**Nycthemeral abundance of the fish community in “Los Petenes”,
Biosphere Reserve Campeche, Mexico**

**Abundancia nictemeral de la comunidad
de peces en la Reserva de la Biósfera
“Los Petenes”, Campeche, México**

Adrián Ciprés-Chávez¹, Luis Amado Ayala-Pérez^{2*}

Gilberto Randy Rojas-Rubio¹ y Atahualpa Sosa López

Resumen

La Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP) integra ambientes continentales y marinos, conformando una unidad biogeográfica de relevancia biológica, ecológica, científica y económica. Uno de los componentes estructurales más abundante en la RBLP son los peces, los cuales desempeñan diversos papeles ecológicos entre ellos el transporte de energía, por lo que el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis comparativo de la composición y abundancia de los peces en ciclos nictemerales en función de la variabilidad ambiental. Se realizaron cuatro campañas de muestreo en febrero y mayo de 2013 y 2016, cuando se midieron variables ambientales y se recolectaron muestras biológicas con una frecuencia de dos horas en cada ciclo nictemeral. Las pruebas de comparación de las variables ambientales mostraron que no existen diferencias significativas entre horas de día y horas de noche, a excepción del pH. Las comparaciones entre ciclos nictemerales muestran diferencias en el oxígeno disuelto y el pH. Se identificaron 38 especies agrupadas en 9 órdenes y 20 familias, de las cuales once resultaron dominantes. La comparación de la densidad y biomasa de la comunidad no mostró diferencias significativas entre horas de día y horas de noche. Se identificaron dos conglomerados entre las especies dominantes, así como una independencia de las variables ambientales. Los peces en la RBLP, aprovechan las diversas condiciones de hábitat para desarrollar todo o parte de su ciclo de vida, y son responsables de flujos energéticos que contribuyen a la resiliencia del sistema.

¹ Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100. Col. Villaquiedad, Coyoacan, 04960, Cd. de México.

² Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. * luayala@correo.xoc.uam.mx

³ Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Héroe de Nacozari 480. C.P. 24029. San Francisco de Campeche, Campeche. México

Palabras clave: Abundancia nictemeral. Asociaciones interespecíficas. Peces dominantes. Variabilidad ambiental.

Abstract

Los Petenes Biosphere Reserve (RBLP, for its acronym in Spanish) integrates inland and marine environments, forming a biogeographical unit of biological, ecological, economic and scientific relevance. One of the most abundant structural components in the RBLP are fishes that play some ecological roles, such as energy transportation. Thus, the objective of this study was to analyze the composition and abundance of fishes comparatively in nycthemeral cycles depending on environmental variability. Four sampling campaigns were performed in February and May both in 2013 and 2016, when environmental variables were measured and biological samples were collected in each nycthemeral cycle in a two-hour frequency. The comparison tests for environmental variables showed no significant differences between day and night hours, except for pH. Comparisons between nycthemeral cycles showed some differences considering dissolved oxygen and pH. A total of 38 species were identified grouped in nine orders and 20 families, 11 of which were dominant. Comparison for density and biomass showed no significant differences between day and night. Two associations of dominant species were observed, as well as a high degree of independence for environmental variables. The fish in the RBLP take advantage of the habitat conditions in developing all or part of their life cycle, and they are responsible for energy flows that contribute to the resilience of the system.

Keywords: Dominant fish. Environmental variability. Interspecific associations. Nycthemeral abundance.

Introducción

La reserva de la biósfera Los Petenes (RBLP) en el estado de Campeche, México, integra diversos ambientes, tanto continentales, como marinos, conformando una unidad biogeográfica única derivada de su alta diversidad de flora y fauna, así como de ecosistemas, brindándole una gran importancia biológica, ecológica, económica y científica (Ayala-Pérez *et al.* 2014; Corbalá *et al.*

2007). En su porción marina, la reserva cuenta con la mayor superficie y en mejor estado de conservación de pastos marinos a nivel nacional, dominados por *Thalassia testudinum*, que son hábitat propicio para alimentación, protección y crianza de diversas especies, incluidos recursos pesqueros con manejo comercial, como el pulpo *Octopus maya* y algunos peces de escamas (lisas, corvinas, pargos, entre otros) (CONANP 2006; Villalobos-Zapata 2004).

Los peces costeros utilizan los diversos hábitats de una manera programada en tiempo y espacio, y una forma de estimar dicho uso es mediante el análisis de los cambios en la composición y abundancia de los componentes de la comunidad considerando el marco de variabilidad ambiental, tal y como lo han planteado Arceo-Carranza *et al.* (2012), Arceo-Carranza y Vega-Cendejas (2009) y Lugendo *et al.* (2007). Para el caso particular de la RBLP donde la diversidad de hábitats está determinada por una compleja interacción entre manglar, pastos marinos y petenes, el conocimiento es escaso y algunas aproximaciones las han planteado Ayala-Pérez *et al.* (2014), Muñoz-Rojas *et al.* (2013) y Torres-Castro *et al.* (2008).

Dadas las diversas actividades económicas que el hombre desarrolla en la RBLP, es necesario continuar con la generación de información sobre las interacciones que los peces establecen entre ellos y con sus hábitats y que les permiten desarrollar todo o parte de sus ciclos de vida y de esta manera, entender la relevancia de conservar tanto sus hábitats como su diversidad y abundancia consientes de los múltiples bienes y servicios que nos proporcionan. Es por ello que, el objetivo de este estudio fue analizar los cambios en la composición y abundancia de los peces de manera comparada entre ciclos nictemerales en función de la variabilidad ambiental en un sitio ubicado en la porción central de la RBLP, Campeche, México.

Materiales y métodos

La RBLP se localiza en la costa norte del estado de Campeche, en el sureste del Golfo de México, limita al norte con la Reserva de la Biósfera Ría Celestún, al este colinda con los municipios de Tenabo, Hecelchakán y Calkiní, al sur con la ciudad de San Francisco de Campeche y su límite oeste se encuentra doce millas náuticas mar adentro que corresponde al mar territorial (CONANP 2006). El sitio de estudio se ubicó en la localidad conocida como Balantaunche cerca de la isla Jaina en las coordenadas 20°6.545'N y 90°28.849'W y se estableció considerando la presencia de

un canal que comunica con un peten y la amplia distribución de parches de pastos marinos con manglar de borde (Ayala-Pérez *et al.* 2014).

De acuerdo con Torres-Castro *et al.* (2008) y Villalobos-Zapata (2004) en la región se identifican dos temporadas climáticas: la temporada de secas que abarca de noviembre a mayo y la de lluvias de junio a octubre. El clima predominante en la zona centro-sur de la RBLP es Aw (cálido subhúmedo con lluvias en verano), mientras que en su extremo norte es de tipo BS'h'w (semiseco y seco-cálido).

Se realizaron cuatro campañas de muestreo en febrero y mayo de 2013 y 2016. En cada campaña se registraron las mediciones de variables ambientales: temperatura (°C), salinidad (UPS), oxígeno disuelto (mg/L) y pH del agua en dos niveles de profundidad (superficie y fondo), empleando una sonda multiparamétrica ISY 556. También se recolectaron muestras biológicas del necton con una red de arrastre de cinco metros de largo, 2.5 m de abertura de trabajo y 19 mm de luz de malla, operada por doce minutos a bordo de una lancha con motor fuera de borda, a una velocidad promedio de 2 nudos para cubrir un área de arrastre aproximada de 1,800 m². La frecuencia de los muestreos fue de dos horas durante un periodo de 24 horas.

El ciclo nictemeral se dividió en horas de día y horas de noche, considerando las 7 horas como la primera hora de día y las 19 horas como la primera hora de noche. Los organismos capturados se fijaron con formaldehído al 15% y se almacenaron en bolsas de plástico apropiadamente etiquetadas que fueron trasladadas al laboratorio para su procesamiento.

Todos los organismos capturados fueron identificados taxonómicamente con ayuda de literatura especializada (Castro-Aguirre *et al.* 1999; Cervigón *et al.* 1992; Fischer 1978) y se ordenaron sistemáticamente de acuerdo con lo propuesto por Nelson (2016). Así mismo, cada individuo fue medido en longitud total (mm), longitud estándar (mm) y peso total (g) utilizando un ictiómetro convencional y una balanza digital con capacidad de 6.0 Kg y 0.1 g de precisión.

El comportamiento nictemeral de las variables ambientales se analizó mediante la representación gráfica de líneas de tendencia y se realizaron pruebas estadísticas de normalidad (W de Shapiro-Wilk) y de comparaciones paramétricas (ANOVA) y no paramétricas (Kolmogorov-Smirnov), así como la prueba *a posteriori* de Tukey. Estos procedimientos se realizaron con ayuda del software Past3 (Hammer *et al.* 2001).

Para determinar el dominio ecológico de las especies de peces se utilizó el índice de importancia relativa (IIR) modificado por Koranteng (2001), que se define como:

$$IIR = (\%N) * (\%W) * (\%F)$$

Dónde: %N= Porcentaje de la contribución en número individuos por la especie *i* a la captura total; %W= Porcentaje de contribución en peso de la especie *i* a la captura total; %F= Frecuencia de aparición porcentual de la especie *i* con relación al número total de muestreos. De acuerdo con el autor, las especies con valores IIR ≥ 20 se consideran especies dominantes, valores entre 20 y 1 se consideran de importancia media y valores menores de 1 se consideran de baja importancia.

Por otro lado, para el análisis de la abundancia se estimaron los valores de densidad (ind/m²), biomasa (g/m²) y peso promedio (g/ind) y se utilizaron los valores promedio por horas de día y de noche para realizar las comparaciones. Para la determinación de las asociaciones entre las especies dominantes, se realizó un análisis clúster (método Ward, distancia Gamma), utilizando las matrices de abundancia numérica por especie por ciclo de muestreo, con ayuda del software estadístico Systat 13.0 (Systat Software, Inc. 2009). Adicionalmente, se utilizaron las matrices de número de individuos por especie y hora y la de variables ambientales por hora para desarrollar un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), con ayuda del programa estadístico multivariado MVSP (Kovach Computing Services, 2016) con la intención de representar gráficamente las interdependencias entre abundancia ictica y variabilidad ambiental.

La representación gráfica del clúster y de las correspondencias canónicas incluye el nombre de las especies utilizando el código alfa que integra las dos primeras letras del género y dos de la especie. Finalmente se analizan y discuten las diferencias observadas entre día y noche y entre meses, considerando la variabilidad ambiental, así como las características biológicas y ecológicas de las especies.

Resultados

El comportamiento nictemeral de las variables ambientales por campaña de muestreo se representan en la Figura 1. La temperatura promedio del agua para el periodo de muestreo fue de 26.7°C con un intervalo de variación de 20.3 a 32°C. En escala temporal la temperatura promedio fue mayor en mayo de 2016 y la menor en febrero de 2016. En escala nictemeral se observa que la mayor temperatura se presentó a las 17 horas y la mínima a las 11 horas. Para el caso de la salinidad, se registró un promedio de 38 UPS, con un intervalo de variación de 31.8 a 41 UPS, en mayo 2013 se registraron los valores más altos, mientras que en febrero 2016 los menores y

en general las variaciones son mínimas en los ciclos nictemerales. La concentración de oxígeno disuelto mostró un promedio de 2.7 mg/L con un intervalo de variación de 1.2 a 6.3 mg/L, donde los valores promedio más elevados se registraron en mayo de 2013 y los mínimos en febrero de 2016. En escala nictemeral no se aprecia un comportamiento distintivo entre horas de día y horas de noche. Por último, el pH osciló con valores entre 7.3 y 8.9 con un promedio de 8. En febrero y mayo de 2016 se observan los valores más bajos mientras que los mayores se observaron en 2013. Una ligera tendencia de incremento del pH se distingue para las 17-19 horas.

Figura 1. Variación nictemeral de las variables ambientales en la porción central de la RBLP, Campeche, México.

La prueba de normalidad W de Shapiro-Wilk mostró que las variables ambientales agrupadas por día y noche presentaron una distribución normal ($p < 0.05$), por lo cual se decidió aplicar una prueba paramétrica ANOVA de una vía para efectuar las comparaciones entre los ciclos nictemerales. De las variables ambientales, únicamente el pH mostró diferencias significativas entre horas de día y horas de noche ($p < 0.05$). Para la comparación entre las campañas de muestreo, y de acuerdo a la prueba de Tukey, la temperatura y salinidad mostraron diferencias significativas entre campañas ($p < 0.05$). Sin embargo, en cuanto a oxígeno disuelto y pH los meses febrero de

2013 contra febrero y mayo de 2016 no mostraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Se capturaron un total de 9 726 individuos con un peso conjunto de 156 kg. Se clasificaron en 38 especies que se agruparon en 20 familias y 9 órdenes. En la Tabla 1 se presenta el listado sistemático de las especies. Para el conjunto de muestras recolectadas se identificaron once especies con dominio ecológico que representan el 96% en número de individuos y 94% en peso del total de la captura (Tabla 2). La especie más importante por su abundancia fue *Lagodon rhomboides*, localmente conocido como “Xlavita”, que representó el 35% de la captura total.

El comportamiento temporal y nictemeral de la abundancia de la comunidad de peces se representa en la Figura 2. En términos de densidad y biomasa, los valores fueron notablemente más altos durante la noche particularmente en febrero de 2013, así como un valor destacado a las 19 horas en febrero de 2016. En cuanto a peso promedio, no se aprecian diferencias entre horas de día y horas de noche, sin embargo, durante la noche se aprecia una ligera diferencia entre las campañas de mayo y febrero de los dos años de estudio. Es notorio que entre las horas 13 a 17 en todos los casos se presenta una tendencia de disminución.

La matriz de número de individuos de las especies dominantes agrupadas por horas de día y horas de noche se sometieron a una prueba de Kolmogorov-Smirnov/Lilliefors y de W de Shapiro-Wilk cuyos resultados fueron $p = 0.0033$ y $p = 0.0017$, para horas de día y $p = 0.0022$ y $p = 0.0007$ para horas de noche, demostrando que existen evidencias estadísticamente significativas en contra de la normalidad. De esta forma se procedió a aplicar la prueba de comparación de dos muestras independientes (Día vs Noche) de Kolmogorov-Smirnov con un resultado de una diferencia máxima de -0.455 y un nivel $p = 0.147$. Es decir, no hay diferencias significativas en la abundancia entre día y noche.

El análisis clúster de la matriz de abundancia numérica por especie agrupada por mes y hora, permitió generar un dendrograma donde se distingue la conformación de dos grupos (Figura 3).

De acuerdo con el criterio de varianza mínima de Ward en cada paso el par de clúster con distancia mínima entre ellos son mezclados y de esta forma se representa el dendrograma, por otra parte, la distancia Gamma permite analizar en una escala ordinal los datos de abundancia, con lo cual se distingue la mayor disimilaridad de *S. testudineus* y *C. penna*, que son especies representativas de cada grupo.

El análisis de correspondencias canónicas entre la abundancia numérica de las especies dominantes y las variables ambientales, mostró eigenvalores de 0.195 y 0.056, una correlación

Tabla 1. Listado sistemático de acuerdo con Nelson (2016) de las especies de peces recolectados en la porción central de la RBLP. Se muestran los códigos alfa de las especies dominantes.

Familia	Especie	Código Alfa
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	
Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i> (Goode y Bean, 1880)	OPBE
Belonidae	<i>Strongylura notata notata</i> (Poey, 1860)	
Cichlidae	<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther, 1862)	
Dasyatidae	<i>Dasyatis americana</i> Hildebrand y Schroeder, 1928	
Diodontidae	<i>Diodon hystrix</i> Linnaeus, 1758	
Gerreidae	<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird y Girard, 1855	
	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy y Gaimard, 1824)	EUGU
Hamulidae	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	HAAU
	<i>Haemulon bonariense</i> Cuvier, 1830	
	<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1801)	HAPL
	<i>Haemulon sciurus</i> (Shaw, 1803)	
	<i>Orthopristis chrysoptera</i> (Linnaeus, 1766)	ORCH
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	LUAN
	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	LUSY
	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	
Monacanthidae	<i>Monacanthus ciliatus</i> (Mitchill, 1818)	
	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	
Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)	
Scaridae	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)	
Sciaenidae	<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802)	
	<i>Corvula batabana</i> (Poey, 1860)	
	<i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)	
Scorpaenidae	<i>Scorpaena calcarata</i> Goode y Bean, 1882	
Serranidae	<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)	
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	
	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	ARRH
	<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)	CAPE
	<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)	LARH
Syngnathidae	<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann y Kendall, 1896)	
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides greeleyi</i> Gilbert, 1900	
	<i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode y Bean, 1882)	
	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	
	<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)	SPTE
Urotrygonidae	<i>Urobatis jamaicensis</i> (Cuvier, 1816)	

del 31.6% y 9.08% y una correlación especie-ambiente de 0.83 y 0.716 para los ejes uno y dos respectivamente. En el cuadrante uno se presentan las especies *C. penna*, *L. analis* y *A. rhomboidalis* con una aparente independencia de las variables ambientales. En el cuadrante dos se observa la presencia aislada de *E. gula*. En el cuadrante tres se distingue el dominio de *H. aurolineatum* y *L. rhomboides* y finalmente en el cuadrante cuatro se agrupan *L. synagris*, *O. beta*, *H. plumierii*, *S. testudineus* y *O. chrysoptera* con una marcada asociación con las variables de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (Figura 4).

Tabla 2. Listado de las especies dominantes en la porción central de la RBLP. Se muestra el código alfa, número de individuos (Num. Ind.), peso total e índice de importancia relativa (IIR).

Código Alfa	Num. Ind.	Peso (Kg)	IIR
LARH	3 372	83.1	169273
HAPL	1 985	22.3	26189
EUGU	2 366	9.1	13550
ARRH	670	11.8	2495
ORCH	266	6.1	762
OPBE	74	4.1	104
CAPE	96	2.2	83
LUSY	131	1.8	82
LUAN	108	2.1	51
SPTE	72	2.5	49
HAAU	223	0.85	37
Total Dominantes	9 363	146.1	
Total Captura	9 726	156.0	

Discusión

La variabilidad ambiental en la región de “Los Petenes”, está condicionada principalmente por la temporalidad climática, procesos oceanográficos como el sistema de mareas, procesos climático-meteorológicos, por ejemplo, la precipitación, y por una condición geográfica como la extensión de la plataforma continental con condiciones de baja profundidad, lo que propicia una amplia cobertura de pastos marinos (Ayala-Pérez *et al.* 2014; Castillo-Rivera *et al.* 2005; Lara-Lara *et al.* 2008).

En la escala nictemeral, las variables ambientales no presentaron diferencias estadísticas, a excepción del pH, de esta forma existe evidencia de estabilidad ambiental entre horas de día y horas de noche. Para el caso de la temperatura los intervalos de variación oscilaron entre 1.41

Figura 2. Comportamiento de la abundancia de la comunidad de peces (densidad, biomasa y peso promedio) en los cuatro ciclos nictemerales realizados en la RBLP.

y 2.08°C, lo cual es un claro reflejo de las condiciones tropicales de la región. En este sentido, Ayala-Pérez *et al.* (2012) describen la variación de la temperatura ambiente de dos estaciones meteorológicas aledañas a la RBLP, las cuales son similares a lo que se reporta en el presente estudio durante el periodo de secas. En la escala temporal, se observa la marcada diferencia en la temperatura entre los meses de mayo y febrero, pero además en febrero de 2016 los registros fueron anormalmente bajos, debido a que los muestreos se realizaron bajo los efectos de un frente frío estacionario de componente norte.

Figura 3. Dendrograma del análisis clúster de la abundancia de especies dominantes en ciclos nictemerales en la RBLP. Los códigos alfa de las especies son descritos en la Tabla 2.

La salinidad no mostró diferencias estadísticamente significativas entre el día y la noche, atribuyéndose a que los muestreos fueron en la misma temporada climática de secas. Sin embargo, entre campañas de muestreo existieron diferencias estadísticas, destacando los valores más bajos obtenidos en febrero de 2016, observando nuevamente los efectos del frente frío que trajo lluvia. Estas diferencias se atribuyen a la naturaleza cárstica de la reserva, donde el funcionamiento de cenotes, petenes, ojos de agua y ríos subterráneos mantienen el balance hídrico de la región, provocando la variación de la salinidad en la porción costera litoral (Cervantes-Martínez 2007; Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega 2010).

De igual forma, el oxígeno disuelto no presentó fluctuaciones importantes entre horas día y horas noche. Las comparaciones entre algunas campañas de muestreo, mostraron diferencias estadísticas, ya que el comportamiento del oxígeno disuelto se puede interpretar como una respuesta al efecto combinado de procesos físicos y climático-meteorológicos como la circulación litoral, el constante movimiento del agua, los vientos y la temperatura, que promueven el intercambio gaseoso con la atmósfera, así como biológicos, como la fotosíntesis, consumo respiratorio u oxidación de la materia orgánica, provocando esta variación entre campañas pero no así a escala nictemeral (Espinosa 2013; Muñoz-Rojas *et al.* 2013; Ramos *et al.* 2003).

Figura 4. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) entre la abundancia de las especies dominantes con las variables ambientales en la porción central de la RBLP.

Por último, el comportamiento del pH mostró fluctuaciones marcadas y tiende hacia la alcalinidad, aunado a que presenta diferencias estadísticamente significativas, lo que concuerda con lo reportado por Ayala-Pérez *et al.* (2014) para un ciclo nictemeral. Dicho comportamiento se debe al efecto del lavado de sedimentos carbonatados principalmente por el agua continental que recorre la zona costera de origen cárstico propia de la península de Yucatán (Muñoz-Rojas *et al.* 2013). Así mismo, los valores promedio de pH para praderas de pastos marinos dominados por *T. testudinum* reportados por MacDonald (2011) y Torres-Castro *et al.* (2008), concuerdan con los de este trabajo.

Los sistemas estuarinos como es el caso de la RBLP, se caracterizan por tener una amplia variedad de hábitats, lo que se refleja en una compleja estructura ecológica con alta productividad

primaria como los pastos marinos y el manglar, la cual es aprovechada para el desarrollo de todo o parte de los ciclos de vida de los peces (Lugendo *et al.* 2007). Villalobos-Zapata (2004) reporta 68 especies de peces para toda la reserva, mientras que en este estudio se identificaron 38 especies sólo en un sitio, lo cual destaca la variedad de hábitat. En diversos reportes se señala que las familias Sparidae, Haemulidae y Lutjanidae son las más importantes por su diversidad y abundancia (Vega-Cendeja 2004; Ayala-Pérez *et al.* 2015).

Entre las especies dominantes destacan por su abundancia *L. rhomboides* y *H. plumierii*, que muestran un amplio intervalo de tolerancia a las variables ambientales, lo que concuerda con lo reportado por Arceo-Carranza y Vega-Cendejas (2009), Ayala-Pérez *et al.* (2014) y Arceo-Carranza *et al.* (2012).

La abundancia de la comunidad de peces representada por los valores de densidad y biomasa son comparativamente diferentes en promedio ya que son cuatro veces superiores en horas de noche respecto de las horas de día. Autores como Castillo-Rivera *et al.* (2005) y Lugendo *et al.* (2007) han descrito las preferencias de muchas especies de peces por una actividad nocturna tanto para la búsqueda de alimento como para la evasión de sus depredadores. En la RBLP el hábitat de pastos marinos ofrece las condiciones óptimas para el desarrollo de funciones como la crianza y, por tanto, se convierte en una zona de alimento para peces de mayor tamaño. En cuanto al peso promedio no hay diferencias generales entre horas de día y horas de noche, sin embargo, se distingue una tendencia particular de incremento entre las 17 y 21 hrs, lo que se interpreta como el periodo de penumbra donde los peces de mayor talla demuestran su preferencia de horario para alimentación.

A pesar de la diferencia en la abundancia entre horas de día y horas de noche, la estructura de la comunidad no cambia, lo cual es confirmado por el análisis estadístico multivariado de Kruskal-Wallis. Este resultado también apoyaría la idea de movimientos sincrónicos acoplados a la disponibilidad de la luz. En este sentido, el análisis de asociación de las especies dominantes refleja la conformación de dos conglomerados, el primero integrado por *L. analis*, *A. rhomboidalis* y *C. penna*, que en general tienen hábitos alimenticios basados en el zoobentos y una importancia pesquera local ya que alcanzarían tallas superiores a los 30 cm (Fishbase 2017). El segundo grupo es más diverso, con especies que tienen hábitos alimenticios contrastantes que demuestran una diversidad de nichos favoreciendo la disminución de competencia interespecífica, así como la

disponibilidad de alimento. Tanto la cadena del detritus como la cadena del pastoreo, se observa en la comunidad de peces de la RBLP. Para la cadena del detritus la aportación de materia orgánica tanto de los manglares como de los pastos marinos en la porción costera litoral es abundante y por el otro lado, las condiciones que favorecen la producción fitoplanctónica como base de la cadena del pastoreo son buenas, lo que asegura un soporte abundante de alimento para los consumidores de segundo orden. Estas consideraciones tienen como base las observaciones de campo acompañadas de los reportes sobre las cadenas tróficas basadas en el detritus y en el pastoreo en zonas costeras de autores como Lara-Domínguez y Yáñez-Arancibia (1999), Landínez-García *et al.* (2009), Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega (2010) y Day *et al.* (2012), lo cual también sirve para argumentar que los peces son responsables de flujos energéticos que contribuyen a la resiliencia del sistema.

El análisis de correspondencias canónicas confirma, en primer lugar, la asociación que muestran las especies dominantes en dos grupos y por otro lado la alta dispersión de las variables ambientales y la tolerancia de la mayoría de las especies. La dispersión en las variables ambientales se justifica por las inusuales condiciones que se presentaron en febrero de 2016 cuando el muestreo se desarrolló bajo los efectos de un frente frío estacionario. Adicionalmente, es claro que las especies dominantes han desarrollado capacidades de adaptación a sus estrategias de utilización del hábitat, por lo cual la dependencia de alguna variable ambiental es mínima al menos para el ciclo día-noche.

Sin duda, los resultados de este estudio están limitados a dos meses del año que si bien pueden representar una temporalidad climática tampoco podrían generalizarse a toda la variabilidad ambiental en un ciclo anual. Autores como Hoeinghaus *et al.* (2003), Kobza *et al.* (2004) y Allen *et al.* (2006) han descrito el efecto que las variables ambientales tienen sobre la composición, abundancia y asociaciones de las comunidades de peces en la zona costera.

En la porción costero-litoral de la RBLP la cobertura y grado de conservación de los pastos marinos, la amplitud de la plataforma continental y el manglar de borde generan una condición de ecosistema con gran homogeneidad ambiental, alimento abundante y diverso, así como diversidad de hábitats que la comunidad de peces aprovecha y mantiene a través de los flujos energéticos que desarrolla para cubrir las diferentes etapas de sus ciclos de vida.

Conclusiones

En la porción central de la RBLP se presentan condiciones ambientales definidas por la temporalidad climática, la presencia de parches de pastos marinos, el manglar de borde, las aportaciones continentales de agua dulce y la extensión de la plataforma continental. La comunidad de peces ha desarrollado capacidades adaptativas para tolerar la variabilidad ambiental y además demuestra una mayor actividad, reflejada por su abundancia, durante las horas de noche. Sin embargo, la composición comunitaria no cambia significativamente entre horas de día y horas de noche. La comunidad de peces es diversa y abundante y se identifican once especies dominantes que en conjunto representan más del 90% de la captura total. Los peces desarrollan todo o parte de su ciclo de vida acoplados a la variabilidad ambiental, desarrollando nichos que les permite reducir la fricción por competencia, pero además contribuir significativamente a la resiliencia del ecosistema, por lo tanto, es necesario desarrollar más estudios considerando las escalas nictemeral, espacial y temporal para otras zonas de la extensa reserva de la biósfera Los Petenes, Campeche.

Literatura citada

- Allen, T., M. Jiménez y S. Villafranca. 2006. *Estructura y categorías tróficas de peces asociados a praderas de Thalassia testudinum (Hydrocharitales, Hydrocharitaceae) en el golfo de Cariaco, Estado de Sucre, Venezuela*. Investigaciones Marinas 34 (2): 125-136.
- Arceo-Carranza, D. y E. Vega-Cendejas. 2009. *Spatial and temporal characterization of fish assemblages in a tropical coastal system influenced by freshwater inputs: northwestern Yucatan peninsula*. Revista de Biología Tropical 57 (1-2): 89-103.
- Arceo-Carranza, D., E. Vega-Cendejas y M. Hernández de Santillana. 2012. *Day and night trophic variations of dominant fish species in a lagoon influenced by freshwater seep*. Journal of Fish Biology 82: 54-68.
- Ayala-Pérez, L.A., G.J. Terán-González, D. Flores-Hernández, J. Ramos-Miranda y A. Sosa-López. 2012. *Variabilidad espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la costa de Campeche, México*. Latin American Journal of Aquatic Research 40 (1): 63-78.
- Ayala-Pérez, L.A., O. Vasco-Villa y A. Sosa-López. 2014. *Evaluación de las asociaciones de peces*

- dominantes influenciadas por el ciclo nictemeral y la variación temporal en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México.* Ciencia UAT 9 (1): 33-43.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernández, A. Sosa-López y G.E. Martínez-Romero. 2015. *Ictiofauna marina y costera de Campeche*. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México, México. 520 pp.
- Fishbase, 2017. Fish base search. Consultado: 20-04-2017. En: <http://www.fishbase.org/search.php>
- Castillo-Rivera, M., R. Zárate y S. Ortiz. 2005. *Variación nictémica y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando*. Hidrobiológica 15 (2 Especial): 227-238.
- Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinoza-Pérez y J.J. Schmitter-Soto. 1999. *Ictiofauna estuarino lagunar y vicaria de México*. Colección Textos Politécnicos. Serie Biotecnologías, Limusa. México, D.F. 711 pp.
- Cervantes-Martínez, A. 2007. *El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatán*. Universidad de Quintana Roo, México. Teoría y Praxis 3: 143-152.
- Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. *Fichas FAO de identificación de especies para los fines de pesca*. Guía de campo de las especies comerciales marinas de aguas salobres de la costa septentrional del sur de América. CCE y NORAD. Roma. 513 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2006. *Programa de conservación y manejo Reserva de la Biósfera Los Petenes*. Dirección General de Manejo para la Conservación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México D.F., México. 203 pp.
- Corbalá, B., J. del Río y M.J. Dgarcía. 2007. *Diversidad, distribución y abundancia de moluscos en la Región de los Petenes*. Boletín Informativo Jaina 1 (17): 1-15.
- Day, J., M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia y B. Crump. 2012. *Estuarine Ecology*. Wiley-Blackwell. Nueva York, E.U. 568 pp.
- Espinosa, R. 2013. *Características del agua en dos potreros inundables del Humedal de la Mixtequilla, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México. México. 63 pp.
- Fischer, W. 1978. *FAO Species identification sheets for fishery purposes*. Western Central Atlantic. (Fishing area 31). FAO, Roma.

- Hammer O., A.T.D. Harper y P.D. Ryan. 2001. *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontología Electrónica* 4(1): 4-9.
- Hoeinghaus, D., C. Layman, D. Albrey y K. Winemiller. 2003. *Spatiotemporal variation in fish assemblage structure in tropical floodplain creeks*. *Environmental Biology of Fishes* 67: 379-387.
- Kobza, R.M., J.C. Trexler, W.F. Loftus y S.A. Perry. 2004. *Community structure of fishes inhabiting aquatic refuges in a threatened karst wetland and its implications for ecosystem management*. *Biological Conservation* 116: 153-165.
- Koranteng, K. 2001. *Structure and dynamics of a demersal assemblage on the continental shelf an upper slope off Ghana, West Africa*. *Marine Environmental Research* 220: 1-12.
- Kovach Computing Services. 2013. Multi Variate Statistical Package 3.22. Anglesey, Wales. Consultado: 10-01-2017. En: <https://www.kovcomp.co.uk/mvsp/mvspwbro.html>
- Landínez-García, R.M., S.P. Ospina-Guerrero, D.J. Rodríguez-Castro, R. Arango y E. Márquez. 2009. *Análisis genético de Lutjanus synagris en poblaciones del Caribe Colombiano*. *Ciencias Marinas* 4 (35): 321-331.
- Lara-Domínguez, A. L. y A. Yáñez-Arancibia. 1999. *Productividad secundaria, utilización de hábitat y estructura trófica*. pp. 153-166. En: Yáñez-Arancibia A. y A.L. Lara-Domínguez (Eds). *Ecosistemas de manglar en América Tropical*. Inst. Ecol. AC. México, UICN/HORMA Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 pp.
- Lara-Lara, J.R., V. Arenas, C. Bazán, V. Díaz, E. Escobar, M. García, G. Gaxiola, G. Robles, R. Sosa, L.A. Soto, M. Tapia y J.E. Valdez. 2008. *Los ecosistemas marinos*. pp. 135-159. En: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (eds.). *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México. 621 pp.
- Lugendo, B.R., A. De Groene, I. Cornelissen, A. Pronker, I. Nagelkerken, G. Van-der-Velde and Y.D. Mgaya. 2007. *Spatial and temporal variation in fish community structure of a marine embayment in Zanzibar, Tanzania*. *Hidrobiología* 58:1-16.
- MacDonald, B. 2011. *Análisis de la diversidad de las praderas de pastos marinos en la laguna Marino-costera de la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 93 pp.
- Muñoz-Rojas, S., L.A. Ayala-Pérez, A. Sosa-López y G.J. Villalobos-Zapata. 2013. *Distribución y abundancia de la comunidad de peces en la porción litoral de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México*. *Revista de Biología Tropical* 1 (61): 213-227.

- Nelson, J.S., 2016. *Fishes of the World*. John Wiley and Sons 5th Ed. Nueva York, E.U. 752 pp.
- Ramos, O.R., R. Sepúlveda y F. Villalobos. 2003. *El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis*. Plaza y Valdés. 210 pp.
- Systat Software, Inc. 2009. Systat 10.2. Consultado: 21-01-2017 En: <https://systatsoftware.com/contact/get-a-quote-on-systat-software-products/>
- Torres-Castro, I.L., M.A. Vega-Cendejas, J.J. Schmitter-Soto, G. Palacio-Aponte y R. Rodiles-Hernández. 2008. *Ictiofauna de sistemas cárstico palustres con impacto antrópico: Los Petenes de Campeche, México*. Revista de Biología Tropical 1-2 (57): 141-157.
- Villalobos-Zapata G.J. 2004. *Reservas de la Biósfera: Los Petenes y Ría Celestún*. 397-412 pp. En: Rivera-Arriaga E., G.J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (Eds.). *El Manejo Costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. México. 654 pp.
- Villalobos-Zapata, G.J., y J. Mendoza-Vega (Coord.) 2010. *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 pp.

Cita

Ciprés-Chávez A., L. A. Ayala-Pérez, G. R. Rojas-Rubio y A. Sosa López. 2017. Abundancia nictemeral de la comunidad de peces en la Reserva de la Biósfera “Los Petenes”, Campeche, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2017. Vol. 3 (2): 33-50.
<https://doi.org/10.18242/anpscripta.2017.03.03.02.0002>

Sometido: 25 de Abril de 2017

Revisado: 17 de Junio de 2017

Aceptado: 27 de Septiembre de 2017

Editor asociado: Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Idioma Inglés Abstract: Ms.C. Diana Dorantes

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández