasonal times.

menor afinidad mostró con el resto de los sitios (Figure 9a). Referente al análisis entre las variables especies-estación del año se observa un grupo con una afinidad del 60.52 % entre primavera y otoño en tanto verano e invierno no presentaron ningún tipo de afinidad con el resto de las estaciones (Figura 9b). Cabe mencionar que aún cuando las afinidades entre los sitios de muestreo 3-5 y 1-2 compartieron generalmente las mismas especies, el sitio 4 aún cuando comparten algunas especies, fue totalmente diferente al resto de los sitios este presenta una menor densidad, diversidad y equidad, posiblemente atribuido a su ubicación y a que se encuentra bajo un mayor efecto de impacto antropogénico que el resto de los sitios. Sin embargo, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006) señalan que en este mismo sistema (2001) los resultados del análisis de similitud aplicado en las variables especies-sitios de muestreo mostró una mayor afinidad entre los sitios 2 y 3 mientras que en los sitios 1 y 5, la afinidad fue menor; el sitio 4 es el que menos afinidad presentó con el resto de los sitios, situación completamente diferente en el 2002 ya que los sitios afines cambian completamente a excepción del sitio 4, que en ambos periodos presenta afinidad diferente con los otros cuatro puntos. Estas diferencias se atribuyen principalmente a las modificaciones que ha venido presentando este cuerpo de agua en los diferentes periodos de estudio, así como a los diferentes tiempos de la toma de las muestras, aún cuando se establecen en las mismas épocas estacionales. Asimismo fue observado entre estaciones del año afinidades entre primavera y otoño cuya afinidad pudiese deberse a la



**Figure 9. Cluster analysis, a) species–sampling sites; b) species–season of the year in the Laguna El Quelele, Nayarit.**

**Figura 9. Análisis de cluster, a) especies-sitios de muestreo; b) especies-estación del año en la Laguna El Quelele, Nayarit.**

In addition, it was observed that between seasons of the year, affinities between spring and fall, which can be due to the presence of marine species, mainly *E. mordax*, *Eucinostomus sp.*, *A. mazatlanus* and *T. rhodopus*, that use this body of water at some stage of their development or due to the tolerance of variations in salinity, or even due to their reproductive cycle (Fischer *et al.*, 1995). Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006) state that in this system (2001) two groups with affinities between cold seasons (fall – winter) and warm seasons (spring–

presencia de especies marinas principalmente de *E. mordax*, *Eucinostomus sp.*, *A. mazatlanus* y *T. rhodopus*. y que utilizan este cuerpo de agua en alguna etapa de su desarrollo o bien debido a la tolerancia de las variaciones en la salinidad e incluso a su ciclo reproductivo (Fischer *et al.*, 1995). Por su parte Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006) señalan que este mismo sistema (2001) se observaron dos grupos con afinidades entre las estaciones frías (otoño-invierno) y las estaciones cálidas (primavera-verano) indicando que las especies fueron predominante mente marinas con una mayor densidad de *E.*

summer) were observed, indicating that the species were mostly marine, with a higher density of *E. mordax* and *T. rhodopus*, indicating that the presence of marine species is associated to transportation of currents, circulation patterns and tide effects. The same has been indicated by Alvarez-Cadena et al., (1984), Day and Yáñez Arancibia (1985) and Contreras Espinoza (1993). Spatial-temporal variations in temperature, salinity and abundance of ichthyoplankton indicate that larvae abundance is strongly related with the seasonal pattern, influencing in the reproductive cycle of these species, in fall and spring, with moderated and low salinity records of average temperature, associated to cold and warm timings. On the other hand, peaks of reproductive season of most species, but mainly of *E. mordax*, are present in a particularly warm season with heavy rain, which favors the increase of productivity of the system, increasing nutrients and organic matter in suspension, so there is a higher availability of food for fish larvae and juvenile stays. And one more in dry weather timing, associated to high saline concentrations, since most of the species belong to marine habits.

*mordax* y *T. rhodopus*, lo que puede indicar que la presencia de especies marinas es asociada al transporte por las corrientes, patrones de circulación y efectos de mareas. Esto mismo ha sido indicado por Álvarez-Cadena et al., (1984), Day y Yáñez Arancibia (1985) y Contreras Espinoza (1993).

Las variaciones espacio-temporales en la temperatura, salinidad y abundancia del ictioplancton indican que la abundancia larval se encuentra en estrecha relación con el patrón estacional influyendo a su vez en el ciclo reproductivo de estas especies, en otoño y primavera con registros de temperatura promedio moderadas y bajas salinidades asociada a las épocas frías y cálidas. Por otro lado los picos de la época reproductiva de la mayoría de las especies pero principalmente el de *E. mordax* se presentan particularmente en una época cálida con abundantes lluvias lo que favorece al aumento de la productividad del sistema incrementando los nutrientes y la materia orgánica en suspensión, por lo que hay una mayor disponibilidad de alimento para los estadios larvales y juveniles de peces. Y otro más en la época de estiaje, asociado a las altas concentraciones de salinidades puesto que la mayoría de las especies son de hábitos marinos.

## REFERENCES

- Álvarez-Cadena, J.N., Aquino, M.A., Alonso, F., Millán, J.G. and Torres, T. 1984. Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar Huizache-Caimanero. Parte I Agua Dulce 1978. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 11(1): 163-180.
- Badan, A. 1997. Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. En: Lavín MF, comp. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. México: Unión Geofísica Mexicana, 99-112.
- Contreras Espinoza, F. 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. 1a. edición. México: Editorial Técnico Científicas SA de CV, 1993; 415. Universidad Autónoma Metropolitana 415.
- Cowan, J.r., Yáñez-Arancibia, J.H., Sánchez-Gil, P. and Deegan, L.A. 2013. Estuarine nection En: Day JW, Crump BC, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A, Deegan LA, comp. Estuarine ecology. New Jersey: Wiley- Blackwell, 327-356.
- Cupul-Magaña, F.G. 1999. La laguna El Quelele, Nayarit, México, como hábitat de aves acuáticas. *Ciencia y Mar* 3(8): 21-28.
- Cupul-Magaña, F.G. 2000. Notas sobre la avifauna acuática de las islas y los humedales costeros de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. *Mexicoa* 2: 85-92.
- Day, J.W., Smith, W.G., Wagner, P.R. and Stone, W.C. 1973. Community structure and carbón budget of a salt marsh and shallow bay estuarine system in Louisiana. Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, No. LSU-SG-72-04.
- Day, J.W. and Yáñez-Arancibia, A. 1985. Coastal lagoons and estuaries as an environment nekton En: Yáñez-Arancibia A, comp. Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards Ecosystem Integration. México: UNAM, 17-34.
- Evans, M.S. and Granger, E.H. 1980. Zooplankton in Canadian Arctic estuary. En: Kennedy VS, comp. Estuarine Perspectives. Nueva York: Academic 199-210.
- Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. and Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de las especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. Vol.II. Roma: FAO 647.

- Flores-Verdugo, F.J. 2002. Procesos ecológicos en humedales. En: Abarca L, Herzig F, comp. Manual para el manejo y conservación de los humedales en México. México: SEMADES y U.S. Fish and Wildlife Service Arizona Game and Fish Department Wetlands International the Americas-Program 150.
- Funes Rodríguez, R., Fernández Álamo, M.A. and González Armas, R. 1998. Larvas de peces recolectadas durante dos eventos El Niño en la costa occidental de Baja California Sur, México, 1958-1959 y 1983-1984. *Océánides* 13(1): 67-75.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México 243.
- Hernández-Hurtado, H., Cupul-Magaña, F., Estrada, G. and Rodríguez, J.C. 1998. Los cocodrilos del delta del río Ameca. *Divulgare* 22:16-27.
- Instituto Nacional de Ecología. 1994. Informe de la situación actual general en material de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993-1994. Secretaría de Desarrollo Social, México.
- Instituto Oceanográfico del Pacífico. 1995. Evaluación de los recursos naturales costeros de los estados de Jalisco y Colima. Tomo II. México: Dirección General de Oceanografía Naval. *Secretaría de Marina* 193.
- Kennet, W.A. and Fahay, M.P. 2010. Ecology of estuarine fishes: temperature waters of the Western North Atlantic. 6a. edición. Maryland: Editorial The Johns Hopkins University, 566 pp.
- Leis, J.M. and Carson-Ewart, B.M. 2000. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: An identification guide to marine fish larvae. 1a. edición. Sydney: Editorial Fauna Malesiana Handbooks, 2000. 846.
- Livingston, R.J. 1984. The Ecology of the Apalachicola Bay system: an estuarine profile. U.S. Fish y Wildlife Service Off. *Biological Services (Tech. Rep.) FWS/OBS*.
- Ludwing, J.A. and Reynolds, J.F. 1988. Statistical Ecology: A Primer on methods and computing. 1a. edición. Boston: Editorial Wiley-Intercience, 523.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. 1a.edición. New Jersey: Editorial Princeton University,300.
- Margalef, R. 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. En: Simposio Internacional de lagunas costeras. jun 18-26; México D.F.
- Navarro-Rodríguez, M.C., Hernández Vázquez, S., Funes Rodríguez, R., and Flores Vargas, R. 2001. Distribución y abundancia de lavas de peces de las familias Haemulidae, Sciaenidae y Carangidae de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 35(1): 1-24.
- Navarro-Rodríguez, M.C., Flores-Vargas, R., González Guevara, L.F. and González Ruelas, M.E. 2004. Distribution and abundance of *Dormitator latifrons* (Richardson) larvae (Pisces: Eliotridae) in the natural protected area "estero El Salado" in Jalisco, Mexico. *Biología Marina y Oceanografía* 39(1): 31-36.
- Navarro-Rodríguez, M.C., González Guevara, L.F., Flores-Vargas, R., González Ruelas, M.E. and Carrillo González, F.M. 2006. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. *Biología Marina y Oceanografía* 41(1): 35-43.
- Núñez Moreno, A. 1996. Distribución y abundancia de larvas de peces de la parte sur y central del Golfo de California (1990-1992). Informe Técnico. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. *EIOT* 33.
- Miller, B.S. and Kendall, A.W. 2009. Early life history of marine fishes. 2a. edición. Los Angeles Editorial University California, 363.
- Moser, H.G., Charter, R.L., Smith, P.E., Ambrose, D.A., Charter, S.R., Myer, C.A. et al. 1993. Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current region: Taxa with 1000 or more total larvae, 1951 through 1984. Atlas 31. La Jolla: Editorial Allen Inc, 233 pp.
- Moser, H.G., Charter, R.L., Smith, P.E., Ambrose, D.A., Charter, S.R., Myer, C.A., et al. 1994. Watson W. Distributional atlas of fish larvae in the California Current region: Taxa with less than 1000 total larvae, 1951 through 1984. Atlas 32. La Jolla: Editorial Allen Inc, 181 pp.
- Moser, H.G. 1996. The early stages of fishes in the California current region. Atlas 33. La Jolla: Editorial Allen Inc, 1505 pp.
- Saldierna, R., Vera, A.R. 1993. Abundancia y distribución de huevos y larvas de sardinas en la parte central del Golfo de California. Informe Técnico Final CICIMAR. 130.
- Sánchez Ramírez, M. 1997. Alimentación, crecimiento y mortalidad de larvas *Chloroscombrus chrysurus* (orqueta) (Pisces: Carangidae), en el sur del Golfo de México (tesis de doctorado). México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suárez Morales, E. 1994. Comunidades zooplanctónicas de las lagunas costeras. En: de la Lanza Espino G. y Cáceres

- Martínez C, comp. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Baja California Sur, 248-268.
- Sumida, B.Y., Moser, H.G. and Ahlstrom, E.H. 1985. Descriptions of larvae of California yellowtail the Eastern Tropical Pacific. *California Cooperative, Oceanic Fisheries Investigation Reports* 26: 139-159.
- Rzedowsky, J. 1978. Vegetación de México 1a. edición. México: Editorial Limusa 350 pp.
- Torres-Orózcó, R. 1994. Los Peces. En: De la Lanza Espino G. y Cáceres Martínez C. comp. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano: Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 269-304.
- Watson, W. 1996. Eliotridae. En: Moser HG, comp. The early stages of fishes in the California Current region. Atlas 33. La Jolla: Editorial Allen Inc, 1002-1011 pp.
- Whitehead, P.J. and Rodríguez-Sánchez, R. 1995. Engraulidae. En: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommers C, Carpenter KE, VH Niem, com. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II. Roma: FAO, 1067-1068.
- Yáñez-Arancibia, A., Twilley, R. and Lara-Domínguez, A.L. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosque* 4(002): 3-19.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Navarro-Rodríguez, M.C., González-Guevara, L.F., Flores-Vargas, R., Amparan-Salido, R.T. (2015). Spatial and temporal variation of the ichthyoplankton in the Laguna el Quelele, Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 3(2): 116-131. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/177/155>

