

# Estructura y variación estacional de la comunidad ictioplanctónica en una laguna hipersalina del oeste del Golfo de México: Laguna Madre, Tamaulipas

## Structure and seasonal variation of the Ichthyoplankton community from a hypersaline lagoon in the Western Gulf of Mexico: Laguna Madre, Tamaulipas

Marina Sánchez-Ramírez y Alberto Ocaña-Luna

Laboratorio de Ecología. Departamento de Zoología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n Col. Sto. Tomás. Delegación Miguel Hidalgo, México, D. F. 11340. México  
e-mail: msanchez@encb.ipn.mx

Sánchez-Ramírez M. y A. Ocaña-Luna. 2015. Estructura y variación estacional de la comunidad ictioplanctónica en una laguna hipersalina del oeste del Golfo de México: Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica* 25 (2): 175-186.

### RESUMEN

Se determinó la estructura de la comunidad ictioplanctónica en el sur de la Laguna Madre, Tamaulipas; se recolectaron muestras de zooplancton en octubre de 1997, enero, mayo y julio de 1998 y simultáneamente se midió la salinidad y temperatura (°C) del agua superficial. Se identificaron 39 especies de las cuales *Opisthonema oglinum*, *Lupinoblennius nicholsi*, *Ctenogobius shufeldti*, *Microgobius thalassinus*, *Gobiesox strumosus*, *Citharichthys arcifrons* y *Acanthostracion quadricornis*, son nuevos registros para el sistema. El 80% de las especies identificadas son marinas que penetran al sistema en estadio de larva y/o juvenil y ocupan el sistema como zona de crianza. La mayor abundancia de larvas se presentó en mayo (ANDEVA<sub>3,76</sub> F= 4.995,  $p < 0.005$ ). *Anchoa hepsetus* y *Anchoa mitchilli* se recolectaron durante todo el año, esta última contribuyó con el 55.8% de la abundancia total. Se presentó una correlación positiva entre la densidad (no. larvas/100 m<sup>3</sup>) de *A. mitchilli* con la temperatura ( $r_{s(\alpha=0.001)} = 0.376$ ) y la salinidad ( $r_{s(\alpha=0.001)} = 0.467$ ), *A. hepsetus* y *Brevoortia gunteri* presentaron una correlación negativa con la temperatura ( $r_{s(\alpha=0.001)} = -0.247$  y  $r_{s(\alpha=0.001)} = -0.567$ , respectivamente). La riqueza de especies fue mayor en mayo y julio (24 y 21, respectivamente). La diversidad fue menor en octubre (1.40 bits/ind) y mayo (1.02 bits/ind) y mayor en julio (2.23 bits/ind). Los valores más altos de dominancia se presentaron en octubre y mayo (0.57 y 0.59, respectivamente). Se formaron ocho grupos de especies a partir del índice de similitud de Bray-Curtis, uno de los cuales está formado por especies típicas lagunares o estuarino-dependientes, que determinan la estructura de la comunidad.

**Palabras clave:** Asociaciones, diversidad, Laguna Madre, larvas de peces, plancton.

### ABSTRACT

In order to analyze the structure of the Ichthyoplankton community in the southern region of the Laguna Madre, Tamaulipas, zooplankton samples were taken in October of 1997, and January, May and July of 1998; salinity and temperature (°C) of the superficial water were simultaneously measured. Thirty nine species were identified: *Opisthonema oglinum*, *Lupinoblennius nicholsi*, *Ctenogobius shufeldti*, *Microgobius thalassinus*, *Gobiesox strumosus*, *Citharichthys arcifrons* and *Acanthostracion quadricornis* were new records to the system. 80% of the species were marine; these penetrate the system in their larva and/or young stage and make use of the system as a nursery zone.

The highest abundance of larvae was found in May (ANOVA<sub>3,76</sub> F= 4.995,  $p < 0.005$ ). *Anchoa hepsetus* and *Anchoa mitchilli* were present all year round; the latter represented 55.8% of the total population. There was a positive correlation between the density (no. of larvae/100 m<sup>3</sup>) of *A. mitchilli* with the temperature ( $r_{s(\alpha=0.001)} = 0.376$ ) and salinity ( $r_{s(\alpha=0.001)} = 0.467$ ). *Anchoa hepsetus* and *Brevoortia gunteri* presented a negative correlation with the temperature ( $r_{s(\alpha=0.001)} = -0.247$  and  $r_{s(\alpha=0.001)} = -0.567$ , respectively). The richness of species was greater in May and July (24 and 21, respectively). The diversity was lower in October (1.40 bits/ind) and May (1.02 bits/ind) and greater in July (2.23 bits/ind), as well as in equity (0.50). The highest values of dominance were present in October and May (0.57 and 0.59, respectively). Eight groups of species were formed by the Bray-Curtis dissimilarity index, which determines if the structure of the community is formed by typical lagoon species or estuarine-dependent species.

**Key words:** Associations, diversity, fish larvae, Laguna Madre, plankton.

## INTRODUCCIÓN

La comunidad de peces comprende un gran número de individuos y biomasa en las lagunas costeras y estuarios (Yáñez-Arancibia, 1985); cuyas larvas y juveniles, especialmente abundantes, se benefician de su alta productividad que los provee de recursos alimentarios y a la vez estos sitios con sus múltiples tipos de hábitats son utilizados como refugio (Cowan *et al.*, 2013).

Las primeras etapas del desarrollo larval de los peces es el periodo más susceptible a los factores bióticos y abióticos (Lasker, 1981), lo que llega a ocasionar variaciones en el reclutamiento de las poblaciones de los adultos (Miller & Kendall, 2009).

Los peces que habitan ambientes estuarinos son tolerantes a cambios drásticos de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno y niveles de turbidez, así como a cambios estacionales en éstas y otras condiciones físicas, tales como la apertura y cierre de las bocas de estos sistemas (Able & Fahay, 2010) durante los periodos de lluvias y secas. La mayoría de los peces estuarinos pueden tolerar fluctuaciones ambientales, pero en cada especie depende de su adaptación fisiológica que influye en su distribución dentro de estos ecosistemas (Blaber, 1997).

Las lagunas costeras han cobrado notable importancia no sólo por el papel que juegan en los ciclos biológicos de numerosos peces marinos o dulceacuícolas, sino también por las grandes alteraciones y por el vertimiento diario de múltiples contaminantes (Reséndez-Medina & Kobelkowsky-Díaz, 1991).

La Laguna Madre de Tamaulipas junto con la Laguna Madre de Texas, constituyen el sistema hipersalino más grande del mundo; esta área posee una gran riqueza y diversidad biológica debido a su ubicación, ya que se encuentra en dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical; la Laguna Madre de Tamaulipas recibe agua dulce de dos regiones hidrológicas: la cuenca del Río Bravo y la cuenca de los ríos San Fernando y Soto La Marina, y tiene la influencia de dos provincias marinas: la Carolineana y la Caribeña (CONANP, 2012); la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México la considera la Región Marina Prioritaria N° 44, como un sitio prioritario para la conservación biológica (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998); en 2004 fue catalogada por la Convención RAMSAR sobre humedales, como Humedal de Importancia Internacional registrado como sitio número 1362; mientras que el Ejecutivo Federal Mexicano la declaró Área Natural Protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna (SEMARNAT, 2005).

Sobre peces óseos adultos de la Laguna Madre, Tamaulipas, se tienen los trabajos de: Hildebrand (1958) quien realizó el primer listado y registra 58 especies, Barba-Macías (1999) señaló 33 especies, Leija-Tristán *et al.* (2000) encuentran 121 y finalmente Raz-Guzman y Huidobro (2002) identificaron 83 especies; mientras que en la Laguna Madre de Texas se han registrado 94 especies (McKee, 2008), sin embargo es probable que el número de especies presentes en el sistema pudiera ser mayor, toda vez que se trata de un cuerpo de agua con una gran heterogeneidad ambiental espacial y temporal. Por otro lado sobre las fases larvárias, Tolan *et al.* (1997) analizaron la estructura de la comunidad ictioplancónica en la parte estadounidense; para la región mexicana de la laguna, existe el trabajo de Ocaña-Luna y Sánchez-Ramírez (1998) sobre la alimentación de larvas de esciéndidos; por lo que los objetivos de este trabajo son: determinar la composición

ictioplancónica de la Laguna Madre de Tamaulipas, caracterizar los patrones temporales de abundancia y diversidad en la comunidad, determinar las especies dominantes, establecer la relación de su abundancia larvaria con la salinidad y temperatura del agua superficial y definir las asociaciones de larvas de peces en este sistema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Laguna Madre se localiza al norte del Estado de Tamaulipas, entre los paralelos 23° 47' y 25° 57' N y los meridianos 97° 09' y 97° 52' O. La limitan al norte la desembocadura del Río Bravo y al sur la del Río Soto la Marina. El área de estudio se encuentra al sur de la laguna, limitándose al norte con la Bahía de Catán y al sur con la Enramada, en dicha región se localizan la Boca de Catán y La Boca el Caballo, entre los paralelos 24° 14' y 24° 34' N y los meridianos 97° 41' y 97° 52' W (Fig. 1).

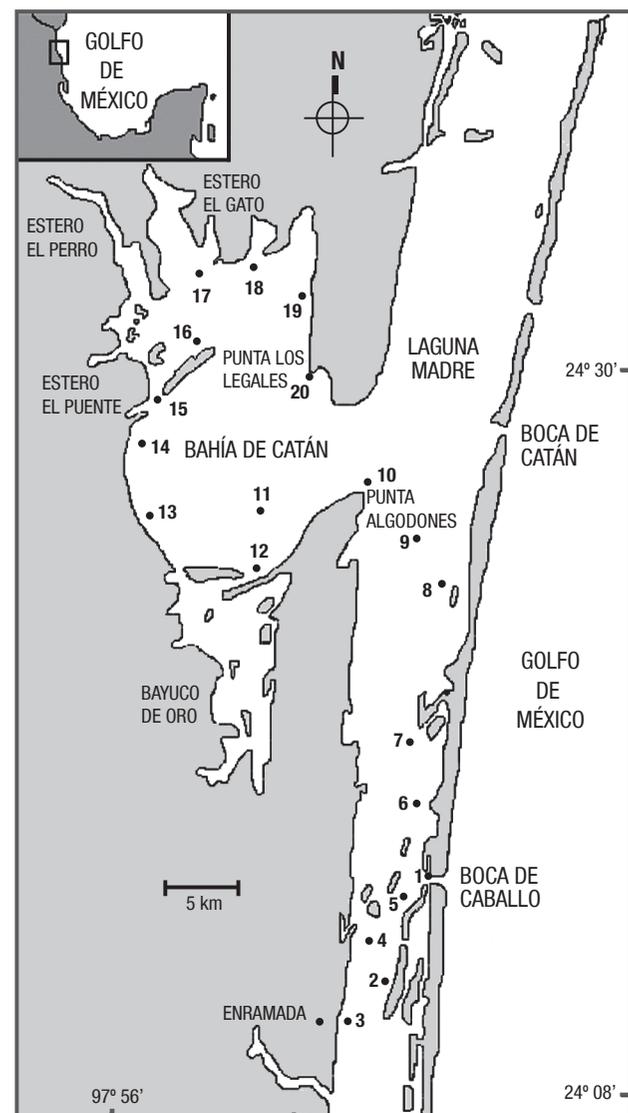


Figura 1. Área de estudio y ubicación de estaciones de muestreo en la Laguna Madre, Tamaulipas (1997-1998).

Esta zona presenta variaciones muy amplias de salinidad de 21-51, por lo que de acuerdo con el Sistema de Venecia (1958), se observan condiciones euhalinas en octubre (35-38), poli-euhalinas en enero (21-36) y eu-hiperhalinas en mayo y julio (33-46 y 36-51, respectivamente); en este último mes la laguna alcanzó la mayor temperatura de todo el ciclo anual de 29.0 a 31.0 °C, mientras que durante enero ocurrió la menor temperatura del agua (18.0 a 22.0 °C), provocada por los intensos vientos del norte propios de esta época (Ocaña-Luna *et al.*, 2008). La laguna presenta salinidades superiores a las del mar la mayor parte del año; amplias variaciones han sido mencionadas con anterioridad por Hildebrand (1958), quien registró en la zona norte del sistema valores de 117 unidades en el mes de julio; así mismo Hildebrand (1969) menciona valores bajos de 9 en noviembre por efecto de fenómenos meteorológicos como los huracanes. Tunnell (2002) señala que la hipersalinidad de la Laguna Madre de Texas tiende a aumentar debido a que el volumen de agua en el sistema ha descendido en los últimos años por el desvío de agua del Río Grande (Río Bravo del Norte) para la irrigación de tierras destinadas a la agricultura, como también lo menciona Edwards y Contreras-Balderas (1991) para la Laguna Madre de Tamaulipas.

Para el presente estudio se estableció una red de 20 estaciones de monitoreo en el área, las cuales cubrieron zonas importantes como: bahía, bocas de comunicación con el mar y desembocaduras de arroyos (Fig. 1). En cada una de las estaciones se tomaron muestras de zooplancton durante los meses de octubre de 1997 (final de la época de lluvias), enero (época de nortes), mayo (época de estiaje) y julio de 1998 (inicio de la época de lluvias), con una red estándar con malla de 505 µm y boca de 50 cm de diámetro, a la cual se le colocó un flujómetro para medir el volumen de agua filtrada; los arrastres se realizaron en la capa superficial de la columna de agua aproximadamente en los primeros 50 cm, de manera circular durante cinco minutos. Las 80 muestras recolectadas fueron fijadas con formalina al 4% neutralizada con borato de sodio. Se tomaron de manera simultánea datos de salinidad y temperatura (°C) del agua superficial con un refractómetro marca "Atago" y un termómetro de mercurio, respectivamente.

De cada muestra se separó el total de larvas de peces y se conservaron en alcohol al 70%; posteriormente se cuantificaron e identificaron al más bajo taxón posible. La abundancia fue expresada en términos de densidad, para lo cual el número de larvas se estandarizó como número de organismos/100 m<sup>3</sup>.

Las especies identificadas en el sistema fueron ubicadas en las siguientes categorías, considerando la clasificación propuesta por Sanvicente-Añorve *et al.* (2011) la cual sin embargo fue modificada en algunos casos: a) Residentes Permanentes en la Laguna (RPL) correspondiente a especies que llevan a cabo todo su ciclo de vida dentro de las lagunas; b) especies marinas que ocupan la laguna como área de crianza (MN), aquellas que usualmente viven en el mar pero las larvas y/o juveniles hace un uso extensivo de los ambientes lagunares; c) especies marinas en tránsito (MT) correspondiente a aquellas que usualmente viven en el mar y una pequeña porción de la población usan la laguna y d) Catádromas (C), aquellas especies que viven principalmente en agua dulce y migran al mar a desovar.

Para analizar la similitud de la comunidad ictioplanctónica de la Laguna Madre, Tamaulipas con otros sistemas lagunares cercanos geográficamente como Laguna Madre de Texas (Holt *et al.*, 1990; Tolan *et al.*, 1997; Tolan & Newstead, 2003, 2004 y 2005), Laguna de Tamiahua

(Sanvicente-Añorve *et al.*, 2011) y Laguna de Tampamachoco (Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003), se calculó el coeficiente de similitud de Sørensen (Sørensen, 1948).

$$CC_s = \frac{2c}{s_1 + s_2}$$

Donde:

CC<sub>s</sub>= coeficiente de similitud

c= número de especies comunes entre ambas comunidades

s<sub>1</sub>= número de especies de la comunidad 1

s<sub>2</sub>= número de especies de la comunidad 2.

Para analizar las diferencias en la abundancia promedio de larvas de peces entre los meses analizados, estas abundancias fueron transformadas como ln (x+1); posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y finalmente una prueba de rangos múltiples de Tukey (Sokal & Rohlf, 1995).

Mediante el empleo del coeficiente de correlación de Rangos de Spearman (Zar, 2010) se obtuvo la relación entre la densidad de larvas de las tres especies más abundantes en el sistema, con respecto a la temperatura (°C) y salinidad.

Se estimaron los siguientes parámetros ecológicos: riqueza (S) como número de especies. La diversidad de especies dentro de la comunidad fue calculada con el índice de Shannon–Wiener (Shannon & Weaver, 1963).

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = índice de diversidad de especies de Shannon–Wiener

p<sub>i</sub>= proporción de la especie i

s= número de especies en la muestra.

La dominancia de las especies en la comunidad se obtuvo con el índice de Simpson (Simpson, 1949).

$$D = \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

Donde:

D = índice de dominancia

p<sub>i</sub>= proporción de la especie i en la comunidad

s = número de especies en la muestra.

Para determinar las especies dominantes de peces en etapa larvaria se aplicó el Índice de Valor Biológico propuesto por Sanders (1960).

$$IVB = \sum_{i=1}^s p_{i,j}$$

Donde:

IVB= Índice de valor biológico, i= cada una de las especie

j= cada una de las épocas de recolecta. En este índice el valor de importancia para cada especie se asigna en función de su abundancia

en cada época, expresada como puntajes, por lo que las especies se ordenan con base en la constancia espacio-temporal de sus abundancias (Loya-Salinas & Escofet, 1990).

Se determinó la formación de grupos de especies para lo cual se aplicó el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957), previo a la aplicación de este índice los datos fueron transformados de la siguiente manera:  $\ln(x+1)$ .

$$BC = \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^s (X_{ij} + X_{ik})}$$

Donde:

BC = índice de similitud de Bray-Curtis

$X_{ij}$  y  $X_{ik}$  = diversidad de la especie  $i$  en las muestras  $j$  y  $k$

$s$  = número de especies Hammer

Finalmente a partir de la matriz de similitud se elaboró un dendrograma utilizando el método de grupos pareados no ponderados (UPGMA), esto se llevó a cabo utilizando de programa PAST versión 2.01 (Hammer *et al.*, 2001).

## RESULTADOS

Se recolectaron un total de 8,480 larvas de peces, de las cuales se identificaron 39 especies pertenecientes a 21 familias, *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818), *Microgobius thalassinus* (Jordan & Gilbert, 1883), *Gobiosox strumosus* Cope, 1870, *Citharichthys arcifrons* Goode, 1880, *Lupinoblennius nicholsi* (Tavolga, 1954), *Ctenogobius shufeldti* (Jordan & Eigenmann, 1887) y *Acanthostracion quadricornis* (Linnaeus, 1758), se consideran nuevos registros para la Laguna Madre, Tamaulipas; ya que anteriormente no habían sido recolectadas ni como larva ni como adulto, además las últimas cuatro especies, tampoco tienen registros previos en la Laguna Madre de Texas.

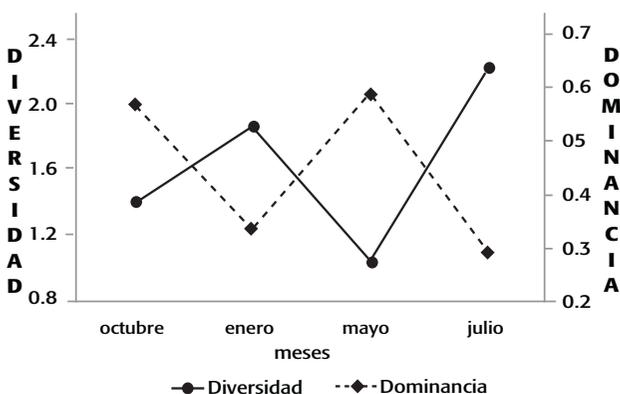


Figura 2. Parámetros ecológicos de la comunidad ictioplanctónica de la Laguna Madre, Tamaulipas, México. 1997-1998.

Las familias mejor representadas fueron Gobiidae y Sciaenidae con ocho y seis especies, respectivamente. En relación a la riqueza específica, en mayo se presentó el mayor número de especies (24), mientras que en octubre el menor (17) (Tabla 1).

El 80% de las especies que conforman la comunidad ictioplanctónica pertenecen a las categorías de marina en tránsito (MT) y especies marinas que ocupan la laguna como área de crianza (MN) (Tabla 1).

Este sistema presenta una mayor similitud en cuanto a la composición específica con la Laguna Madre, Texas, compartiendo 27 especies y con la Laguna de Tampamachoco, Veracruz 23 (similitud= 0.66 y 0.68, respectivamente), mientras que con la Laguna de Tamiahua, Veracruz comparte 21 especies (similitud= 0.59) (Tabla 2).

La mayor abundancia de larvas se presentó en mayo, mientras que en octubre la menor, y el análisis de varianza detectó diferencias en las abundancias de las larvas entre estos dos meses ( $F_{3,76} = 4.995$ ,  $p < 0.005$ ). Las larvas del género *Anchoa*, constituyen más del 70% de la abundancia total en la Laguna Madre de Tamaulipas. *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758) y *A. mitchilli* (Valenciennes, 1848) estuvieron presentes durante todo el año; esta última especie es considerada como residente permanente en la laguna (RPL) y presentó la mayor abundancia en mayo (periodo cálido) cuando ocurre su principal época de desove; representando el 55.8% de la abundancia promedio anual; mientras que *A. hepsetus* el 17.9%, y es clasificada como una especie marina, cuyas larvas y/o juveniles penetran a los sistemas lagunares para protegerse y alimentarse (MN), tuvo las mayores abundancias en enero (época fría) justo cuando ocurrió un pico en su desove (Tabla 1).

Otras especies también abundantes en la laguna son: *Brevoortia gunteri* Hildebrand, 1948 (10.9%), especie marina que ocupan la laguna como área de crianza (MN); *Membras martinica* (Valenciennes, 1835) (4.1%) y *Gobiosoma bosc* (Lacepède, 1800) (3.2%), ambas residentes permanentes en la laguna (RPL) y *Dormitator maculatus* (Bloch, 1792) (1.55%), cuyos adultos viven principalmente en agua dulce, migran al mar a desovar y sus larvas y/o juveniles hacen un uso extensivo de los ambientes lagunares (C/MN) (Tabla 1).

Se presentó una correlación positiva entre la abundancia de larvas de *A. mitchilli* con la temperatura y salinidad ( $r_s = 0.376$  y  $r_s = 0.467$ , respectivamente), esta especie es considerada euriérmica y eurihalina; mientras que *A. hepsetus* presentó una correlación negativa con la temperatura ( $r_s = -0.247$ ), debido probablemente a que su principal período reproductivo ocurre en el invierno; finalmente en *B. gunteri* se observó una correlación negativa tanto con la temperatura ( $r_s = -0.567$ ) como con la salinidad ( $r_s = -0.436$ ), ya que al igual que *A. hepsetus* presentan un pico de desove en el período frío (Tabla 3).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó valores bajos tanto en octubre (1.40 bits/ind) como en mayo (1.02 bits/ind) Figura 2. cuando *A. mitchilli* presentó alta abundancia; la mayor diversidad se observó en julio (2.23 bits/ind) cuando la riqueza de especies fue alta.

La dominancia presentó valores altos en octubre y mayo (0.57 y 0.59, respectivamente), y tuvo un comportamiento inverso a la diversidad, debido a las altas densidades que presentó *A. mitchilli* (Fig. 2).

De acuerdo con el IVB, fueron diez las especies dominantes que caracterizaron a la comunidad y en conjunto representan el 97.82% de la abundancia total (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia promedio mensual (no. de organismos/100 m<sup>3</sup>), abundancia relativa (%) de larvas de peces, IVB= Índice de Valor Biológico y riqueza específica. Categorías ecológicas. Laguna Madre, Tamaulipas, México. 1997-1998. Taxas ordenados por IVB

TAXA	octubre	enero	mayo	julio	%	IVB	Categoría
<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848)	52.83	27.06	296.61	37.16	55.8	38	RPL
<i>Anchoa hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)	2.19	85.83	40.73	3.97	17.9	32	MN
<i>Gobiosoma bosc</i> (Lacepède, 1800)	8.80		13.11	1.71	3.19	22	RPL
<i>Membras martinica</i> (Valenciennes, 1835)	0.44	0.17	12.19	17.51	4.09	20	RPL
<i>Menidia beryllina</i> (Cope, 1867)	0.38	0.46	1.62	5.93	1.13	15	RPL
<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann & Kendall, 1896)	3.52	1.25	2.45	0.37	1.03	15	MT
<i>Brevoortia gunteri</i> Hildebrand, 1948	0.09	75.17	5.72		10.92	14	MN
<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch, 1792)	0.16	3.14	8.18		1.55	12	C/MN
<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)		4.86		0.64	0.74	9	MT
<i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas, 1770)	0.08	1.18	4.40		0.76	7	MT
<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)				5.64	0.76	7	MT
<i>Cynoscion arenarius</i> Ginsburg, 1930	0.91		0.39	0.34	0.22	6	MN
<i>Elops saurus</i> Linnaeus, 1766		1.62	0.11		0.23	5	MT
<i>Microgobius thalassinus</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	0.51				0.07	5	MT
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)			0.22	1.05	0.17	4	MT
<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)	0.10			1.04	0.15	3	MT
<i>Lupinoblennius nicholsi</i> (Tavolga, 1954)	0.33	0.26	0.60	0.29	0.2	2	RPL
<i>Harengula jaguana</i> Poey, 1865		0.14	0.23	0.52	0.12	1	MT
<i>Ulaema lefroyi</i> (Goode, 1874)			1.14	0.41	0.21	1	MT
<i>Leiostomus xanthurus</i> Lacepède, 1802		0.43			0.06	1	MT
<i>Hippocampus zosterae</i> Jordan & Gilbert, 1882	0.30				0.04	1	MT
<i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)	0.22		0.77	0.07	0.14	0	MN
<i>Ctenogobius boleosoma</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	0.06	0.29		0.15	0.07	0	RPL
<i>Gobiesox strumosus</i> Cope, 1870		0.07	0.77		0.11	0	RPL
<i>Strongylura marina</i> (Walbaum, 1792)			0.18	0.51	0.09	0	MT
<i>Gobiosoma robustum</i> Ginsburg, 1933	0.10	0.16			0.03	0	RPL
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)			0.16	0.05	0.03	0	MN
<i>Evorthodus lyricus</i> (Girard, 1858)				0.15	0.02	0	MT
<i>Spherooides</i> sp.			0.12		0.02	0	MT
<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802)			0.11		0.01	0	MN
<i>Syngnathus floridae</i> (Jordan & Gilbert, 1882)			0.09		0.01	0	MT
<i>Citharichthys arctifrons</i> Goode, 1880			0.09		0.01	0	MT
<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)			0.09		0.01	0	MT
<i>Ctenogobius shufeldti</i> (Jordan & Eigenmann, 1887)		0.08			0.01	0	MT
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)				0.07	0.01	0	MT
<i>Menticirrhus littoralis</i> (Holbrook, 1847)		0.07			0.01	0	MT
<i>Stellifer lanceolatus</i> (Holbrook, 1855)		0.07			0.01	0	MT
<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)				0.07	0.01	0	MT
<i>Myrophis punctatus</i> Lütken, 1852			0.07		0.01	0	MT
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)		0.07			0.01	0	MN
<i>Eucinostomus</i> sp.				0.07	0.01	0	
TOTAL	71.01	202.38	390.17	77.71	100		
Riqueza de especies	17	20	24	21			

Residentes Permanentes en la Laguna (RPL)= especies que llevan a cabo todo su ciclo de vida dentro de las lagunas; especies marinas que ocupan la laguna como área de crianza (MN)= especies que usualmente viven en el mar pero las larvas y/o juveniles hace un uso extensivo de los ambientes lagunares; marina en tránsito (MT)= especies que usualmente viven en el mar y una pequeña porción de la población usan la laguna; Catádróma (C)= especies que viven principalmente en agua dulce y migran al mar a desovar.

Tabla 2. Especies de larvas de peces presentes en lagunas costeras de Texas, Estados Unidos; Tamaulipas y Veracruz, México. Taxa ordenado alfabeticamente.

	TEXAS	TAMA	TAMI	TAMPA
<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)		X		
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	X <sup>2</sup>	X	X	X
<i>Adinia xenica</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	X <sup>5</sup>			
<i>Anchoa hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)	X <sup>2,3</sup>	X	X	X
<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848)	X <sup>2,3,4,5</sup>	X	X	X
<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)			X	
<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802)	X <sup>2,3,4</sup>	X	X	X
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)		X		X
<i>Brevoortia gunteri</i> Hildebrand, 1948	X <sup>4,5</sup>	X		
<i>Brevoortia patronus</i> Goode, 1878	X <sup>2,3,4,5</sup>			
<i>Citharichthys arctifrons</i> Goode, 1880		X		X
<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther, 1862			X	X
<i>Ctenogobius boleosoma</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	X <sup>2,3</sup>	X		X
<i>Ctenogobius shufeldti</i> (Jordan & Eigenmann, 1887)		X		
<i>Cynoscion arenarius</i> Ginsburg, 1930	X <sup>5</sup>	X	X	X
<i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)	X <sup>2,3</sup>	X	X	X
<i>Cyprinodon variegatus</i> Lacepède, 1803	X <sup>4,5</sup>			
<i>Diapterus auratus</i> Ranzani, 1842			X	
<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)		X		X
<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch, 1792)	X <sup>3</sup>	X	X	X
<i>Dorosoma cepedianum</i> (Lesueur, 1818)	X <sup>5</sup>			
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)				X
<i>Elops saurus</i> Linnaeus, 1766	X <sup>4,5</sup>	X	X	X
<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855	X <sup>2</sup>			
<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)			X	
<i>Evorthodus lyricus</i> (Girard, 1858)		X		X
<i>Fundulus grandis</i> Bair & Girard, 1853	X <sup>4,5</sup>			
<i>Gobiesox strumosus</i> Cope, 1870	X <sup>3,4,5</sup>	X	X	
<i>Gobioides broussonnetii</i> Lacepède, 1800	X <sup>2</sup>		X	X
<i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas, 1770)	X <sup>3</sup>	X		X
<i>Gobiosoma bosc</i> (Lacepède, 1800)	X <sup>2,3,5</sup>	X	X	X
<i>Gobiosoma robustum</i> Ginsburg, 1933	X <sup>2</sup>	X	X	
<i>Harengula jaguana</i> Poey, 1865	X <sup>2</sup>	X	X	X
<i>Hippocampus zosterae</i> Jordan & Gilbert, 1882	X <sup>2,3</sup>	X		
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)	X <sup>5</sup>	X	X	
<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)	X <sup>2,3,4,5</sup>	X	X	X
<i>Leiostomus xanthurus</i> Lacepède, 1802	X <sup>2,3,4,5</sup>	X	X	X
<i>Lucania parva</i> (Bair & Girard, 1853)	X <sup>5</sup>			
<i>Lupinoblennius nicholsi</i> (Tavolga, 1954)		X	X	X
<i>Membras martinica</i> (Valenciennes, 1835)		X	X	X
<i>Menidia beryllina</i> (Cope, 1867)		X		
<i>Menidia peninsulae</i> (Goode & Bean, 1879)	X <sup>2</sup>			
<i>Menticirrhus littoralis</i> (Holbrook, 1847)		X		
<i>Microgobius gulosus</i> (Girard, 1858)			X	
<i>Microgobius thalassinus</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	X <sup>2,5</sup>	X		
<i>Microphis brachyurus lineatus</i> (Kaup, 1856)			X	
<i>Micropogonias undulatus</i> (Linnaeus, 1766)	X <sup>3,4,5</sup>			X
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	X <sup>4,5</sup>			
<i>Myrophis punctatus</i> Lütken, 1852	X <sup>5</sup>	X	X	X
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	X <sup>2,3</sup>	X	X	
<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	X <sup>2,5</sup>	X		
<i>Pogonias cromis</i> (Linnaeus, 1766)	X <sup>1</sup>			
<i>Polydactylus octonemus</i> (Girard, 1858)				X
<i>Sciaenops ocellatus</i> (Linnaeus, 1766)	X <sup>2</sup>			

Tabla 2. (Continuation)

	TEXAS	TAMA	TAMI	TAMPA
<i>Spherooides parvus</i> Shipp & Yerger, 1969	X <sup>2,3</sup>		X	
<i>Stellifer lanceolatus</i> (Holbrook, 1855)		X		
<i>Strongylura marina</i> (Walbaum, 1792)	X <sup>3,5</sup>	X	X	
<i>Strongylura notata</i> (Poey, 1860)			X	
<i>Syngnathus floridae</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	X <sup>2</sup>	X		
<i>Syngnathus louisianae</i> Günther, 1870	X <sup>2</sup>		X	
<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann & Kendall, 1896)	X <sup>2,3,4,5</sup>	X	X	X
<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	X <sup>3,5</sup>	X		
<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	X <sup>5</sup>		X	X
<i>Ulaema lefroyi</i> (Goode, 1874)		X		X

TEX= Laguna Madre de Texas (<sup>1</sup>Holt *et al.*, 1990; <sup>2</sup>Tolan *et al.*, 1997; <sup>3</sup>Tolan & Newstead, 2003; <sup>4</sup>Tolan & Newstead, 2004; <sup>5</sup>Tolan & Newstead, 2005)

TAMA= Laguna Madre de Tamaulipas (este trabajo)

TAMI= Laguna de Tamiahua, Veracruz (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2011)

TAMPA= Laguna de Tampamachoco (Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez & 2003)

La asociación de especies de larvas de peces definidas por el índice de Bray-Curtis, arrojó ocho grupos (Fig. 3): Grupo I (dos especies, 4.9%)- formado por especies con mayor abundancia en invierno, de las cuales *Lagodon rhomboides* (Linnaeus, 1766) pertenecen al grupo dominante (IVB= 9); Grupo II (tres especies, 7.3%)- especies exclusivas o con mayor abundancia en invierno; Grupo III (7 especies, 17.1%)- especies exclusivas o con bajas densidades en el mes de mayo; Grupo IV (diez especies, 24.4%)- especies típico-lagunares o que dependen de este sistema en alguna etapa de su vida, el cual está conformado por las especies dominantes de acuerdo con el Índice de Valor Biológico: *A. mitchilli* (RPL), *A. hepsetus* (MN), *G. bosc* (RPL), *M. martinica* (RPL), *Syngnathus scovelli* (Evermann & Kendall, 1896) (MT), *Menidia beryllina* (Cope, 1867) (RPL); *B. gunteri* (MN), *D. maculatus* (C/MN), *Gobionellus oceanicus* (Pallas, 1770) (MT) y *O. oglinum* (MT), y Grupo V (nueve especies, 22.0%)- con bajas densidades, la mayoría de ellas ausentes en enero; Grupo VI (cuatro especies, 9.8%)- formado por especies de las familias Gobiidae y Sciaenidae, exclusivas de invierno.- Grupo VII (dos especies, 4.9%), formado por exclusivas de octubre con bajas densidades y Grupo VIII (cuatro especies, 9.8%) especies exclusivas del mes más cálido (julio).

## DISCUSIÓN

El número de especies que conforman la comunidad ictioplanctónica en este sistema es ligeramente menor (39), que las señaladas por Holt *et al.* (1990), Tolan *et al.* (1997), Tolan y Newstead (2003, 2004, 2005)

para la Laguna Madre de Texas (43), de ellas 16 especies no se recolectaron en la Laguna Madre en Tamaulipas, mientras que 12 especies de este sistema no se han registrado para la Laguna Madre en Texas; esta diferencia probablemente se deba a que el esfuerzo de muestreo no ha sido el mismo, pero también a que en la recolecta realizada en el sistema de la Laguna Madre de Texas, ocurrieron una gran cantidad de organismos juveniles cuyos adultos no necesariamente desovan en la laguna. Por lo anterior se tiene que la comunidad ictioplanctónica de la Laguna Madre (Texas-Tamaulipas) está conformada por 55 especies.

Al comparar la riqueza específica con otras lagunas costeras geográficamente cercanas y hacia el sur, como la Laguna de Tamiahua y la Laguna de Tampamachoco en el Estado de Veracruz (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2011; Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003) registraron 32 y 29 especies, respectivamente, seguramente esta riqueza mayor es un reflejo de una mayor área y heterogeneidad de hábitats en Laguna Madre.

Por otro lado la Laguna Madre de Tamaulipas comparada con la Laguna Madre de Texas y las Lagunas de Tamiahua y Tampamachoco en Veracruz, presenta una similitud de más del 50% con los sistemas lagunares de Tamiahua y Tampamachoco, lo cual se debe a su ubicación biogeográfica en: sur de la provincia Caribañana, norte de la provincia Caribañana y zona de transición entre ellas, donde confluye la fauna ictiológica de ambas regiones. Dicha fauna se ve influenciada por cambios climáticos (subtropical y tropical) y también por la circulación oceánica de la zona descrita por Zavala-Hidalgo *et al.* (2003), quienes

Tabla 3. Correlación de la abundancia de larvas de peces (no. de organismos/100 m<sup>3</sup>) con respecto a la temperatura (°C) y salinidad del agua superficial de la Laguna Madre, Tamaulipas.

Especie	Parámetro	r <sub>s</sub>	r <sub>s</sub> tablas	α
<i>Anchoa mitchilli</i>	temperatura*	0.376	0.363	0.001
	salinidad*	0.467		
<i>Anchoa hepsetus</i>	temperatura*	-0.247	0.220	0.05
	salinidad	-0.005		
<i>Brevoortia gunteri</i>	temperatura*	-0.567	0.363	0.001
	salinidad*	-0.436		

\* correlación significativa; r<sub>s</sub>= correlación de rangos de Sperman; α= nivel de significancia

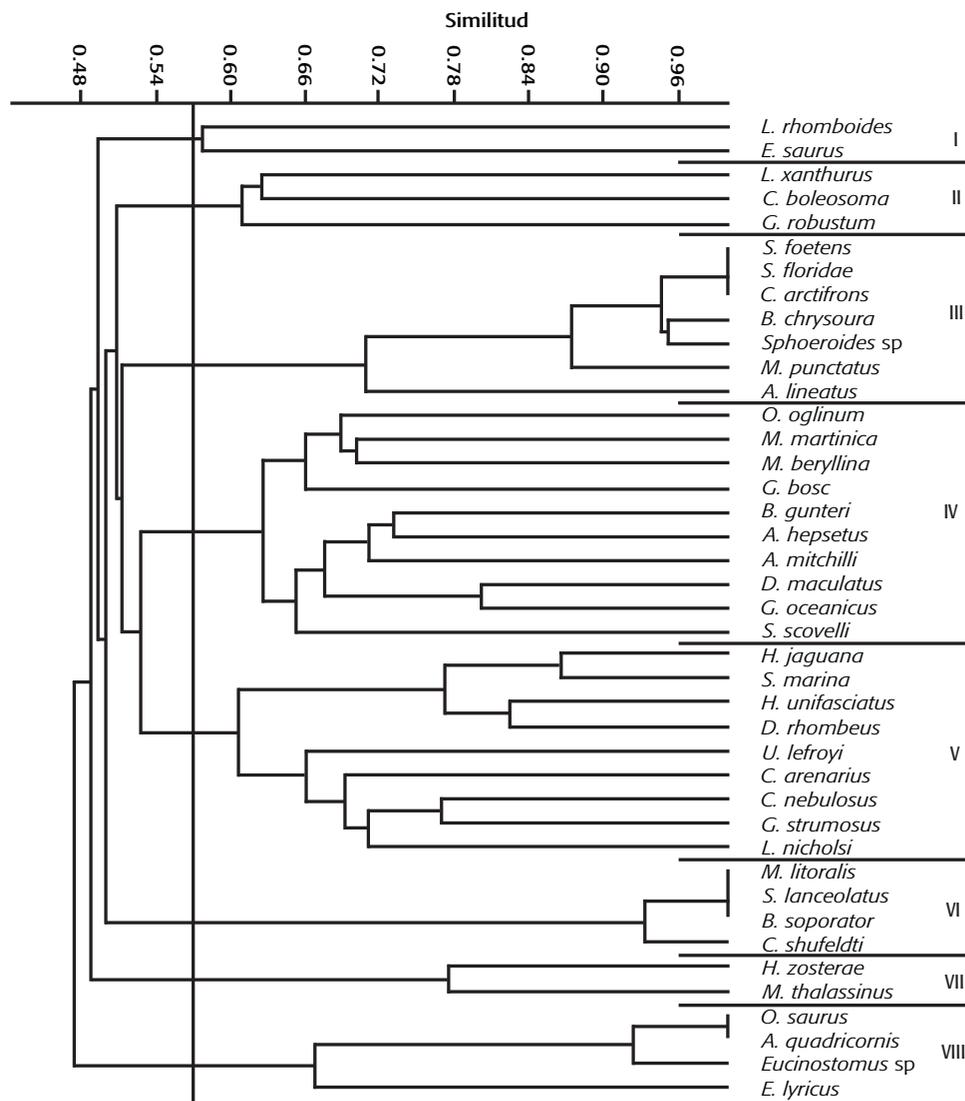


Figura 3. Dendrograma de similitud de especies a partir de la abundancia de larvas de peces (no. de organismos/100 m<sup>3</sup>), definido por el índice de Disimilitud de Bray-Curtis. Laguna Madre, Tamaulipas.

mencionan que existe una circulación estacional: que va de Louisiana y Texas a Tamaulipas y Veracruz de septiembre a marzo, la cual se revierte de mayo a agosto. En esta región se observa un remplazo gradual de especies que tienen su límite de distribución hasta las costas de Texas como *Adinia xenica* (Jordan & Gilbert, 1882) y otras que se encuentran en latitudes al norte o al sur en el Golfo de México como: *Dorosoma cepedianum* (Lesueur, 1818) hasta el Río Pánuco, Tamaulipas; *Fundulus grandis* Baird & Girard, 1853 y *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus, 1766), hasta el Estado de Veracruz (McEachran & Fechhelm, 1998 y 2005) o como *Menidia peninsulae* (Goode & Bean, 1879) (Castro-Aguirre, 1978) y *B. gunteri* hasta la Laguna de Términos, Campeche, México (Reséndez-Medina, 1979).

En relación a la abundancia del ictioplancton en la Laguna Madre, Tamaulipas, el género *Anchoa* constituye más del 70% de la densidad total y también en la Laguna Madre de Texas, como lo señalan Tolan *et*

*al.* (1997). Los engráulidos en general son considerados dominantes a lo largo de la costa Atlántica de los Estados Unidos y Golfo de México, ya que alcanzan el 50% del total de la captura fuera de las costas de Alabama (Hernandez *et al.*, 2010) y hasta el 85% en Carolina del Norte (Hettler & Chester, 1990). En Alabama se han registrado cuatro especies del género *Anchoa*, entre las que se encuentran *A. mitchilli* y *A. hepsetus*, esta última considerada como una de las más abundantes en la región (Hernandez *et al.*, 2010), ambas especies se presentaron de forma abundante en la Laguna Madre durante el presente estudio.

*Anchoa mitchilli*, es considerada una especie dominante en sistemas estuarino-lagunares, particularmente en la porción norte el Golfo de México en su fase adulta por Reis y Dean (1981), Vouglitotis *et al.* (1987) y Griffith y Bechler (1995), mientras que en el sur Castillo-Rivera *et al.* (1994) la registraron en la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, en su fase de huevo Sánchez-Ramírez y Ocaña-Luna (2002) en el mismo

sistema donde alcanza el 97.7% del total de huevos recolectados, por otro lado Ocaña-Luna y Sánchez-Ramírez (2003) mencionan también que las larvas de esta especie se presentan en gran abundancia en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz.

La distribución de *A. mitchilli* se extiende desde la costa atlántica de los Estados Unidos (Hoese & Moore, 1998) hasta el norte de la Península de Yucatán en México (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2011). Es una especie que desova durante todo el año, con un pico máximo en mayo (período cálido), lo cual también se ha observado en diferentes localidades de su distribución, como la Bahía de Chesapeake (Onley, 1983; Wang & Houde, 1995), Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz (Sánchez-Ramírez & Ocaña-Luna, 2002), Laguna de Tamiahua, Veracruz (Gaspar-Dillanes & Sánchez-Iturbe, 1985, Flores-Coto *et al.*, 1983) y Laguna de Términos, Campeche (Flores-Coto *et al.*, 1988).

Las larvas de *A. mitchilli* alcanzan la mayor abundancia de mayo a agosto en los sistemas estuarino lagunares de la porción mexicana del Golfo de México: Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco (Sánchez-Ramírez & Ocaña-Luna, 2002; Flores-Coto *et al.*, 1983; Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003).

Otra de las especies abundantes fue *A. hepsetus* la cual desova en la zona costera, por ejemplo en Carolina del Norte a menos de 16 Km de la costa (Mansueti & Hardy, 1967), mientras que en sur del Golfo de México frente a las costas de Campeche, las mayores abundancias de su etapa larvaria se encuentran en el talud y borde de la plataforma continental (Hernández, 1990). Esta especie desova todo el año, con mayor intensidad en los meses de abril a junio (Santos-Valencia *et al.*, 1998). La mayor densidad de larvas de la especie ocurre de febrero a marzo en la Laguna de Tampamachoco (Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003) lo cual coincide con la época de mayor abundancia de larvas en la Laguna Madre y el principal periodo de desove en la Laguna de Términos (Flores-Coto *et al.*, 1988).

En las lagunas costeras hay especies que desarrollan todo su ciclo de vida dentro del sistema (ejemplo: *A. mitchilli*), mientras que otras desovan en la zona nerítica adyacente a las lagunas y penetran en ellas en algún estadio larvario o como juvenil (ejemplo: *A. hepsetus* y *B. gunteri*). Al respecto Raz-Guzman y Huidobro (2002) señalan que en la Laguna Madre, el 93% de las especies de peces adultos son marinas, de las cuales el 69.7% son eurihalinas y 23.3% son estenohalinas, mientras que el 7.0% lo componen especies que permanentemente habitan las lagunas costeras.

*Brevoortia gunteri* es la tercera especie más abundante en la Laguna Madre, con la mayor densidad en enero, lo cual ocurre de manera similar en la Laguna de Tamiahua (Flores-Coto *et al.*, 1983) y Laguna de Términos (Flores-Coto, 1987), donde se encuentran con mayor abundancia en marzo y de enero a marzo, respectivamente.

Se presenta una correlación positiva entre la abundancia de larvas de *A. mitchilli* con la temperatura y salinidad; esta especie es considerada euritérmica y eurihalina. Houde y Zastrow (1991) mencionan que las larvas de *A. mitchilli* ocurren en temperaturas entre 15 y 30 °C y en el sistema estuarino se encontraron larvas hasta en 31 °C. Otra especie, *A. hepsetus*, presentó una correlación negativa con la temperatura, ya que tiene un desove principalmente invernal; finalmente *B. gunteri* presentó una correlación negativa tanto con la temperatura como con la salinidad, ya que al igual que *A. hepsetus*, presenta un pico de desove en el período de menor temperatura; además de que *A. mitchilli* y

*A. hepsetus* toleran amplios intervalos de salinidad, desde agua dulce hasta aguas hipersalinas (Nizinski & Munroe, 2002).

*Membras martinica* se reproduce en Laguna Madre todo el año, al igual que en la Laguna de Tamiahua (Flores-Coto *et al.*, 1983) y Laguna de Tampamachoco (Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003), con sus mayores densidades de junio a noviembre. En la Sonda del Misisipi las larvas de esta especie han sido consideradas junto con *A. mitchilli* en un grupo denominado neotónico costero, que ocurre en salinidades moderadamente altas (Rakocinski *et al.*, 1996).

*Gobiosoma bosc* es una especie que presenta dependencia por las conchas de *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) como hábitat para su anidación (Harding & Mann, 2000); en el norte del Atlántico Shenker *et al.* (1993) señala una elevada densidad de larvas en el estuario del Río Patuxent, Maryland, y en los estuarios de Carolina del Sur desovan de mayo a septiembre y utilizan el interior de las ostras vacías como un sustrato para el desove (Crabtree & Middaugh, 1982), mientras que en las costas de Misisipi Hendon *et al.* (2000), registraron las larvas de mayo a octubre, con la mayor abundancia en mayo-junio. En el sur del Golfo de México se presenta una reproducción continua a lo largo del año, con la mayor abundancia en el periodo de primavera-verano en las lagunas de Tamiahua (Flores-Coto *et al.*, 1983), Tampamachoco (Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003) y de Términos (Flores-Coto, 1987).

Los adultos de *D. maculatus* bajan de la cuenca de los ríos para desovar cerca de las lagunas salobres y estuarios (Miller *et al.*, 2005). Se han registrado larvas y juveniles en lagunas costeras en intervalos de tallas (Lp, mm) que van de 8.2-9.5 en las lagunas Madre, Tamiahua y Tampamachoco (Ocaña-Luna, 2000) y de 8.2-13.3 en la Laguna de Alvarado, Veracruz (Flores-Coto & Zavala-García, 1982). Los ejemplares se recolectaron en gran abundancia hacia las zonas de mayor influencia marina, como las bocas de las lagunas y estuarios, lo cual puede indicar que los desoves se efectúan en la zona marina adyacente y luego las larvas penetran a los sistemas estuarino-lagunares cuando sus tallas son mayores a los 8.0 mm.

La diversidad de la comunidad de larvas de peces en la Laguna Madre de Tamaulipas fue menor (1.02-2.23 bits/ind) que en la Laguna de Tampamachoco (1.8-3.1 bits/ind) como lo señalan Ocaña-Luna y Sánchez-Ramírez (2003), ésto posiblemente se deba a que se presenta una menor dominancia de especies en este sistema. El aumento de la diversidad de las larvas hacia el sur del Golfo de México, también se ve influenciado por el decremento en la abundancia de la especie dominante *A. mitchilli*, a lo largo del gradiente latitudinal (Sánchez-Ramírez & Ocaña-Luna, 2002).

La conformación de especies del grupo IV, el cual determina la estructura de la comunidad de larvas de peces de la Laguna Madre de Tamaulipas, coincide con el grupo base de la comunidad ictioplanctónica en la Laguna de Tamiahua por la presencia de *B. gunteri*, *A. mitchilli*, *M. martinica* y *Gobiosoma bosc* (Flores-Coto, 1987); y con el grupo de especies residentes y/o más abundantes (*A. hepsetus*, *G. bosc* y *M. martinica*) en la Laguna de Tampamachoco (Ocaña-Luna & Sánchez-Ramírez, 2003).

La Laguna Madre, Tamaulipas presenta una gran heterogeneidad ambiental por su fisiografía la cual está conformada por: ríos, esteros, arroyos, bocas de comunicación con el mar, islas, bahías, zonas con vegetación sumergida y manglar, lo cual da origen a una mayor riqueza y diversidad de peces. Una especie clave en la comunidad íctica de este

sistema es *A. mitchilli*, cuya alta frecuencia, abundancia y biomasa, se observa en la mayor parte de su distribución, desde la Bahía de Chesapeake costa este de EUA (Wang & Houde, 1995) hasta la Laguna de Términos en Campeche (Flores-Coto *et al.*, 1988), debido a que es eurihalina, que puede tolerar salinidades de 0.5-80 (Whitehead, 1978), de ahí que en una laguna hipersalina como la Laguna Madre, donde particularmente en la porción sur se registran salinidades hasta de 51, esta especie sea la dominante.

En la Laguna Madre de Tamaulipas, por a su condición hipersalina el 80% de las especies que conforman la comunidad ictioplanctónica pertenecen a las categorías de especies marinas en tránsito (MT) y especies que utilizan la laguna para crianza (MN), a diferencia de lo que ocurre en el sistema lagunar Indian-River, Florida, con condiciones polihalinas y marinas donde es del 66%, este tipo de ambientes permiten una mayor riqueza de especies marinas, las cuales podrían ser excluidas de sistemas que presentan condiciones oligohalinas (Gilmore, 1995). Por otro lado Edwards y Contreras-Balderas (1991) mencionan que la disminución del volumen de agua del Río Grande (Río Bravo del Norte), debido a su uso para irrigación y el incremento de la contaminación, han provocado la disminución de especies dulceacuicolas en la parte baja de la cuenca y han sido reemplazadas por especies estuarinas y marinas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN) por el financiamiento a los proyectos: CONABIO H070, IPN-DEPI-980375 y IPN-SIP: 20130797, a partir de los cuales se deriva esta publicación. Al Instituto Politécnico Nacional por las becas otorgadas a los autores a través de los programas de Estímulo al Desempeño de los Investigadores (EDI) y Comisión de Operación y Fomento a las Actividades Académicas (COFAA), así como al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). A los revisores anónimos por las valiosas observaciones realizadas al manuscrito.

## REFERENCIAS

- ABLE, K. W. & M. P. FAHAY. 2010. *Ecology of Estuarine Fishes: temperature waters of the Western North Atlantic*. The Johns Hopkins University Press. Maryland. 566 p.
- ARRIAGA-CABRERA, L., E. VÁZQUEZ-DOMÍNGUEZ, J. GONZÁLEZ-CANO, R. JIMÉNEZ-ROSEMBERG, E. MUÑOZ-LÓPEZ & V. AGUILAR-SIERRA (Coords.). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Cd. de México. 198 p.
- BARBA-MACÍAS, E. 1999. Variación de la densidad y la biomasa de peces juveniles y decápodos epibentónicos de la región central de Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica* 9 (2): 103-116.
- BLABER, S. J. M. 1997. *Fish and fisheries of tropical estuaries*. (Fish and Fisheries Series 22). Chapman & Hall, London 367.
- BRAY, J. R. & J. T. CURTIS, 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27 (4): 325-349.
- CASTILLO-RIVERA, M., G. MORENO & R. INIESTRA. 1994. Spatial, seasonal and diel variation in abundance of the Bay Anchovy, *Anchoa mitchilli* (Teleostei: Engraulidae) in a tropical coastal lagoon of Mexico. *Southwestern Naturalist* 39 (3): 263-268.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L. 1978. *Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos*. Dirección General del Instituto Nacional de la Pesca. Serie Científica No. 9. Ciudad de México. 298 p.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2012. *Proyecto de Programa de Manejo. Área de protección de flora y fauna Laguna Madre y delta del Río Bravo*. Ciudad de México. México. 184 p.
- COWAN, JR. J. H., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, P. SÁNCHEZ-GIL & L. A. DEEGAN. 2013. Estuarine Nekton. In: Day Jr. J. W., B. C. Crump, W. M. Kemp & A. Yáñez-Arancibia (Eds.). *Estuarine Ecology*. Wiley-Blackwell. New Jersey. pp 327-356.
- CRABTREE, R. E. & D. P. MIDDAGH. 1982. Oyster shell size and selection of spawning sites by *Chasmodes bosquianus*, *Hypleurochilus geminatus*, *Hypsoblennius ionthas* (Pisces: Blenniidae) and *Gobiosoma boscii* (Pisces: Gobiidae) in two South Carolina Estuaries. *Estuaries* 5 (2): 150-155.
- EDWARDS R. J. & S. CONTRERAS-BALDERAS. 1991. Historical changes in the ichthyofauna of the lower Rio Grande (Río Bravo del norte), Texas and Mexico. *Southwestern Naturalist* 36 (2): 201-212.
- FLORES-COTO, C. 1987. Estudio comparativo de la estructura de la comunidad ictioplanctónica de tres lagunas costeras del sur del Golfo de México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 58 (2): 707-726.
- FLORES-COTO C., F. BARBA-TORRES & J. SÁNCHEZ-ROBLES. 1983. Seasonal, diversity, abundance and distribution of ichthyoplankton in Tamiahua lagoon, Western Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society* 122 (2b): 247-256.
- FLORES-COTO C., A. OCAÑA-LUNA, A. LUNA-CALVO & F. ZAVALA-GARCÍA. 1988. Abundancia de algunas especies de anchoas en la Laguna de Términos (México), estimada a través de la captura de huevos. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 15 (1): 125-134.
- FLORES-COTO, C. & F. ZAVALA-GARCÍA. 1982. Descripción de huevos y larvas de *Dormitator maculatus* (Bloch) de la Laguna de Alvarado, Veracruz (Pisces: Gobiidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 9 (1): 127-140.
- GASPAR-DILLANES M. T. & A. SÁNCHEZ-ITURBE, 1985. Estimación de la biomasa desovante de *Anchoa mitchilli* Cuvier & Valenciennes, 1848 (Pisces: Engraulidae) y determinación de algunos parámetros ecológicos y poblacionales a partir de estudios ictioplanctónicos, en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México (1984/1985). *Biología de campo. Área: Ciencias del Mar (Ecología)*. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. Cd. de México.
- GILMORE, R. G. 1995. Environmental and biogeographic factors influencing ichthyofaunal diversity: Indian river lagoon. *Bulletin of Marine Science* 57 (1): 153-170.

- GRIFFITH, S. A. & D. L. BECHLER, 1995. The distribution and abundance of the bay anchovy, *Anchoa mitchilli*, in a southeast Texas marsh lake system. *Gulf Research Report* 9 (2): 117-122.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T. & P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 9. Available on line at: <http://folk.uio.no/ohammer/past> (Download february 2014).
- HARDING, J. M. & R. MANN, 2000. Estimates of naked goby (*Gobiosoma bosc*), striped blenny (*Chasmodes bosquianus*) and eastern oyster (*Crassostrea virginica*) larval production around a restored Chesapeake Bay oyster reef. *Bulletin of Marine Science* 66 (1): 29-45.
- HENDON, J. R., M. S. PETERSON & B. H. COMYNS. 2000. Spatio-temporal distribution of larval *Gobiosoma bosc* in waters adjacent natural and altered marsh-edge habitats of Mississippi coastal waters. *Bulletin of Marine Science* 66 (1): 143-156.
- HERNÁNDEZ, C. P. 1990. Distribución, abundancia y rendimiento potencial de *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758) y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos en el Golfo de México y Caribe Mexicano. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. 63 p.
- HERNANDEZ JR. F. J., POWERS, S. & W. M. GRAHAM. 2010. Seasonal variability in ichthyoplankton abundance and assemblage composition in the northern Gulf of Mexico off Alabama. *Fishery Bulletin* 108 (2): 193-207.
- HETTLER JR., W. F. & A. J. CHESTER. 1990. Temporal distribution of ichthyoplankton near Beaufort Inlet, North Carolina. *Marine Ecology Progress Series* 68 (1): 157-168.
- HILDEBRAND, H. H. 1958. Estudios biológicos preliminares sobre la Laguna Madre de Tamaulipas. *Ciencia* 17 (7-9): 151-173.
- HILDEBRAND, H. H. 1969. Laguna Madre, Tamaulipas., Observation in the hydrography and fishes. In: Ayala- Castañares, A. & F. B. Phleger (Eds.). *Lagunas Costeras, un simposium. Memorias del Simposium Internacional sobre Lagunas costeras (origen, dinámica y productividad)* UNAM-UNESCO. Nov. 28-30. 1967. México, D. F. Pp. 679-686.
- HOESE, D. & R. H. MOORE, 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico*. Texas, Louisiana and Adjacent Waters. Texas A & M University Press. Texas. 422 p.
- HOLT, S. A., G. J. HOLT & C. A. ARNOLD. 1990. *Abundance and distribution of larval fishes and shrimps in the Laguna Madre, Texas: A hypersaline lagoon*. The University of Texas Marine Science Institute, Port Aransas, Texas. Technical Report TR/90-007. 43 p.
- HOEDE, E. D. & C. E. ZASTROW. 1991. Bay anchovy, *Anchoa mitchilli*. In: Funderburk, S. L., S. J. Jordan, J. A. Mihursky & D. Riley (Eds.). 1991. *Habitat Requirements for Chesapeake Bay Living Resources*. Living Resources Chesapeake Bay Program. Annapolis, Maryland, Chap. 8. Pp. 8-14.
- LASKER, R. 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. In: Lasker, R. (Ed.). *Marine fish larvae. Morphology, Ecology and Relation to fisheries*. University of Washington Press. Seattle, p. 80-88.
- LEIJA-TRISTÁN, A., A. CONTRERAS-ARQUIETA, M. E. GARCÍA-GARZA, A. CONTRERAS-BALDERAS, M. L. LOZANO-VILANO, S. CONTRERAS-BALDERAS, M. E. GARCÍA-RAMÍREZ, J. ORTIZ-ROSALES, F. SEGOVIA-SALINAS, F. JIMÉNEZ-GUZMÁN, D. LAZCANO-VILLARREAL, J. A. DE LEÓN-GONZÁLEZ, S. MARTÍNEZ-LOZANO, G. A. RODRÍGUEZ-ALMARAZ, M. A. GUZMÁN-LUCIO, M. C. GONZÁLEZ DE LA ROSA, J. A. GARCÍA-SALAS, G. GUAJARDO-MARTÍNEZ, J. I. GONZÁLEZ-ROJAS & A. GUZMÁN-VELAZCO. 2000. Taxonomic, Bioecological and Biogeographic aspects of Selected Biota of the Laguna Madre, Tamaulipas, México. In: Munawar, M., S. G. Lawrence, I. F. Munawar & D. F. Malley. (Eds.). *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. Ecovision World Monograph Series, Backhuys Publishers. Leiden. The Netherlands, pp 399-435.
- LOYA-SALINAS, D. H. & ESCOFET, A. 1990. Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas* 16: 97-115.
- MANSUETI, A. J. & HARDY JR. J. D. 1967. *Development of fishes of the Chesapeake Bay Region. An atlas of egg, larval and juvenile stages Part I*. Port City Press, Baltimore. 202 p.
- MCEACHRAN, J. D. & FECHHELM J. D. 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico. Volume 1: Myxiniformes to Gasterosteiformes*. University of Texas Press. Austin. 1112 p.
- MCEACHRAN, J. D. & FECHHELM J. D. 2005. *Fishes of the Gulf of Mexico. Volume 2: Scorpaeniformes to Tetraodontiformes*. University of Texas Press. Austin. 1004 p.
- McKEE, D. A. 2008. *Fishes of the Texas Laguna Madre*. Texas A&M University Press. China. 203 p.
- MILLER, B. S. & A. W. KENDALL JR. 2009. *Early life history of marine fishes*. University California Press. Los Angeles. 363 p.
- MILLER, R. R., W. L. MINCKLEY & S. M. NORRIS. 2005. *Freshwater Fishes of México*. The University of Chicago Press. Chicago. 490 p.
- NELSON, J. S., 2006. *Fishes of the world*. Fourth Edition. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, 601 p.
- NIZINSKI, M. S. & T. A. MUNROE. 2002. Orden Clupeiformes. Engraulidae. In: Carpenter, K. E. (Ed.). *The living marine resources on the Western Central Atlantic*. Vol. 2. Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists & Herpetologists Special Publication No. 5. FAO. Rome, pp. 764-794.
- OCAÑA-LUNA, A. 2000. Alimentación del ictioplancton de lagunas costeras de Veracruz y Tamaulipas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 124 p.
- OCAÑA-LUNA, A., HERNÁNDEZ-BATÚN, G. & M. SÁNCHEZ-RAMÍREZ, 2008. Abundancia y distribución de juveniles de *Farfantepenaeus aztecus* (Ives 1891), *F. duorarum* (Burkenroad 1939) y *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus 1767) en la Laguna Madre, Tamaulipas, México. *Hidrobiológica* 18 (3): 199-208.
- OCAÑA-LUNA, A. & M. SÁNCHEZ-RAMÍREZ. 1998. Feeding of Sciaenid (Pisces: Sciaenidae) larvae in two coastal lagoons of the Gulf of México. *Gulf Research Report* 10 (1): 1-9.
- OCAÑA-LUNA, A. & M. SÁNCHEZ-RAMÍREZ. 2003. Diversity of ichthyoplankton in Tampamachoco Lagoon, Veracruz, Mexico. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 74 (2): 179-193.

- ONLEY, J. E. 1983. Eggs and early larvae of the bay anchovy, *Anchoa mitchilli*, and the weakfish, *Cynoscion regalis*, in lower Chesapeake Bay with notes on associated ichthyoplankton. *Estuaries* 6 (1): 20-35.
- RAKOCINSKI C. F., J. LYCZKOWSKY-SHULTZ & S. L. RICHARDSON. 1996. Ichthyoplankton assemblage structure in Mississippi Sound as revealed by canonical correspondence analysis. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 43 (2): 237-257.
- RAZ-GUZMAN, A. & L. HUIDOBRO. 2002. Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. *Journal of Fish Biology* 61 (Suppl A): 182-195.
- REIS, R. R. & J. M. DEAN. 1981. Temporal variation in the utilization of an intertidal Creek by the Bay Anchovy (*Anchoa mitchilli*). *Estuaries* 4 (1): 16-23.
- RESÉNDEZ-MEDINA, A. 1979. Estudios ictiofaunísticos en lagunas costeras del Golfo de México y Mar Caribe entre 1966 y 1978. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoológica* 50 (1): 633-646.
- RESÉNDEZ-MEDINA, A. & A. KOBELKOWSKY-DÍAZ. 1991. Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México. *Universidad y Ciencia* 8 (15): 91-110.
- SÁNCHEZ-RAMÍREZ, M. & A. OCAÑA-LUNA. 2002. Temporal variability in the abundance of the bay anchovy *Anchoa mitchilli* (Valenciennes, 1848) eggs and spawning biomass in Pueblo Viejo Lagoon, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 12 (2): 157-162.
- SANDERS, H. L. 1960. Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography* 5:38-153.
- SANTOS-VALENCIA, J., M. C. RÉ-REGIS, M. E. GONZÁLEZ-Y DE LA ROSA & M. SECA-ESCALANT. 1998. Características de la reproducción de *Anchoa hepsetus* (Linnaeus, 1758, Pisces: Engraulidae) en Seybaplaya, Campeche, México. Proceedings of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute 50: 969-990.
- SANVICENTE-AÑORVE L. E., M. SÁNCHEZ-RAMÍREZ, A. OCAÑA-LUNA, C. FLORES-COTO & U. ORDOÑEZ-LÓPEZ. 2011. Metacommunity structure of estuarine fish larvae: the role of regional and local processes. *Journal of Plankton Research* 33 (1): 179-194.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Laguna Madre y Delta del Río Bravo, ubicada en los municipios de Matamoros, San Fernando y Soto La Marina, en el Estado de Tamaulipas, con una superficie total de 572,808-60-94.22 hectáreas. In: Secretaría de Gobernación (Ed.). Diario Oficial de la Federación. Jueves 14 de abril de 2005: 7-13. México, pp 7-13.
- SHANNON, C. E. & W. WEAVER. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 p.
- SHENKER, J. M., D. J. HEPNER, P. E. FRERE, L. E. CURRENCE & W. W. WAKEFIELD. 1993. Upriver migration and abundance of naked goby (*Gobiosoma bosc*) larvae in the Patuxent River Estuary, Maryland. *Estuaries* 6 (1): 36-42.
- SIMPSON, E. E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163 (4148): 688.
- Sistema de Venecia. 1958. Symposium on the classification of brackish waters, Venice April 8-14, 1958. Archives Oceanography and Limnology 11, Suppl, 1-248.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1995. Biometry: the principles and practice of statistic biological research. 3<sup>rd</sup>. ed. W. H. Freeman & Co. New York. 887 p.
- SÖRENSEN, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5 (4): 1-34.
- TOLAN, J. M., S. A. HOLT & C. P. ONUF, 1997. Distribution and Community of Ichthyoplankton in Laguna Madre seagrass meadows: Potential impact of seagrass species change. *Estuaries* 20 (2): 450-464.
- TOLAN, J. M. & D. J. NEWSTEAD, 2003. Spring 2002 Ichthyoplankton recruitment to the Delta Nursery Areas of Nueces Bay, Texas. Report to the Coastal Bend Bays and Estuaries Program. 40 p.
- TOLAN, J. M. & D. J. NEWSTEAD, 2004. Spring 2003 Ichthyoplankton recruitment to the Delta Nursery Areas of Nueces Bay, Texas. Report to the Coastal Bend Bays and Estuaries Program. 46 p.
- TOLAN, J. M. & D. J. NEWSTEAD, 2005. Spring 2004 Ichthyoplankton recruitment to the Delta Nursery Areas of Nueces Bay, Texas. Report to the Coastal Bend Bays and Estuaries Program. 49 p.
- TUNNELL JR., J. W. 2002. Geography, climate and hydrography. In: Tunnell Jr. J. W. and F. W. Judd (Eds.). *The Laguna Madre of Texas and Tamaulipas*. Texas A&M University Press. Austin, pp 7-27.
- VOUGLIOTIS, J. J., K. W. ABLE, R. J. KURTZ & K. A. TIGHE, 1987. Life history and population dynamics of the bay anchovy in New Jersey. *Transactions of the American Fisheries Society* 116 (2): 141-153.
- WANG, S. B. & E. D. HOUDE, 1995. Distribution, relative abundance, biomass and production of bay anchovy *Anchoa mitchilli* in the Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series* 121 (1): 27-38.
- WHITEHEAD, P. J. P. 1978. Engraulidae. In: W. Fischer (Ed). *FAO species identification sheets for fishery purposes*. Western Central Atlantic. (Fishing area) Vol. II. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, pp 1-26.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. 1985. *Fish community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards ecosystems integration*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM Press. México, D. F. 654 p.
- ZAR, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. New Jersey. 663 p.
- ZAVALA-HIDALGO, J., MOREY, S. L. & O'BRIEN, J. J. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research* 108 (C12): 1-19.

Recibido: 26 de mayo de 2014.

Aceptado: 23 de enero de 2015.