

*Research Article*

## **Abundancia y diversidad de la ictiofauna en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México: asociaciones con los ciclos nictimerales y las épocas climáticas**

**Alejandra Toro-Ramírez<sup>1</sup>, Atahualpa Sosa-López<sup>1</sup>, Luis Amado Ayala-Pérez<sup>2</sup>  
Daniel Pech<sup>3</sup> Demian Hinojosa-Garro<sup>4</sup> & Rodolfo Del Río-Rodríguez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ecología Pesquería y Oceanografía del Golfo de México  
Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México

<sup>2</sup>Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma,  
Metropolitana Xochimilco Coyoacan, México

<sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), unidad Campeche, Campeche, México

<sup>4</sup>Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y de Aprovechamiento de la Vida Silvestre  
Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, Campeche, México

Corresponding autor: Luis Ayala (luayala@correo.xoc.uam.mx)

**RESUMEN.** La porción marino litoral de la Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP), en el estado mexicano de Campeche integra diversos componentes ecológicos estructurales entre los que destacan los peces como la macrofauna acuática más abundante y diversa. El estudio de la estructura y funcionamiento de los peces marinos costeros está condicionado por la comprensión de la dinámica ambiental de diferente escala. En el presente estudio, se realizaron muestreos nictimerales en tres momentos del año 2009 en un sitio localizado en la región central de la RBLP con el objetivo de describir las variaciones ambientales y los cambios en la abundancia y diversidad de la ictiofauna y discutir sus asociaciones con los ciclos día-noche y las épocas climáticas de Nortes, Secas y Lluvias. Los resultados muestran diferencias significativas en el comportamiento ambiental entre las tres épocas climáticas, pero no así entre las horas de día y de noche. Se determinaron 31 especies distribuidas en 17 familias entre las cuales se destaca Haemulidae, Sparidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Monacanthidae y Tetraodontidae por su riqueza específica. Se identificaron 12 especies dominantes siendo las más abundantes *Haemulon plumierii*, *Lagodon rhomboides*, *Orthopristis chrysoptera* y *Eucinostomus gula*. La mayor abundancia se registró en la época climática Nortes y la menor en Secas. En Secas, además se observaron las mayores diferencias entre día y noche. Las especies dominantes se asociaron en dos grupos que coinciden por su abundancia en horas del día y la noche, y con la variabilidad ambiental.

**Palabras clave:** peces tropicales, abundancia, diversidad, ciclos nictimerales, épocas climáticas, Los Petenes.

## **Abundance and diversity of fishes in Los Petenes Biosphere Reserve, Campeche, Mexico: nycthemeral cycles and climatic seasons interrelationships**

**ABSTRACT.** In the Mexican state of Campeche, the marine littoral portion of Los Petenes Biosphere Reserve (RBLP), integrates several ecological components such as the fish community as the more diverse and abundant aquatic macrofauna. The coastal marine fish structure and function is conditioned by the comprehension of the environmental dynamic in different scale. In the present study, nycthemeral samplings were carried out in three moments of year 2009 in a site located in the central region of the RBLP with the objective of describing environmental patterns and changes in abundance and diversity of the ichthyofauna and discuss their associations with the day-night cycles and with the times of cold fronts “nortes”, dry and rain. The results show significant differences in the environmental behavior between the three climatic seasons but not between the day hours and the night hours. 31 species were identified, including the families Haemulidae, Sparidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Monacanthidae and Tetraodontidae by their species richness. Twelve species were identified dominant being the most abundant *Haemulon plumierii*, *Lagodon rhomboides*, *Orthopristis chrysoptera*

*tera* and *Eucinostomus gula*. The highest abundance was recorded in “nortes” climatic season and the lowest in “dry” one and in the latter ones were observed the greatest differences between day and night. The dominant species were associated in two groups that match by its abundance in hours of the day and of the night and with environmental variability.

**Keywords:** tropical fishes, abundance, diversity, nycthemeral cycles, climatic season, Los Petenes.

## INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP), en el estado mexicano de Campeche fue la primera área que integró la porción de mar territorial en el polígono de protección. Es un gran ecosistema que integra componentes como las islas de vegetación de selva baja y manglar (petenes), los manglares de borde, los pastos marinos y una gran diversidad biótica con altos índices de conservación (Villalobos-Zapata, 2004).

Los peces constituyen la macrofauna acuática más abundante y diversa en la zona costero-marina de la RBLP y su presencia se asocia a la distribución espacial de la vegetación costera y sumergida y a la variabilidad temporal de la productividad primaria (Ayala-Pérez *et al.*, 2008).

De acuerdo con Lök *et al.* (2008), la estructura de las comunidades acuáticas puede ser explicada por la variabilidad ambiental en escalas estacional y nictimeral en hábitat costero-marinos. La variabilidad estacional está condicionada por la temporalidad climática y la geomorfología local, que explicarían cambios en la estructura comunitaria debido a procesos migratorios, básicamente con fines reproductivos o de reclutamiento (Akin *et al.*, 2003; Vega-Cendejas & Hernández, 2004; Arceo-Carranza & Vega-Cendejas, 2009).

Por otra parte, la variabilidad ambiental nictimeral es una fuerza acoplada a los ritmos circadianos de los organismos que modifica la estructura comunitaria tanto en abundancia como en diversidad, específicamente por aspectos de alimentación (Gray *et al.*, 1998; Castillo-Rivera *et al.*, 2005; Oliveira-Neto *et al.*, 2008; Hammerschlag & Serafy, 2010).

Las características de abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la RBLP han sido descritas considerando una escala de variación espacial (24 sitios de muestreo) y temporal clasificada en dos épocas climáticas (secas y lluvias) por Muñoz-Rojas *et al.* (2013). También se han analizado las asociaciones de especies dominantes considerando escalas día-noche (Ayala-Pérez *et al.*, 2014). Sin embargo, aún es necesario generar información que contribuya al entendimiento de las interacciones ecológicas de las comunidades neotónicas y la variabilidad ambiental de este ecosistema. Por lo tanto, en este trabajo se analiza la variabilidad ambiental en un sitio ubicado en la porción central de la RBLP, así como los cambios en la

abundancia y diversidad de la comunidad de peces considerando dos escalas temporales (nictimeral y climática) para discutir las agrupaciones día-noche y por épocas de secas, lluvias y nortes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

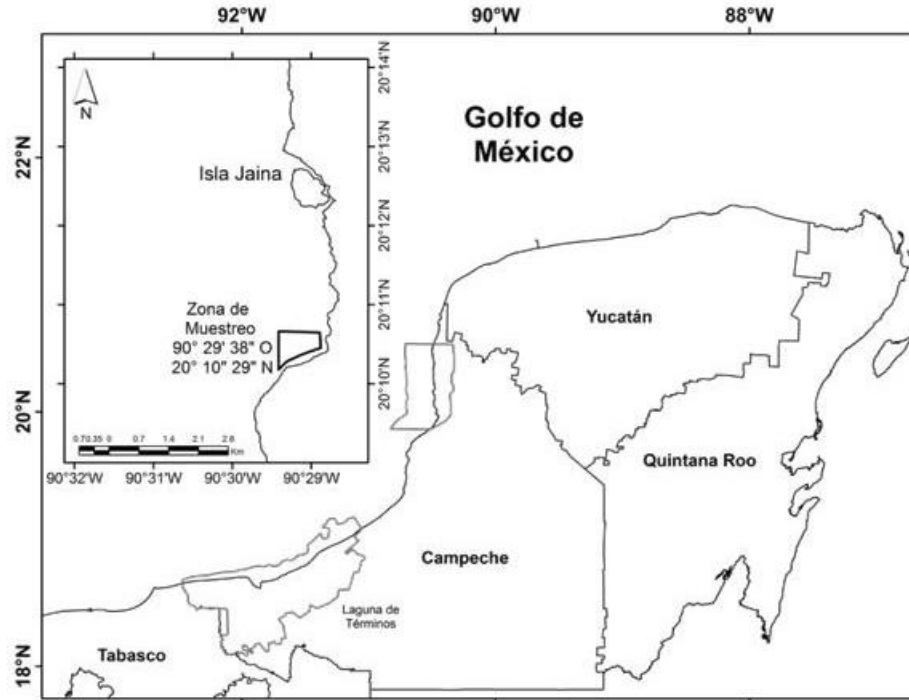
La Reserva de la Biosfera Los Petenes se localiza en la costa norte del estado mexicano de Campeche, al sureste del Golfo de México. De acuerdo con Ramos-Miranda *et al.* (2005), en la región se identifican tres épocas climáticas: la época de Secas con temperatura ambiente promedio de 28,1°C, precipitación promedio de 164,8 mm y vientos débiles del sureste, la época de Lluvias con temperatura promedio de 28,3°C, precipitación promedio de 976,7 mm y vientos frecuentes y fuertes del sureste y la época de Nortes con temperatura promedio de 24,4°C, precipitación promedio de 345,6 mm y vientos frecuentes del norte.

El sitio de muestreo se estableció en la porción litoral central de la RBLP cerca de la Isla Jaina (Antiguo cementerio Maya), a una distancia de 2 km de la línea de costa y se caracterizó por una profundidad máxima de 2 m y presencia de parches de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) (Fig. 1).

Se realizaron dos campañas en febrero, dos en mayo y dos en septiembre de 2009. En cada campaña se realizaron 16 muestreos repartidos en 48 h con una frecuencia de 3 h. En total se construyó una base de datos con 96 muestreos experimentales.

El registro de las variables de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH se realizó con ayuda de un Hydrolab multiparamétrico, y la recolecta experimental de peces con una red de arrastre de prueba camaronera (2,5 m de abertura), con una embarcación con motor fuera de borda de 75HP. Cada arrastre tuvo una duración de 12 min a una velocidad promedio de 2 nudos (~4 km h<sup>-1</sup>) cubriendo un área aproximada de 2000 m<sup>2</sup>. Los especímenes recolectados fueron determinados taxonómicamente utilizando las claves especializadas de Fischer (1978), Castro-Aguirre (1978) y Castro-Aguirre *et al.* (1999), validando el estatus taxonómico con consulta de las bases Fishbase (<http://www.fishbase.org/>) y del Sistema Integrado de Información Taxonómica ITIS (<http://www.itis.gov/>).

Cada individuo fue medido en longitud total y estándar (mm) y peso total (g). La abundancia se



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio y sitio de muestreo.

expresó en términos de densidad ( $\text{ind m}^{-2}$ ), biomasa ( $\text{g m}^{-2}$ ) y peso promedio ( $\text{g ind}^{-1}$ ), y se determinaron los índices de diversidad de Shannon, riqueza de especies de Margalef y equidad de Pielou (Magurran, 2004).

Para definir las especies dominantes se utilizó el índice de importancia relativa modificado de Koranteng (2001):  $\text{IIR} = \%ni \times \%pi \times \%fi$ , donde:  $ni$  = porcentaje del número de individuos de la especie  $i$  en la muestra,  $pi$  = porcentaje del peso de la especie  $i$  en la muestra,  $fi$  = porcentaje de la frecuencia de aparición de la especie  $i$  en la muestra. Las especies con valores  $\text{IIR} \geq 20$  se consideraron especies dominantes, si el  $\text{IIR} < 20$  y  $\geq 1$  de importancia media y si el  $\text{IIR} < 1$ , de importancia baja.

Las matrices de variables ambientales y de abundancia por especie fueron organizadas por época climática (Secas, Lluvias y Nortes) y por día y noche. Para día se consideraron las mediciones y muestras de 09:00 a 18:00 h y para noche de 21:00 a 06:00 h.

Ambas matrices fueron sometidas a un análisis de normalidad mediante el programa Statplus Mac (AnalystSoft Inc., 2015) donde se utilizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov/Lilliefors y W de Shapiro-Wilk. Considerando que no se cumplió con el supuesto de normalidad, se probaron las diferencias significativas entre temporadas climáticas y entre día y noche utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para muestras independientes.

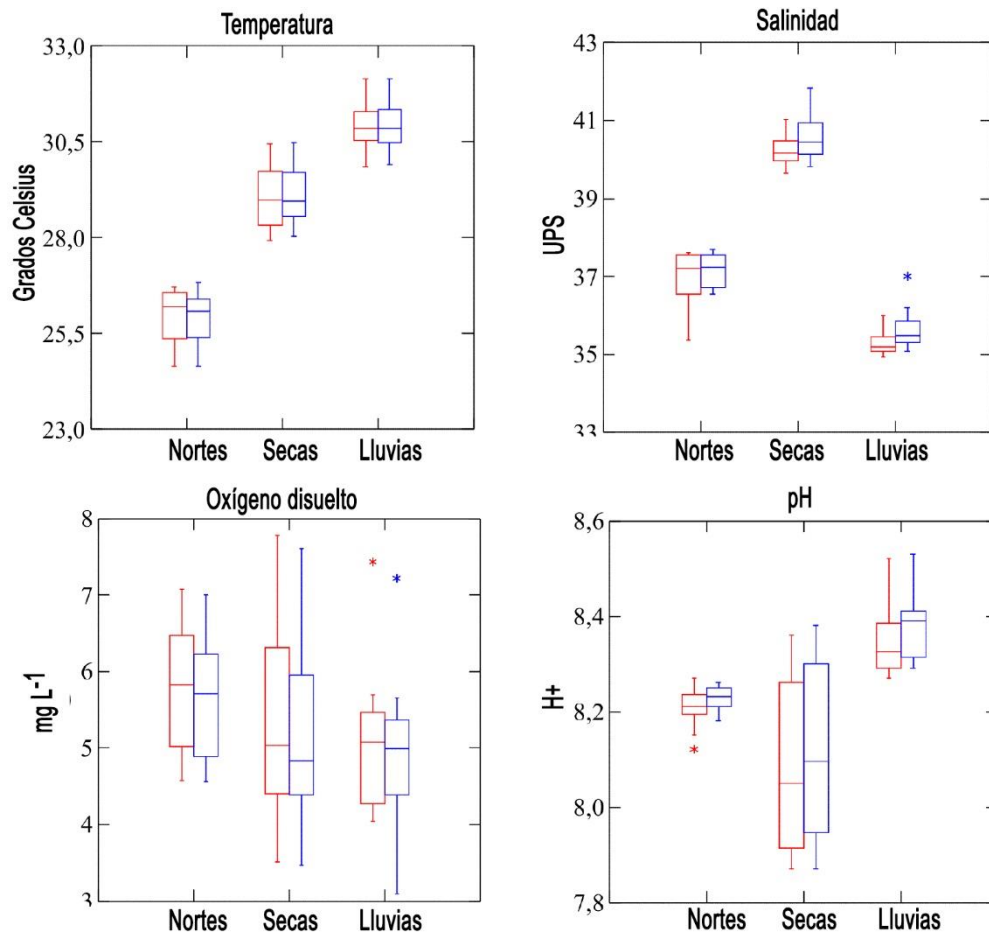
Las agrupaciones entre especies dominantes se determinaron mediante un análisis cluster (método Ward, distancia gamma), analizando los cambios observados entre las épocas climáticas y entre los ciclos día-noche utilizando el software Systat (Systat Software Inc., 2009).

La asociación entre las especies dominantes con las variables ambientales se estimó mediante el Análisis Canónico de Correspondencia (ACC), para lo cual se utilizaron las matrices de número de individuos por especie y de variables ambientales para las épocas climáticas y entre los ciclos día-noche, con el programa computacional MVSP (Kovach Computing Services, 2013).

## RESULTADOS

La variabilidad ambiental del sitio de estudio en la RBLP estuvo representada por los valores promedio y de dispersión de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH del agua en dos niveles de profundidad (superficie y fondo), representados por época climática y ciclo nictimeral (Figs. 2-3, respectivamente).

Los valores promedio más altos de temperatura se presentaron en la época de Lluvias con  $30,8^{\circ}\text{C}$  en superficie y fondo y los mínimos en Nortes con  $25,9^{\circ}\text{C}$  en superficie y fondo. Los mayores valores de salinidad se



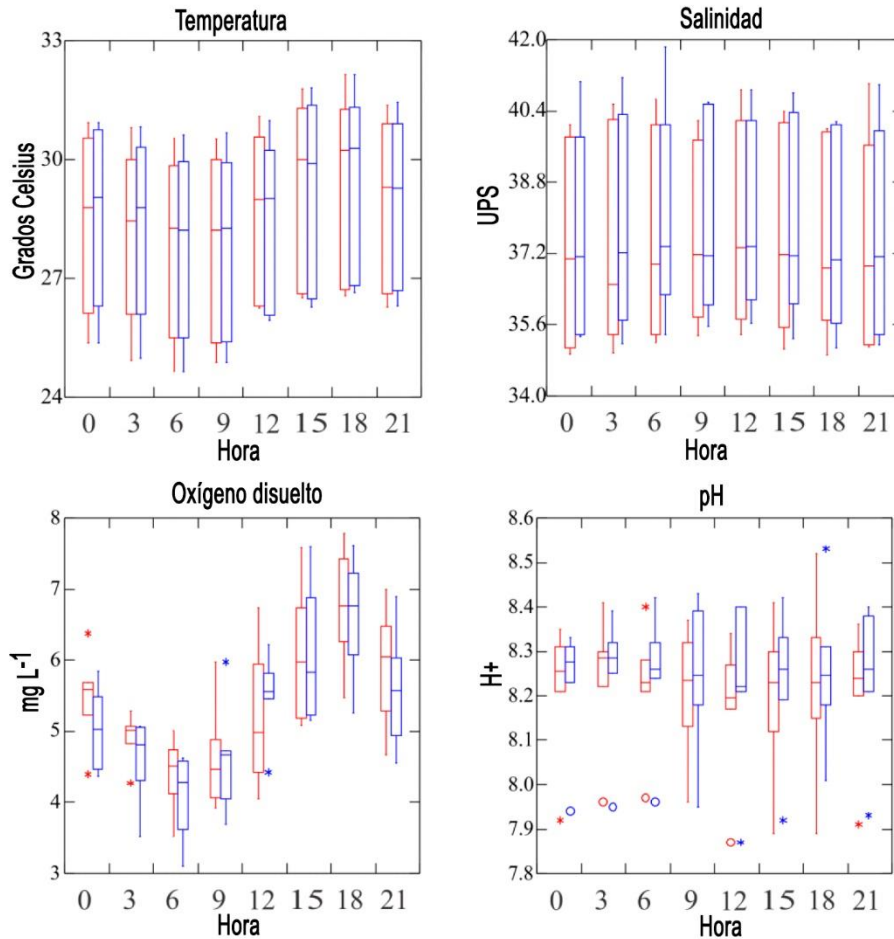
**Figura 2.** Comparación de las principales variables ambientales por época climática en la Reserva de la Biósfera Los Petenes. Las cajas rojas representan los valores de superficie y las cajas azules los valores del fondo.

presentaron en Secas con 40,2 y 40,5 en superficie y fondo, respectivamente y los mínimos en Lluvias con 35,3 y 35,6 en superficie y fondo, respectivamente. Para el caso del oxígeno disuelto los valores más altos se observan en Nortes con 5,84 mg L<sup>-1</sup> en superficie y 5,66 mg L<sup>-1</sup> en el fondo, y aunque los valores promedio fueron similares entre Lluvias y Secas, la mayor dispersión se observó en Secas con un intervalo de 3,51-7,78 mg L<sup>-1</sup> en superficie, y 3,47-7,61 mg L<sup>-1</sup> en el fondo. Finalmente, el pH mostró una tendencia decreciente de los valores promedio de Lluvias hacia Secas con 8,34 hacia 8,08 destacando la homogeneidad durante los Nortes con valores entre 8,12 y 8,27.

El análisis de Kruskal-Wallis de las variables ambientales registradas, mostró que en general, se determinaron diferencias significativas entre las tres épocas climáticas. Sin embargo, en el caso del oxígeno disuelto no se observaron diferencias significativas entre Lluvias y Secas ( $P = 0,89$ ) y entre Nortes y Secas ( $P = 0,096$ ), así como el pH que no mostró diferencias entre Nortes y Secas ( $P = 0,306$ ).

En el comportamiento nictimeral, se observó el efecto de la temporalidad climática por la amplitud de los intervalos de dispersión de temperatura que en general fluctuaron entre 24,64 y 32,25°C y los de salinidad entre 34,93 y 41,83. El efecto día y noche fue muy evidente en las variaciones de oxígeno disuelto donde los mínimos se registraron a las 06:00 h en el agua de fondo con 3,1 mg L<sup>-1</sup> y el máximo a las 18:00 h en el agua superficial con 7,78 mg L<sup>-1</sup>. Finalmente, la variación nictimeral del pH mostró valores atípicos, con mínimos durante la época de Secas, con valores promedios entre 8,17 y 8,25.

De los 96 muestreos realizados, en 93 hubo captura de especímenes. Se capturó 11.767 especímenes con un peso total de 158,1 kg, agrupados en 31 especies, 17 familias, 6 órdenes y 2 clases. Las familias mejor representadas por su riqueza específica fueron Haemulidae, Sparidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Monacanthidae y Tetraodontidae (Tabla 1).



**Figura 3.** Variación nictimeral de las principales variables ambientales en la Reserva de la Biósfera Los Petenes. Las cajas rojas representan los valores de superficie y las cajas azules los valores de fondo.

Se identificaron 12 especies dominantes que representaron al 97,4% de la captura total en número de individuos, entre las cuales *Haemulon plumierii* fue la más abundante con una proporción de 52% de la captura total, seguida por *Lagodon rhomboides* y *Orthopristis chrysoptera* (Tabla 2).

La abundancia y los componentes de la diversidad de la comunidad de peces de la RBLP para el sitio de estudio se representan por los valores calculados por época climática y, por día y noche (Fig. 4).

El 49,2% de la densidad y biomasa se presentó en la época de Nortes, 29,2% en la época de Lluvias y 21,6% en la época de Secas. Destacan los valores mínimos de densidad y biomasa en la época de Secas durante el día (0,01 ind m<sup>-2</sup> y 0,14 g m<sup>-2</sup>) y el mayor peso promedio registrado durante horas de noche de la época de Secas (15,32 g ind<sup>-1</sup>). El índice de Shannon presentó un mínimo en la noche en la época de Secas (1,38 bits) y el máximo en el día de la época de Lluvias (1,85 bits); en cuanto a equidad se observaron los valores mínimo

y máximo para la época de Secas (0,46 y 0,62 bits ind<sup>-1</sup>). La riqueza de especies presentó los mayores valores en la época de Nortes (22,87-25,87 bits sp<sup>-1</sup>) y los mínimos en la época de Secas (15,84-19,87 bits sp<sup>-1</sup>).

El análisis realizado a la matriz de abundancia (densidad y biomasa) por especie, ordenada por temporada climática y por día y noche, mostró un comportamiento significativamente diferente de la normalidad ( $P < 0,05$ ) con un intervalo de confianza del 95%. De esta forma, la prueba de Kruskal-Wallis comparando las abundancias (densidad y biomasa) entre temporadas climáticas y entre día y noche, indicó que en todos los casos no hubo diferencias significativas ( $P > 0,062$ ).

Para identificar asociaciones entre las especies dominantes se aplicó un análisis clúster utilizando el método Ward y la distancia Gamma, que separó dos grupos (A y B) (Fig. 5).

El Grupo A estuvo constituido por *O. chrysoptera*, *L. synagris*, *O. beta*, *C. penna*, *E. gula*, *H. plumierii*, *A.*

**Tabla 1.** Listado sistemático de los peces de la Reserva de la Biósfera Los Petenes. El ordenamiento se hizo de acuerdo a Nelson *et al.* (2016).

Familia	Especie
Dasyatidae	<i>Dasyatis americana</i> Hildebrand & Schroeder, 1928
Urotrygonidae	<i>Urobatis jamaicensis</i> (Cuvier, 1816)
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)
Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i> (Goode and Bean, 1880)
Syngnathidae	<i>Syngnathus louisianae</i> Günther, 1870
Serranidae	<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828) <i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758) <i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)
Gerreidae	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy and Gaimard, 1824)
Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830 <i>Haemulon plumierii</i> (Lacepède, 1801) <i>Orthopristis chrysoptera</i> (Linnaeus, 1766)
Sparidae	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758) <i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830) <i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)
Sciaenidae	<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802) <i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830) <i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier, 1830)
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ocellatus</i> Bloch, 1787
Scaridae	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)
Monacanthidae	<i>Aluterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792) <i>Monacanthus ciliatus</i> (Mitchill, 1818) <i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)
Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides greeleyi</i> Gilbert, 1900 <i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode and Bean, 1882) <i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)
Diodontidae	<i>Chilomycterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)

*quadricornis* y *L. griseus*, mientras que el Grupo B estuvo constituido por *S. testudineus*, *A. rhomboidalis*, *L. rhomboides* y *S. hispida*. Se destaca que de las cuatro especies más abundantes, tres pertenecieron al Grupo A (*H. plumierii*, *O. chrysoptera* y *E. gula*) y una al Grupo 2 (*L. rhomboides*).

El análisis comparativo de la densidad de las tres especies dominantes más abundantes, indicó que la distribución temporal y nictimeral de *H. plumierii* fue significativamente diferente de la distribución de *L. rhomboides* y de *O. chrysoptera* ( $P < 0,001$ ), mientras que para la distribución temporal y nictimeral de *L. rhomboides* y *O. chrysoptera* no hubo diferencias significativas ( $P = 0,387$ ).

En la Figura 6 se muestra el resultado del análisis de correspondencias canónicas donde se integran la abundancia numérica de las especies dominantes, las

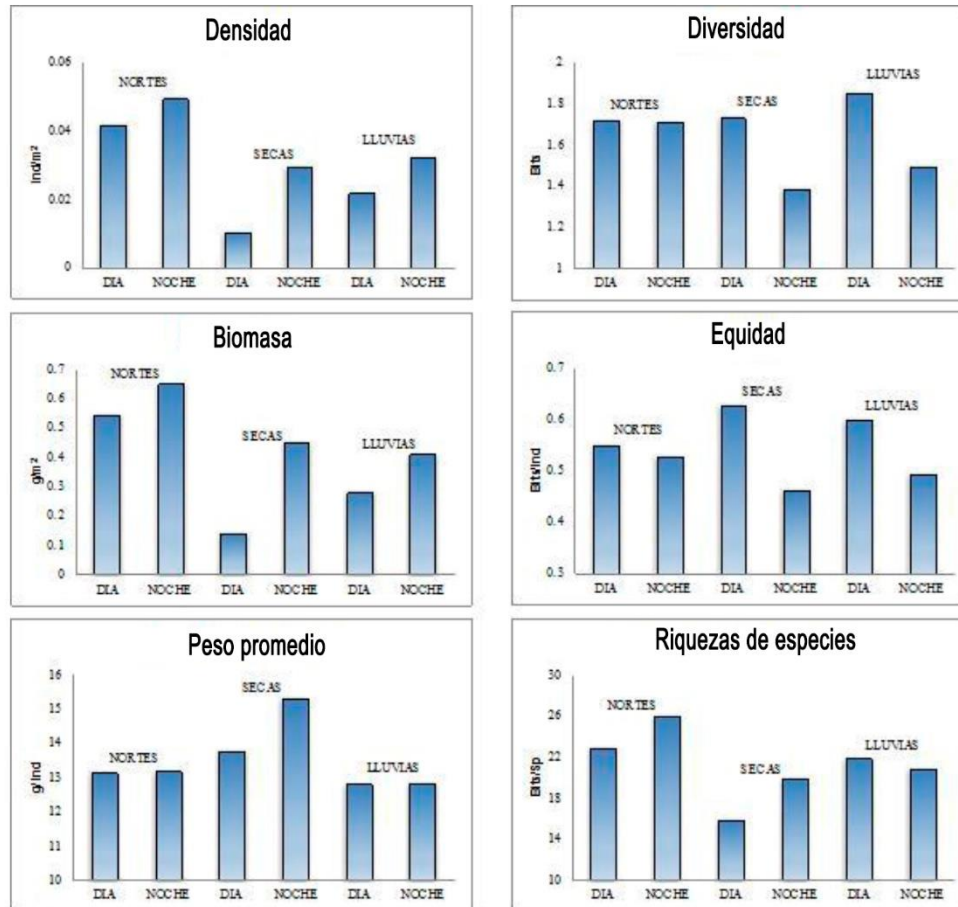
variables ambientales de fondo (temperatura TF, salinidad SF, oxígeno disuelto OF, pH PhF, sólidos disueltos SDF y Redox (potencial de óxido-reducción) RF), así como las agrupaciones día y noche por época climática (Nortes día ND, Nortes noche NN, Secas día SD, Secas noche SN, Lluvias día LLD y Lluvias noche LLN). En primer lugar, se confirmó la agrupación de especies distinguida por el análisis de clúster y se destaca que *S. testudineus*, *A. rhomboidalis*, *L. rhomboides* y *S. hispida* se asociaron a las condiciones de día para las tres temporadas climáticas, mientras que el resto de las especies se asoció a las horas de noche.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con el comportamiento de las variables ambientales del área de estudio es posible identificar

**Tabla 2.** Especies dominantes en la Reserva de la Biósfera Los Petenes. IIR: índice de importancia relativa.

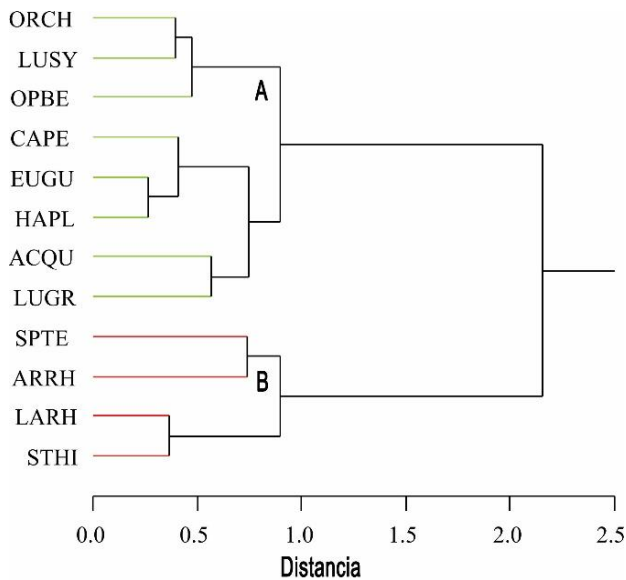
Especie	Clave alfa	N° ind.	Peso (kg)	Frec.	%ni	%pi	%fi	IIR
<i>Haemulon plumierii</i>	HAPL	6128	68,4	93	52,1	43,2	100,0	225178
<i>Lagodon rhomboides</i>	LARH	1226	16,4	78	10,4	10,4	83,9	9084
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	ORCH	1199	13,9	87	10,2	8,8	93,5	8429
<i>Eucinostomus gula</i>	EUGU	1379	5,6	90	11,7	3,5	96,8	3996
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	ARRH	480	10,2	80	4,1	6,5	86,0	2271
<i>Lutjanus synagris</i>	LUSY	316	5,3	82	2,7	3,3	88,2	787
<i>Opsanus beta</i>	OPBE	158	11,4	56	1,3	7,2	60,2	583
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	ACQU	154	6,4	65	1,3	4,0	69,9	368
<i>Calamus penna</i>	CAPE	178	2,9	57	1,5	1,9	61,3	173
<i>Stephanolepis hispida</i>	STHI	146	1,9	42	1,2	1,2	45,2	66
<i>Lutjanus griseus</i>	LUGR	44	3,7	31	0,4	2,3	33,3	29
<i>Sphoeroides testudineus</i>	SPTTE	57	2,2	34	0,5	1,4	36,6	25
Total		11465	148,4					
Total de la captura		11767	158,1					

**Figura 4.** Parámetros ecológicos de la comunidad de peces por época climática y por día-noche en la Reserva de la Biósfera Los Petenes.

diferencias temporales a lo largo de un ciclo anual, particularmente en cuanto a temperatura y salinidad del agua, lo cual se confirma mediante las pruebas no

paramétricas de comparación. En este sentido, es importante señalar que para el sur del Golfo de México, particularmente la región de la Laguna de Términos,





**Figura 5.** Dendrograma de asociación entre las especies dominantes de la Reserva de la Biósfera Los Petenes presentes en ciclos nictimerales por época climática (Ver Tabla 2 para asociar claves de especies y sus nombres).

existen abundantes reportes científicos que señalan un comportamiento ambiental clasificado en tres épocas climáticas (Nortes, Secas y Lluvias) para diversos ecosistemas (Yáñez-Arancibia & Day Jr., 1982; Ayala-Pérez *et al.*, 2003; Ramos-Miranda *et al.*, 2005). Sin embargo, para la costa norte de Campeche, la información es escasa y solo se ha reportado un comportamiento ambiental clasificado en dos épocas climáticas (Secas y Lluvias) (CONANP, 2006).

Respecto al comportamiento ambiental nictimeral, se destaca los intervalos de variación de la temperatura y salinidad que reflejan las variaciones temporales del área de estudio, pero también se identifican las diferencias entre día y noche, particularmente con el oxígeno disuelto. Ayala-Pérez *et al.* (2014) determinaron la ausencia de diferencias significativas entre temperatura y salinidad agrupadas por día y noche, pero difieren respecto a las diferencias que presentó el oxígeno disuelto.

De acuerdo a la comunidad de peces, Muñoz-Rojas *et al.* (2013) y Ayala-Pérez *et al.* (2014) registraron 46 y 44 especies respectivamente para la RBLP. La diferencia en el número de especies registradas en el presente estudio (31), correspondió a diferencias en el esfuerzo de captura, aunque existen coincidencias al reportar a las familias Tetraodontidae, Lutjanidae y Sparidae como las más diversas. En este nivel de comparación también se destaca el trabajo de Sosa-López *et al.* (2009) que registraron la presencia de especies pelágicas como *Opisthonema oglinum*, *Caranx* sp., *Elops saurus* y *Megalops atlanticus* como

componentes de la comunidad de peces del sector sur de la RBLP, que no fueron obtenidas en el presente estudio, lo cual hace evidente el efecto del arte de pesca utilizado ya que en este último trabajo se utilizó una red agallera.

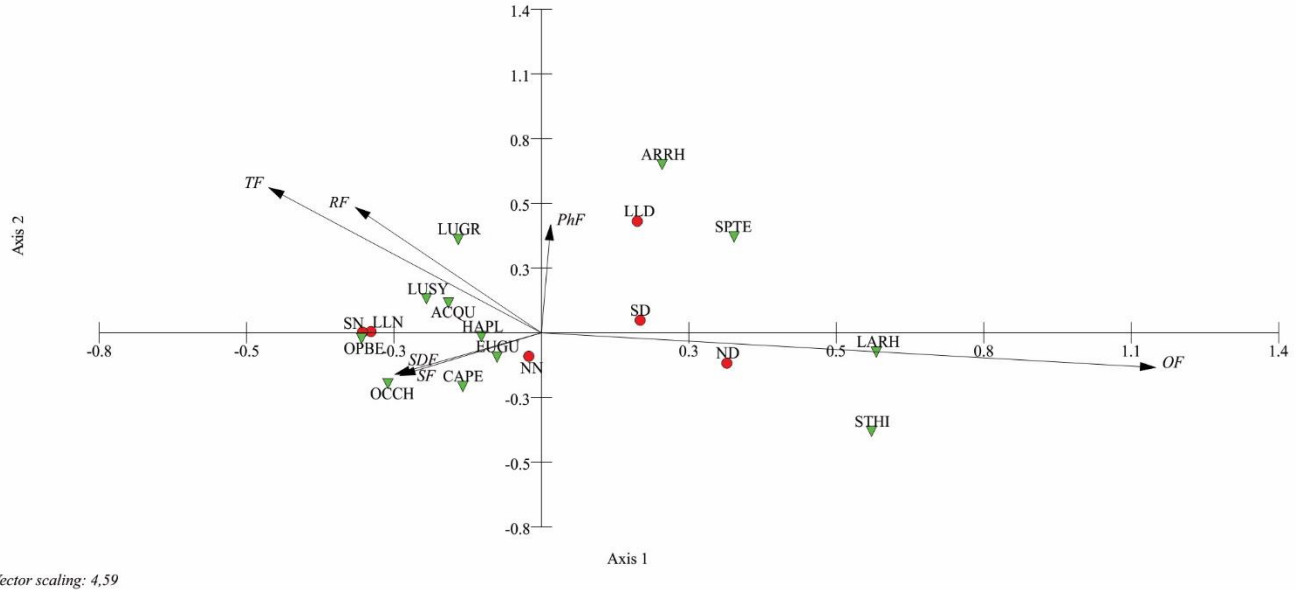
Considerando la probable conectividad ecológica entre la RBLP y la Reserva de la Biósfera Ría Celestún (RBRC) que son adyacentes en la costa norte de Campeche, se compararon los resultados del presente estudio con los reportados por Vega-Cendejas (2004) que encontró 157 especies de peces. Esta alta diferencia en la riqueza específica destaca la diversidad de hábitats que fueron considerados en la escala espacial en la RBRC, además de un mayor esfuerzo de recolecta. Sin embargo, como coincidencias, también se identificaron las familias Sciaenidae, Sparidae, Haemulidae, Lutjanidae y Tetraodontidae como las más diversas en ambos estudios.

Para determinar los cambios en la estructura comunitaria, considerando las épocas climáticas y los ciclos día-noche en un hábitat de pastos marinos, se adoptó una estrategia de muestreo comparable a la realizada por Vega-Cendejas *et al.* (1994); Griffiths (2001) y Ordoñez-López *et al.* (2005), que permitió demostrar el rol crítico del hábitat para el desarrollo de actividades complementarias de alimentación y resguardo de especies ocasionales como *C. schoepfi*, *D. formosum*, *A. virginicus* y *C. ocellatus*, que son especies con preferencias por hábitats arrecifales y rocosos.

En relación con las especies dominantes, diversos autores coinciden en señalar a *H. plumierii*, *O. chrysoptera*, *E. gula*, *L. rhomboides*, *A. rhomboidalis*, *L. synagris*, *A. quadricornis* y *O. beta* (Vega-Cendejas, 2004; Sosa-López *et al.*, 2009; Muñoz-Rojas *et al.*, 2013; Ayala-Pérez *et al.*, 2014) y también la asociación de dichas especies con hábitats de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) y manglar de borde (*Rhizophora mangle*) (Vega-Cendejas *et al.*, 1998; Ordoñez-López *et al.*, 2005; Ayala-Pérez *et al.*, 2008).

La variación en densidad y biomasa de la comunidad de peces se asoció a las variaciones ambientales registradas. En este sentido, las mayores abundancias se registraron en la época de Nortes y los mínimos en la época de Secas. Sin embargo, la abundancia expresada como peso promedio mostró los mayores valores en la época de Secas, lo cual se interpreta como la presencia de organismos de mayor tamaño. A pesar que, en términos generales, la abundancia fue mayor durante la noche, no se encontraron diferencias significativas entre día y noche. Estos resultados también coinciden con lo reportado para otros ecosistemas costeros del norte de la península (Vega-Cendejas *et al.*, 1994).





**Figura 6.** Resultado del análisis canónico de correspondencias. Los vectores corresponden a las variables ambientales (TF: temperatura, SF: salinidad, OF: oxígeno disuelto, PhF: pH, SDF: sólidos disueltos y RF: Redox, potencial de óxido-reducción), los triángulos a las especies dominantes (clave alfa) y los círculos a las agrupaciones día y noche por época climática (ND: Nortes día, NN: Nortes noche, SD: Secas día, SN: Secas noche, LLD: lluvias día; LLN: lluvias noche). La simbología de las especies (clave alfa) corresponde a la utilizada en la Tabla 2.

En relación con los valores de diversidad y equidad se observó una homogeneidad entre las épocas climáticas y solo destacaron los valores nocturnos en la época de Secas, cuando se observó una notoria disminución. Para la riqueza de especies fue evidente el incremento en época de Nortes, lo cual coincidió con el comportamiento de la abundancia. El incremento de la riqueza específica durante la noche se discute en términos del aumento de la actividad trófica en horas de penumbra, que según Griffiths (2001) y Castillo-Rivera *et al.* (2005) es cuando los peces ven mejor a sus presas.

De acuerdo con Nash (1986); Lara-Domínguez & Yáñez-Arancibia (1999) y Unsworth *et al.* (2007), el comportamiento de la abundancia y diversidad se pueden discutir argumentando la capacidad de desplazamiento de las especies, hacia los pastos marinos y manglares en busca de zonas de refugio y alimentación. En este sentido, las especies dominantes *H. plumierii*, *O. chrysoptera* y *L. synagris*, fueron más abundantes durante la noche, lo cual concuerda con lo señalado por Nagelkerken *et al.* (2000) sobre procesos de migración de pequeña escala, desde las praderas de algas hacia praderas de pastos para alimentarse durante la noche, y lo planteado por Guevara *et al.* (2007) sobre las preferencias alimentarias de especies del género *Lutjanus*.

En general, los resultados obtenidos sugieren un acoplamiento nictimeral entre especies de las familias de hemúlidos y espáridos, relacionado con sus ritmos

de alimentación. Nagelkerken *et al.* (2000) y Hernández-Guevara *et al.* (2008) han señalado a los hemúlidos como especies con hábitos alimenticios bentófagos nocturnos. En contraste, Castillo-Rivera *et al.* (2007) destacan las preferencias diurnas de alimentación de espáridos.

Los análisis de ordenamiento y clasificación permiten confirmar una mayor riqueza de especies durante la noche, aunque un mayor dominio en horas del día. Este comportamiento coincide con lo reportado por varios autores para sistemas costeros tropicales, destacando el uso de estos hábitats con fines de refugio y alimentación (Arceo-Carranza *et al.*, 2010). De acuerdo con Castillo-Rivera *et al.* (2005), las diferencias de las abundancias diurno-nocturnas no son significativas debido a la sobreposición observada en horas de penumbra por la actividad tardía de especies diurnas y la actividad anticipada de especies con preferencias nocturnas.

Los movimientos identificados en las comunidades de peces responden a la variabilidad ambiental como se ha explicado. Sin embargo, estos movimientos también pueden estar condicionados por cambios en la abundancia de otros grupos de organismos, como el fitoplancton y zooplancton que son componentes fundamentales en la trama trófica. Al respecto, Muciño-Márquez *et al.* (2011) y Ramiro-Bernal & Zea (1993) han descrito variaciones nictimerales en estos grupos que coinciden con los pulsos de abundancia registrados

en este trabajo. En consecuencia, se sugiere abordar este tipo de estudios para esta región ya que en este sentido la información existente es escasa.

### AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación: Estudio ecológico de la ictiofauna que inhabita la porción litoral Sur de la Reserva de la Biosfera “Los Petenes”, Sureste del Golfo de México, (CONACYT 90316). Al personal del Laboratorio de Recursos Pesqueros Tropicales del Instituto EPOMEX (Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México) de la Universidad Autónoma de Campeche. A los pescadores de Campeche. Al CONACYT por la beca de Alejandra Toro (estudiante de posgrado de la UAC).

### REFERENCIAS

- Akin, S., K.O. Winemiller & F.P. Gelwick. 2003. Seasonal and spatial variations in fish and macrocrustacean assemblage structure in Mad Island Marsh estuary, Texas. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 57: 269-282.
- AnalystSoft Inc. 2015. StatPlus:mac-programa de análisis estadístico. Versión v6. [www.analystsoft.com/es/]. Revisado: 9 enero 2016.
- Arceo-Carranza, D. & M.E. Vega-Cendejas. 2009. Spatial and temporal characterization of fish assemblages in a tropical coastal system influenced by freshwater inputs: northwestern Yucatan Peninsula. *Rev. Biol. Trop.*, 57(2): 89-103.
- Arceo-Carranza, D., M.E. Vega-Cendejas, J.L. Montero-Muñoz & M.J. Hernández de Santillana. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Rev. Mex. Biodivers.*, 81: 823-837.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda & D. Flores-Hernández. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.*, 51: 783-794.
- Ayala-Pérez, L.A., O. Vasco-Villa & A. Sosa-López. 2014. Evaluación de las asociaciones de peces dominantes influenciadas por el ciclo nictimeral y la variación temporal en la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México. *Ciencia UAT*, 9(1): 33-43.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda, O. Chávez-Rivero, G.L. Flores-Beltrán & V. Nava-Hernández. 2008. La comunidad de peces asociada a la pesca del camarón en la porción occidental de la costa de Campeche, México. *Actas de la XVII Bienal. R. Soc. Esp. Hist. Nat., España*, 105: 85-96.
- Castillo-Rivera, M., R. Zarate & S. Ortiz. 2005. Variación nictimeral y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Hidrobiológica*, 15(2): 227-238.
- Castillo-Rivera, M., R. Zárate-Hernández & I.H. Salgado-Ugarte. 2007. Hábitos de alimento de juveniles y adultos de *Archosargus probatocephalus* (Teleostei: Sparida) en un estuario tropical de Veracruz. *Hidrobiológica*, 17(2): 119-126.
- Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Departamento de Pesca, Dirección General del Instituto Nacional de Pesca, México. Serie Científica, 298 pp.
- Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinoza-Pérez & J.J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino lagunar y vicaria de México. Colección Textos Politécnicos, Serie Biotecnologías, Limusa, México DF, 711 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Los Petenes. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Dirección General de Manejo para la Conservación, México, 203 pp.
- Fischer, W. 1978. FAO Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic. (Fishing area 31). Vols. 1-7. FAO, Roma.
- Gray, C.A., R.C. Chick & D.J. McElligott. 1998. Diel changes in assemblages of fishes associated with shallow seagrass and bare sand. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 46: 849-859.
- Griffiths, S.P. 2001. Diel variation in the seagrass ichthyofaunas of three intermittently open estuaries in south-eastern Australia: implications for improving fish diversity assessments. *Fish. Manage. Ecol.*, 8: 123-140.
- Guevara, E., H. Álvarez, M. Mascaró, C. Rosas & A.J. Sánchez. 2007. Hábitos alimenticios y ecología trófica del pez *Lutjanus griseus* (Pisces: Lutjanidae) asociado a la vegetación sumergida en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.*, 55: 989-1004.
- Hammerschlag, N. & J. Serafy. 2010. Nocturnal fish utilization of a subtropical mangrove-seagrass ectone. *Mar. Ecol.*, 31: 364-37.
- Hernández-Guevara, N.A., D. Pech & P.L. Ardisson. 2008. Temporal trends in benthic macrofauna composition in response to seasonal variation in a tropical coastal lagoon, Celestun, Gulf of Mexico. *Mar. Freshwater Res.*, 59(9): 772-779.
- Koranteng, K.A. 2001. Structure and dynamics of a demersal assemblage on the continental shelf an upper

- slope off Ghana, West Africa. *Mar. Ecol. Prog.*, 220: 1-12.
- Kovach Computing Services. 2007. Multi Variate Statistical Package. MVSP Plus Version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales.
- Lara-Domínguez, A.L. & A. Yáñez-Arancibia. 1999. Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica. In: A. Yáñez-Arancibia & A.L. Lara-Domínguez (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA, pp. 153-166.
- Lök, A., B. Gül, A. Ulas, F.O. Düzbastılar & C. Metin. 2008. Diel variations on the fish assemblages at artificial reefs in two different environments of the Aegean Sea (Western Coast of Turkey). *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 8: 79-85.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Malden, 256 pp.
- Muciño-Márquez, R.E., M.G. Figueroa-Torres & A. Esquivel-Herrera. 2011. Variación nictimeral de la comunidad fitoplanctónica y su relación con las especies formadoras de florecimientos algales nocivos en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, México. *CICIMAR Oceanides*, 26(1): 19-31.
- Muñoz-Rojas, S., L.A. Ayala-Pérez, A. Sosa-López & G.J. Villalobos-Zapata. 2013. Distribución y abundancia de la comunidad de peces en la porción litoral de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.*, 61(1): 213-227.
- Nagelkerken, I., M. Dorenbosch, W.C. Verberk, E. Cocheret de la Morinière & G. van der Velde. 2000. Day-night shifts of fishes between shallow-water biotopes of a Caribbean bay, with emphasis on the nocturnal feeding of Haemulidae and Lutjanidae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 194: 55-64.
- Nash, R.D.M. 1986. Diel fluctuations of shallow water fish community in the Inner Oslofjord, Norway. *Mar. Ecol.*, 7(3): 219-232.
- Nelson, J.S., T.C. Grande & M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, New Jersey, 752 pp.
- Oliveira-Neto, J.F., H.L. Spach, R. Schwarz-Junior & H.A. Pichler. 2008. Diel variation in fish assemblages in tidal creeks in southern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 68: 37-43.
- Ordóñez-López, U. & V.D. García-Hernández. 2005. Ictiofauna juvenil asociada a *Thalassia testudinum* en Laguna Yalahau, Quintana Roo. *Hidrobiológica*, 15(2): 195-204.
- Ramiro-Bernal, V.A. & S. Zea. 1993. Variaciones nictimerales en la comunidad de zooplancton de la bahía de Santa Marta, Mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, INVEMAR, 22(1): 5-20.
- Ramos-Miranda, J., L. Quiniou, D. Flores-Hernández, T. Do-Chi, L.A. Ayala-Pérez & A. Sosa-López. 2005. Spatial and temporal changes in the nekton of Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *J. Fish Biol.*, 66: 513-530.
- Sosa-López, A., L.A. Ayala-Pérez, J.A. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernández, D. Pech-Pool, F. Gómez-Criollo, A. Toro-Ramírez, I.E. Cu-Quiab, J.A. Sauri-Hernández, M.J. Can-González, P.A. Borges-Jesús, J.M. Rosado-López, C. Balán-Calán, I.C. Uc-Pech, A. Cortés-Fuentes, R.I. Chi-Caamal, M.A. León & N. Ferraez-Campos. 2009. Estudio ecológico de la ictiofauna que inhabita la porción litoral Sur de la Reserva de la Biosfera 'Los Petenes', Sureste de México" Informe Final- Proyecto CONACyT, Clave: 90316, Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche, 26 pp.
- Systat, Software Inc. 2009. *Systat 13*. [www.systat.com]. Revisado: 30 marzo 2016.
- Unsworth, R.K.F., E. Wylie, J.J. Bell & D.J. Smith. 2007. Diel trophic structuring of seagrass bed fish assemblages in the Wakatobi Marine National Park, Indonesia. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 72: 81-88.
- Vega-Cendejas, M.E. 2004. Ictiofauna de la Reserva de la Biosfera de Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su biodiversidad. *An. Inst. Biol., Ser. Zool.*, 75(1): 193-206.
- Vega-Cendejas, M.E. & M. Hernández. 2004. Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon, Rio Lagartos, Yucatan, Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 60: 285-299.
- Vega-Cendejas, M.E., U. Ordóñez-López & M. Hernández. 1994. Day-nigth variation of fish populations in the mangrove of Celestún Lagoon, México. *J. Ecol. Environ. Sci.*, 20: 99-108.
- Vega-Cendejas, M.E., U. Ordóñez-López, M.J. Hernández, F. Mérimo & J. Hirose. 1998. Los peces de la reserva de Río Lagartos: complejo faunístico de gran valor ecológico, acuacultural y pesquero. Informe técnico final de proyecto de investigación, CONACyT-SISIERRA, México.
- Villalobos-Zapata, G.J. 2004. Reservas de la biosfera: Los Petenes-Celestún. In: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos, I. Azuz-Adeath & F. Rosado-May (eds.). *El Manejo costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo, pp. 397-412.
- Yáñez-Arancibia, A. & J.W. Day Jr. 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of Mexico. In: P. Lasserre & H. Postma (eds.). *Coastal lagoons*. *Oceanol. Acta (Spec. Vol.)*, 5: 431-440.