

**Uso del hábitat por peces óseos juveniles en la
vegetación acuática sumergida de la Reserva de la
Biosfera los Petenes, Campeche**

Tesis que presenta

Aline Karen Sánchez Cruz

Para obtener el grado de

Maestro en Ciencias (Energía y Medio Ambiente)



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
METROPOLITANA UNIDAD
IZTAPALAPA**

**POSGRADO DE ENERGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**

**Uso del hábitat por peces óseos juveniles en la
vegetación acuática sumergida de la Reserva de la
Biosfera Los Petenes, Campeche**

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS
(ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE)**

PRESENTA:

Aline Karen Sánchez Cruz

Codirectoras:

Dra. Margarita Elizabeth Gallegos Martínez

Dra. Alfonsina Eugenia Romo Curiel

Asesor:

Dr. Francisco Javier López Rasgado

México C.D.M.X, 4 de junio de 2018

Co-directora:

Dra. Margarita Elizabeth Gallegos Martínez. Posgrado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Co-directora:

Dra. Alfonsina Eugenia Romo Curiel. Posgrado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Asesor:

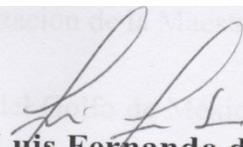
Dr. Francisco Javier López Rasgado. Centro de Investigaciones Costeras. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

El jurado designado por la
**Comisión Académica del Posgrado en Energía y Medio
Ambiente** de la Unidad Iztapalapa, aprobó la tesis que presento

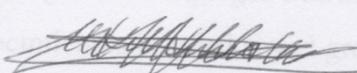
ALINE KAREN SÁNCHEZ CRUZ

El día 4 del mes de junio del año 2018

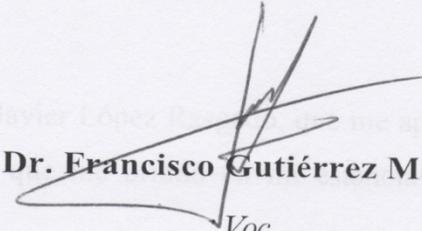
Miembros del Jurado


Dr. Luis Fernando del Moral Flores

Presidente


Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

Secretario


Dr. Francisco Gutiérrez Martínez

Voc

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt; Becario 738340) por el apoyo económico recibido para la realización de la Maestría en Energía y Medio Ambiente.

Al Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGOM) como parte del proyecto: Estado de salud, conservación y vulnerabilidad de los ecosistemas de pastos marinos del litoral del Golfo de México (Fondo SENER-CONACYT Hidrocarburos Proyecto No: 201441).

A mi co-directora de Tesis, Dra. Margarita E. Gallegos Martínez por adentrarme al mundo de los pastos marinos, así como sus conocimientos brindados y el gran apoyo. Muchas gracias.

A mi co-directora de Tesis, Dra. Alfonsina Eugenia Romo Curiel, gracias por la ayuda que me brindo en la planificación, realización y revisión en todos los aspectos de la tesis, que mejoraron el manuscrito.

A mi Asesor, Dr. Francisco Javier López Rasgado, que me apoyo en la realización y revisión de la tesis; así como la ayuda que me brindo en mi estancia en la UNICACH unidad Tonalá. Gracias.

A mis sinodales el Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz, el Dr. Francisco Gutiérrez Mendieta y el Dr. Luis Fernando del Moral Flores, por tomarse el tiempo en la revisión y sugerencias de la tesis. Muchas gracias.

Al posgrado de Energía y Medio Ambiente por el apoyo brindado como estudiante.

Agradezco a mis amigos y compañeros del Laboratorio de Pastos Marinos, así como a Andrés Jiménez e Iveth Valladolid, por su gran ayuda en los muestreos y la edición de las fotos del catálogo de peces, así como el procesamiento de muestras, y al M. en C. Marco Pérez, por la ayuda en la elaboración del mapa.

A mis amigos y compañeros del PEMA por las sugerencias y consejos que siempre me brindaron.

Dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Bertha.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre, Salvador.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre.

A mis hermanos.

A mi hermana Jesy por ser el ejemplo de una hermana perseverante y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles; a mi hermano Jesús por siempre cuidarnos y estar ahí siempre.

A mis amigos y amigas.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, sigamos siendo amigos: Diana, Betty, Itai, Laura y Adriana Elias por apoyarme y darme ánimo en todo momento, y por creer en mi.

¡Gracias a ustedes!

Índice general

Agradecimientos	III
Dedicatoria	IV
Índice general	V
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	X
Resumen	XII
Abstract	XIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
3. Objetivos	8
3.1. General	8
3.2. Específicos	8
4. Pregunta de investigación	8
5. Hipótesis	8
6. Metodología	9
6.1. Área de estudio	9
6.2. Trabajo de campo	9
6.3. Trabajo de laboratorio	11
6.4. Análisis de datos	12
6.4.1. Características generales de la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP ...	12
6.4.2. Índices ecológicos de la comunidad de peces óseos juveniles presentes en la VAS12	
6.4.3. Jerarquización de las especies con respecto a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia presentes en la VAS de la RBLP	14
6.4.4. Especies de importancia comercial	15
6.5. Análisis estadísticos	15
7. Resultados	17
7.1. Características de la vegetación acuática sumergida (VAS)	17
7.1.1. Porcentaje de cobertura de la VAS	17
7.1.2. Altura de los pastos marinos	19
7.2. Parámetros ambientales de la RBLP	21
7.2.1. Profundidad	21
7.2.3. Salinidad	23
7.2.4. pH	24

7.2.5.	Oxígeno disuelto	25
7.3.	Descripción de la comunidad de peces óseos juveniles presentes en la VAS de la RBLP	26
7.3.1.	Abundancia relativa de peces óseos juveniles.....	29
7.3.2.	Biomasa relativa de peces óseos juveniles.....	30
7.3.3.	Frecuencia de tallas	30
7.3.4.	Índices ecológicos de la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles	34
•	Diversidad alfa	34
•	Diversidad beta	35
7.3.5.	Estructura de la comunidad de peces óseos juveniles	36
7.3.6.	Jerarquización de las especies con respecto a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia presentes en la VAS de la RBLP	40
7.4.	Interacción de las características de la comunidad de peces óseos juveniles con relación en las condiciones físico-químicas de la VAS	42
7.5.	Descripción de las especies de peces óseos juveniles con valor comercial	44
7.5.1.	Abundancia relativa de las especies de importancia económica	45
7.5.2.	Relación de la distribución y abundancia de las especies de valor comercial con las condiciones físico-químicas de la VAS.....	46
8.	Discusión	50
8.1.	Parámetros ambientales de la RBLP	51
8.2.	Abundancia y biomasa relativa de peces óseos juveniles	53
8.3.	Frecuencia de tallas	55
8.4.	Atributos ecológicos de la estructura de la comunidad.....	55
8.5.	Estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP	57
8.6.	Interacción de las características de la comunidad de peces óseos juveniles con las condiciones físico-químicas de la VAS	58
8.7.	Especies de peces óseos juveniles con valor comercial en la RBLP	59
9.	Conclusiones	61
10.	Literatura citada.....	62
11.	Anexo	75
11.1.	Especies de peces óseos juveniles colectadas en la Reserva de la Biosfera los Petenes por transecto y temporada	75
11.2.	Fotos de especies de peces óseos identificadas de la Reserva de la Biosfera los Petenes	79
11.3.	Parámetros ambientales de la Reserva de la Biosfera los Petenes	90

Índice de figuras

Figura 1. a) Ubicación de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, dentro del Golfo de México. b) Localización de los puntos de muestreo a lo largo de la RBLP. Los cuadrados corresponden al transecto alejado de la costa (TA); los círculos al transecto intermedio (TI) y los rombos al transecto cercano a la costa (TC).	10
Figura 2. Diagrama de Olmstead-Tukey con categorías jerárquicas. Las líneas que definen los cuadrantes representan el porcentaje promedio de la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia de las especies.	15
Figura 3. Porcentaje de cobertura de la vegetación acuática sumergida durante la temporada de secas, lluvias y nortes en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. Temporadas: secas (S), lluvias (L) y nortes (N).	18
Figura 4. Altura de los pastos marinos (cm) para cada transecto y temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. a) <i>Thalassia testudinum</i> , b) <i>Syringodium filiforme</i> y c) <i>Halodule wrightii</i> . TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa.	20
Figura 5. Profundidad promedio para cada temporada y estación de muestreo de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. Transectos: TA (estaciones 1, 2 y 3), TI (estaciones 4, 5 y 6) y TC (estaciones 7, 8, 9, 10, 11 y 12).	22
Figura 6. Temperatura promedio (\pm desviación estándar) registrada por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).	23
Figura 7. Salinidad promedio (\pm desviación estándar) registrada por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).	24
Figura 8. Valores de pH promedio (\pm desviación estándar) registrados por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).	25
Figura 9. Valores de oxígeno disuelto promedio (\pm desviación estándar) registrados por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).	26
Figura 10. Abundancia relativa total y por temporadas, de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. TA: transecto alejado de la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Los valores representan promedios \pm desviación estándar.	29
Figura 11. Biomasa relativa total, temporal y por transecto de los peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. TA: transecto alejado de la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Los valores representan promedios \pm desviación estándar.	30

- Figura 12. Distribución de la frecuencia de tallas total y por temporadas de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche. 31
- Figura 13. Distribución de frecuencias de tallas de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos. 13a) Transecto alejado de la costa (TA); 13b) Transecto intermedio (TI) y 13c) Transecto cercano a la costa (TC)..... 33
- Figura 14. Agrupamiento de especies y abundancia de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche; a partir del análisis de a) Cluster y b) MDS, por transectos y temporadas, mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis. Temporada: secas (Sec), lluvias (Lluv) y nortes (Nor). Transectos: Transecto alejado de la costa (TA); Transecto intermedio (TI) y Transecto cercano a la costa (TC). 36
- Figura 15. Agrupamiento de especies de peces óseos juveniles por medio del análisis de a) Cluster y b) MDS, a partir del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis con datos de abundancia de los peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche. LMA: *L. maximus*, GPU: *J. pulchra*, CVA: *C. variegatus*, EAR: *E. argenteus*, LRH: *L. rhomboides*, HPL: *H. plumierii*, LPA: *L. parva*, EGU: *E. gula*, CAR: *C. arcifrons*, OCH: *O. chrysoptera*, SSC: *S. scovelli*, NUS: *N. usta*, MCL: *M. ciliatus*, SSP: *S. spengleri* y AQU: *A. quadricornis*..... 40
- Figura 16. Análisis de Componentes Principales (ACP) de los parámetros físico-químicos: temperatura (Tem), oxígeno disuelto (OD), pH (pH), salinidad (Sal) y profundidad (Prof). VAS cobertura: *Thalassia testudinum* (Tt cob), *Syringodium filiforme* (Sf cob), *Halodule wrightii* (HW cob), macroalgas (Al cob). Altura: *Thalassia testudinum* (Tt alt), *Syringodium filiforme* (Sf alt), *Halodule wrightii* (HW alt)..... 43
- Figura 17. Análisis canónico de correspondencias. Relación de la abundancia de peces por temporadas y transecto. Especies: *Lucania parva* (Lpa), *Eucinostomus gula* (Egu), *Lagodon rhomboides* (Lrh), *Orthopristis chrysoptera* (Och), *Monacanthus ciliatus* (Mcl), *Jordanella pulchra* (Gpu), *Sphoeroides spengleri* (Ssp), *Acanthostracion quadricornis* (Aqu), *Calamus arcifrons* (Car), *Syngnathus scovelli* (Ssc), *Nicholsina usta* (Nus), *Haemulon plumieri* (Hpl), *Lachnolaimus maximus* (Lma), *Cyprionodon variegatus* (Cva) y *Eucinostomus argenteus* (Ear). Parámetros físico-químicos: pH (pH), Salinidad (Sal) y profundidad (Prof). VAS cobertura: *Thalassia testudinum* (Tt cob), *Syringodium filiforme* (Sf cob). Altura: *Syringodium filiforme* (Sf alt), *Halodule wrightii* (HW alt). Estaciones: secas TA (Sec TA), secas TI (Sec TI). Secas TC (Sec TC), lluvias TA (LI TA), lluvias TI (LI TI), lluvias TC (LITC), nortes TA (Nor TA), nortes TI (Nor TI), nortes TC (Nor TC)..... 44
- Figura 18. Abundancia relativa total y por temporadas de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, con importancia económica. Valores promedio \pm desviación estándar. 46
- Figura 19. Agrupamiento de especies y abundancia de peces óseos juveniles de interés económico en la pesca regional de Campeche capturados en la Reserva de la Biósfera Los Petenes. Análisis de Cluster y MDS, por transectos y temporadas, mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis. Temporada: secas (Sec), lluvias

(Lluv) y nortes (Nor). Transectos: Transecto alejado de la costa (TA); Transecto intermedio (TI) y Transecto cercano a la costa (TC).	47
Figura 20. Análisis canónico de correspondencias de la abundancia de peces óseos juveniles por temporadas y transectos. Especies: <i>D. radiale</i> (Dra), <i>H. aurolineatum</i> (Har), <i>H. plumieri</i> (Hpl), <i>L. maximus</i> (Lma), <i>L. griseus</i> (Lgr), <i>L. synagris</i> (Lsy), <i>B. chrysoura</i> (Bch), <i>O. chrysoptera</i> (Och), <i>S. nephelus</i> (Sne), <i>S. spengleri</i> (Ssp), <i>S. foetens</i> (Sfo). Parámetros físico-químicos: pH (pH), Salinidad (Sal) y profundidad. VAS cobertura: <i>Thalassia testudinum</i> (Tt cob), <i>Syringodium filiforme</i> (Sf cob), Altura: <i>Syringodium filiforme</i> (Sf alt). Estaciones: secas TA (Sec TA), secas TI (Sec TI). Secas TC (Sec TC), lluvias TA (Ll TA), lluvias TI (Ll TI), lluvias TC (Ll TC), nortes TA (Nor TA), nortes TI (Nor TI), nortes TC (Nor TC).	48
Figura 21. Agrupamiento de abundancias de las especies de peces óseos juveniles de interés para la pesca regional de Campeche capturados en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche; a partir del análisis de MDS, por transectos y temporadas, mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis. a) <i>A. quadricornis</i> , b) <i>C. arctifrons</i> , c) <i>C. variegatus</i> , d) <i>E. argenteus</i> , e) <i>E. gula</i> , f) <i>J. pulchra</i> , g) <i>H. plumieri</i> , h) <i>L. maximus</i> , i) <i>L. rhomboides</i> , j) <i>M. ciliatus</i> , k) <i>N. usta</i> , l) <i>O. chrysoptera</i> y m) <i>S. spengleri</i> . Level stress de 0.14.....	49

Índice de tablas

Tabla I. Resultados del ANOVA de dos vías del porcentaje de cobertura vegetal de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos. Los datos fueron transformados ($\log V+ 1$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. SC: suma de cuadrados; g. l.: grados de libertad; CM: cuadrados medios.	18
Tabla II. Resultados del ANOVA de dos vías de la altura de los pastos marinos de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos. Los datos fueron transformados ($\log V+ 1$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. SC: suma de cuadrados; g. l.: grados de libertad; CM: cuadrados medios.	21
Tabla III Listado de las especies de peces óseos juveniles colectados en las temporadas de secas, lluvias y nortes en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. Longitud estándar (LE), intervalo de tallas mínimo y máximo, y desviación estándar (DE). Porcentaje de contribución de las especies (frecuencia y abundancia) a la comunidad de peces óseos juveniles.	26
Tabla IV. Valores promedio, y desviación estándar, de los atributos ecológicos de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, para cada transecto y temporada de muestreo. D_{Mg} riqueza de especies; H' índice de diversidad; D_{Si} índice de dominancia; J' índice de equidad; TA, transecto alejado de la costa; TI, transecto intermedio y TC, transecto cercano a la costa.	35
Tabla V. Análisis SIMPER de las especies que contribuyeron a la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, registrada por transecto durante la temporada de secas. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Las especies marcadas con negritas son aquellas que estuvieron presentes en los tres transectos.	37
Tabla VI. Análisis SIMPER de las especies que contribuyeron a la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, registrada por transecto durante la temporada de lluvias. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Las especies marcadas con negritas son aquellas que estuvieron presentes en los tres transectos.	38
Tabla VII. Análisis SIMPER de las especies que contribuyeron a la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, registrada por transecto durante la temporada de nortes. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Las especies marcadas con negritas son aquellas que estuvieron presentes en los tres transectos.	39
Tabla VIII. Clasificación de las especies de la comunidad de peces óseos juveniles total de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos con respecto a la frecuencia relativa y a la abundancia total.	41

Tabla IX. Tabla de eigenvalores del Análisis de Componentes Principales de los parámetros físico-químicos y la vegetación acuática sumergida de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche.....	43
Tabla X. Especies de peces óseos de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, usadas en la pesca comercial y multiespecífica artesanal dentro de la RBLP. Información obtenida de la Carta Nacional Pesquera.	45
Tabla XI Listado de las especies de peces óseos juveniles colectados por transectos y temporadas de secas, lluvias y nortes en la Reserva de la Biósfera de los Petenes, Campeche. TA: transecto alejado de la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. ...	75
Tabla XII. Promedio de los parámetros hidrológicos (desviación estándar) en la Reserva de la Biosfera los Petenes, por transecto y temporada de muestreo; TA, transecto alejado de la costa; TI, transecto intermedio y TC, transecto cercano a la costa.....	90

Resumen

La Reserva de la Biosfera los Petenes (RBLP) cuenta con hábitats costeros con vegetación acuática sumergida (VAS), como macroalgas y praderas de pastos marinos, la cual es la más extensa y mejor conservada del Golfo de México. El uso preferencial de este tipo de vegetación, por peces e invertebrados durante las etapas tempranas de su ciclo de vida, se debe a que en él se llevan a cabo diferentes funciones ecológicas además que sirven de refugio, alimentación y las condiciones necesarias para aumentar el reclutamiento de juveniles de las poblaciones de adultos, principalmente de especies con importancia ecológica y/o económica. El objetivo de este trabajo fue determinar el uso de hábitat de los peces óseos juveniles en la VAS de la RBLP, Campeche. Se realizaron muestreos durante las temporadas de secas, lluvias y nortes del 2016, en 12 puntos a lo largo de la reserva, los cuales fueron clasificados en tres transectos: cercano a la costa (TC), intermedio (TI) y alejado de la costa (TA). Las muestras se obtuvieron a partir de arrastres con trineo de 2 m de abertura de boca y luz de malla de 32 mm. Se recolectaron 5,505 peces óseos, de los cuales 4,271 individuos fueron juveniles, pertenecientes a 23 familias y 55 especies. La especie más abundante fue *Eucinostomus gula* (1,452 ind). La mayor abundancia relativa se observó en la temporada de lluvias y en TI; la mayor biomasa relativa se registró durante la época de secas y espacialmente en TI. Se estimó una riqueza de $DMg: 1.72 (\pm 0.28)$, diversidad de $H': 1.85 (\pm 0.32)$ y una equidad de $J': 0.70 (\pm 0.10)$. El análisis de correlaciones canónicas mostró una relación entre la abundancia, diversidad y características de las especies colectadas con la vegetación presente y los parámetros ambientales como pH, salinidad y profundidad, así como las agrupaciones por transecto y temporada, por lo que indica que la VAS es un hábitat esencial para un alto porcentaje de las especies que se capturan en la pesquería regional de Campeche. Por ello, es fundamental y oportuno establecer pautas de manejo y conservación de este tipo de ecosistemas costeros.

Palabras clave: pastos marinos, macroalgas, hábitat esencial, peces óseos juveniles, comunidades.

Abstract

The Petenes Biosphere Reserve (RBLP) has coastal habitats with submerged aquatic vegetation (SAV), such as macroalgae and seagrass beds, which is the largest and best conserved in the Gulf of Mexico. The preferential use of this type of vegetation by fish and invertebrates during the early stages of their life cycle is due to the fact that in this environment different ecological functions are carried out and provide shelter, food and the necessary conditions to increase the recruitment of juveniles to adult populations, mainly of species with ecological and / or economic importance. The aim of this study was to determine the habitat use of juvenile bony fishes in the VAS of the RBLP, Campeche. Samplings were conducted during the dry, rainy and northeastern seasons of 2016, at 12 points along the reserve, which were classified into 3 transects: near the coast (TC), intermediate (TI) and far from the coast (TA). The samples were obtained from beam trawl of 2m long and a mesh size of 32mm. 5,505 bone fish were collected, of which 4,271 were juveniles; belonging to 23 families and 55 species. The most abundant species was *Eucinostomus gula* (1452 ind). The highest relative abundance was observed in the rainy season and in IT; the highest relative biomass was registered during the dry season and spatially in IT. We estimated a DMg richness: 1.72 (\pm 0.28), diversity of H: 1.85 (\pm 0.32) and an equity of J: 0.70 (\pm 0.10). The analysis of canonical correlations showed a relationship between the abundance, diversity and characteristics of the species collected with the present vegetation and environmental parameters such as pH, salinity and depth; as well as the groups by transect and season; so it indicates that the VAS is an essential habitat for a high percentage of the species that are caught in the regional fishery of Campeche. Therefore, it is fundamental and timely to establish management and conservation guidelines for this type of coastal ecosystem.

Key words: seagrasses, macroalgae, essential habitat, juvenile bony fishes, communities.

1.Introducción

La vegetación acuática sumergida (VAS) son plantas vasculares que se encuentran sumergidas en la zona litoral costera (Gallegos, 2010). La composición y distribución de la VAS depende de los intervalos de tolerancia de cada una de las especies a los parámetros físico-químicos como la salinidad, temperatura, intensidad de luz, entre otros factores ambientales (Lara-Domínguez, 2005; Ballanune et al., 2010; Gallegos, 2010). La VAS está constituida por poblaciones monoespecíficas y mixtas de diferentes especies de macroalgas y pastos marinos (Gallegos, 2010). Las macroalgas son organismos poco complejos y, aunque realizan fotosíntesis, no poseen un sistema radicular. Su composición, distribución y abundancia están regulados en mayor medida por la profundidad, el tipo de nutrientes y su disponibilidad en la columna de agua (Durán y Méndez, 2010). En cambio, los pastos marinos son plantas más complejas debido a que son las únicas plantas marinas sumergidas con una raíz subterránea, hojas, rizoma, flores, frutos y semillas; estas plantas tienen la capacidad de reproducirse de manera asexual (produciendo unidades modulares) o sexual (produciendo frutos y semillas o semillas vivíparas) (Kuo y Kirkman, 1987; Durán y Méndez, 2010). Ambos tipos de reproducción son estrategias que les proporcionan una ventaja evolutiva para crecer en entornos donde hay perturbaciones temporales imprevisibles (Short et al., 2007). La VAS se considera como uno de los ingenieros en el ecosistema ya que reduce la velocidad de las corrientes, modifica las características del sedimento y la altura de la columna de agua (Koch, 2001). Otro servicio ecosistémico que proporciona es la disminución de la concentración total de sólidos suspendidos, lo cual aumenta la disponibilidad de la luz, el crecimiento de los pastos y, por ende, hay un incremento en el asentamiento de esporas de algas y larvas de una gran variedad de peces e invertebrados, lo que da como resultado una mayor diversidad de especies (Koch, 2001; Ballanune et al., 2010).

Las funciones ecológicas de la VAS son fundamentales para el mantenimiento del ecosistema como tal, ya que son productores primarios de una gran cantidad de materia orgánica, y muchas especies marinas dependen directa o indirectamente de estos ambientes para obtener su alimento y refugio (Odum y Heald, 1972; Koch, 2001). Así mismo, estas praderas proveen de una cantidad de servicios ecológicos entre las cuales es posible mencionar que: 1) son hábitat para juveniles y adultos de muchas especies de peces con importancia económica; 2) son hábitat de crianza para

especies arrécifales de importancia ecológica, económica y de ornato; y 3) son sitios de alimentación y refugio para los adultos de algunas especies que se trasladan de un lugar a otro, ya que las hojas les permiten ocultarse de sus depredadores (Eckert y Grobois, 2001; Lara-Domínguez, 2005). Con base en ello, los pastos marinos son considerados como un hábitat esencial (HEP; por sus siglas en inglés) para un gran número de especies de peces óseos (Lara-Domínguez, 2005; López y Brule, 2007). Sin embargo, los pastos marinos tienen un alto nivel de interdependencia ecológica, por lo que una alteración en el ecosistema por fenómenos naturales y actividades antrópicas, tienen un efecto negativo en los ecosistemas adyacentes (Eckert y Grobois, 2001).

El uso preferencial de la VAS durante las etapas larvarias y juveniles de algunas especies de peces e invertebrados marinos, sugiere que en estos ecosistemas se llevan a cabo procesos que aumentan la aptitud (fitness) de los individuos que los habitan en comparación con aquellos que se distribuyen en zonas costeras abiertas (López-Rasgado, 2006). Algunos de estos procesos son: la presencia de aguas cálidas y poco profundas; una alta abundancia de alimento; menor riesgo de depredación por la complejidad estructural del hábitat, ya que proveen condiciones necesarias para que los peces lleven a cabo su reproducción, crianza, alimentación y crecimiento (Nagelkerken, I. et al. 2000a, b; Laegdsgaard y Johnson, 2001; Blaber, 2007).

A nivel poblacional, la fase larval y juvenil, son estadios de gran importancia en el ciclo de vida de los peces, dada la distribución que presentan, ya que la mayoría son reclutas que se integran a la población de adultos (Chicas, 2001). De igual manera, estas etapas son susceptibles a ciertos factores bióticos y abióticos que reducen su supervivencia, tales como la depredación, disponibilidad de alimento y espacio, la variabilidad ambiental, contaminación y fragmentación del hábitat (Ramírez et al., 1990; Chicas, 2001).

Los hábitats de crianza son definidos como aquellos hábitats que contribuyen en un mayor promedio de individuos a la población adulta (alto reclutamiento), por unidad de área, en comparación con los hábitats utilizados por juveniles (Beck et al., 2001). Estos deben reclutar mayores individuos a los hábitats de los adultos con cualquiera de las combinaciones de estos cuatro factores: (1) densidad, (2) crecimiento, (3) supervivencia de juveniles y (4) reclutamiento hacia los hábitats de adultos los cuales permite que algunas especies colonicen nuevos ambientes (Molina, 1996; Dominici et al., 2000; Beck et al., 2001; Dethier et al., 2003). Los desplazamientos entre hábitats son interpretados como una forma de supervivencia, o como

movimientos facultativos, que involucran la selección de un hábitat específico por cada una de las especies (Herzka, 2005). Otro factor importante es la combinación de las variables fisicoquímicas, ya que permiten obtener una caracterización sobre los patrones de ensamblaje de peces y las tendencias en la composición de la comunidad (Vega-Cendejas y Hernández de Santillana, 2004).

2. Antecedentes

Se han realizado diferentes esfuerzos para evaluar la importancia de la VAS sobre las comunidades de peces óseos juveniles, dada la importancia ecológica y económica de estos ecosistemas como áreas de crianza y/o hábitat esencial para diferentes especies. Nagelkerken et al. (2001) realizaron un estudio en la isla de Curazao, en las Antillas, donde compararon la fauna íctica de 11 bahías interiores clasificadas en cuatro tipos de hábitats: (1) presencia de praderas de pastos marinos en bahías con manglares, (2) praderas de pastos marinos en bahías que carecen de manglares, (3) marismas en las bahías con presencia de manglares y pastos marinos, y (4) marismas en las bahías que carecen por completo de manglares y pastos marinos. Considerando algunas diferencias en las variables del hábitat y la influencia humana entre las bahías, estos autores describieron una alta similitud en la fauna de peces entre hábitats. Sin embargo, encontraron una mayor abundancia y riqueza juveniles en bahías con presencia de praderas de pastos marinos y en el hábitat de marismas con presencia de manglares y pastos marinos; concluyen que las especies utilizan estos ambientes como guarderías de juveniles antes de que migren a los arrecifes.

Martinho et al. (2007) hicieron una evaluación del estuario del río Mondego en Portugal, para determinar si dicho hábitat era utilizado como área de crianza por las especies de peces marinos. Estos autores encontraron que la distribución de las especies variaba en función de los cambios estacionales, y que las mayores densidades de juveniles de varias especies estuvo en función de las características físicas de la laguna y la disponibilidad de alimento. Con base en las altas densidades de especies juveniles, los autores sugieren que la laguna es un área de crianza solo para algunas especies, y que tiene un papel ecológico importante en el mantenimiento de las poblaciones que son explotadas por la pesca regional.

Giraldo et al. (2008) hicieron una evaluación en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, localizado en el caribe continental colombiano. Este parque tiene grandes extensiones de pastos marinos y manglar, condiciones que contribuyen a mantener una gran cantidad de peces arrecifales. A partir de censos visuales y de la valoración de la complejidad del hábitat en tres localidades, registraron un mayor porcentaje de peces juveniles de arrecifes que de peces residentes (88.5% en manglares y 65% en pastos marinos). Estos autores reportaron una mayor densidad de juveniles en los manglares insulares, lo que dio una

correlación significativa con la distancia al arrecife de coral y la estructura del hábitat, una mayor disponibilidad de refugio y un alto potencial del parque como hábitat esencial (HE).

En la península de Yucatán, México, se han realizado diversos estudios sobre la presencia de peces óseos juveniles y adultos en las praderas de *Thalassia testudinum*, la cual presenta condiciones óptimas para albergar una gran cantidad de especies de peces. Ordoñez-López y García-Hernández (2005) y García-Hernández et al. (2009) analizaron las comunidades de peces juveniles distribuidas en la laguna Yalahau, Quintana Roo. Durante estos estudios fueron recolectados 7,234 peces, identificaron 85 especies de 39 familias. La diversidad y equidad de las especies fueron más altas durante la época de nortes, sin diferencias significativas entre sitios o temporadas de muestreo, por lo que determinaron que la composición y abundancia están relacionadas con el hábitat y la temporada de desove de cada especie. Sin embargo, las variaciones de los ensamblajes de peces dependieron de los factores abióticos, que están regidos por las características de cada temporada climatológica. Ambos estudios, concluyeron que las praderas de *Thalassia testudinum* de la laguna soportan una gran diversidad y abundancia de peces marinos juveniles, ya que las praderas son utilizadas como áreas de alimentación y refugio. Por lo que resaltaron la importancia de proteger este tipo de hábitats para la conservación de la diversidad de peces marinos en la región noreste de la península de Yucatán. López-Morales et al. (2007) hicieron un análisis espacio-temporal de los ensamblajes de peces que habitan las praderas de pastos marinos durante la temporada de nortes, secas y lluvias en tres sitios de esta laguna. Encontraron que los valores de diversidad y equidad, fueron más altos durante la época de nortes. Sin embargo, al comparar los atributos de la comunidad íctica entre sitios y temporadas de muestreo, no identificaron diferencias significativas.

En la parte norte de la península de Yucatán, Vega-Cendejas y Hernández de Santillana (2004) analizaron el gradiente de salinidad para determinar si éste influía en las asociaciones de los peces en la laguna costera Río Lagartos. Esta laguna se caracteriza por la presencia de algas, manglar de borde y por presentar una alta salinidad (55 ups) durante la mayor parte del año. Estos autores identificaron 81 especies de peces, de las cuales 8 representaron el 53.1% de la comunidad, encontraron que la riqueza y densidad de especies disminuyó desde la boca de la laguna hasta la zona interna, donde las condiciones de salinidad son extremas y las interacciones disminuyeron. Sin embargo, en la cuenca y en la entrada de la laguna, donde la salinidad fue menor, observaron la mayor densidad de peces y riqueza de especies. Estos autores concluyeron

que las diferencias espaciales de la íctiofauna son atribuidas al reclutamiento selectivo del Golfo de México, debido al gradiente de salinidad y a los cambios climáticos.

En la Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP), Torres-Castro et al. (2008) desarrollaron un estudio sobre la composición, distribución y abundancia de la íctiofauna en la región de los Petenes (noroeste de Campeche). Identificaron 27 especies de peces pertenecientes a 8 familias. La especie dominante fue *Astyanax* (híbridos *aeneus* y *altior*). Encontraron la presencia de dos grupos de especies dentro de cada petén: los que son de aguas permanentes (manantial principal, arroyo) y sitios temporales (manantiales secundarios, que se secan en invierno). Concluyeron que la distribución de los peces está influenciada por los parámetros ambientales, y que estas áreas requieren un plan de manejo para evitar la pérdida de refugios acuáticos para la comunidad íctica. Ayala-Pérez et al. (2012) describieron y analizaron los patrones de variación espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad íctica en el sector occidental de la costa de Campeche. Identificaron 94 especies pertenecientes a 38 familias. La especie más importante fue *Cathorops aff. melanopus*. Dichos autores demostraron que la asociación de la abundancia de las especies dominantes está directamente influenciada por los parámetros ambientales. Muñoz-Rojas et al. (2013) realizaron un estudio sobre distribución y abundancia de la comunidad de peces adultos e hicieron una descripción de la diversidad en el litoral costero. En total, identificaron 46 especies de 34 géneros y 23 familias. Ocho de estas especies fueron de importancia económica, especialmente *Lagodon rhomboides* y *Haemulon plumierii*. Encontraron cuatro asociaciones de peces con respecto a los factores ambientales medidos: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y sólidos disueltos. Estos autores concluyeron que la RBLP tiene una alta diversidad de hábitats y su comunidad de peces ha desarrollado diferentes estrategias para utilizarlos. Ayala-Pérez, et al. (2014), analizaron las asociaciones de los peces dominantes de manera temporal (secas, lluvias y nortes) y nictimeral (día y noche). El área de estudio se localiza en la región central de la RBLP. Capturaron 10,602 organismos, de los cuales identificaron 44 especies, pertenecientes a 33 géneros y 23 familias; 14 especies resultaron dominantes, destacando *Haemulon plumierii*. Determinaron una relación entre la abundancia de *Eucinostomus gula*, *Acanthostracion quadricornis* y *Haemulon aurolineatum*, con respecto a la salinidad y al pH. En la época de lluvias, hubo una asociación entre la presencia de *Lagodon rhomboides* con el oxígeno disuelto. Estos autores, concluyeron que la reserva es un hábitat crítico para muchas especies de peces que desarrollan actividades de alimentación, protección, crianza y refugio

temporal con características particulares de abundancia, diversidad y distribución en espacio y tiempo. En esta misma reserva natural, Toro-Ramírez et al. (2017) describieron las variaciones ambientales y los cambios en la abundancia y diversidad de la ictiofauna de manera temporal y nictimeral. Encontraron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre temporadas, pero no entre el día y la noche. Identificaron 31 especies distribuidas en 17 familias. Clasificaron 12 especies dominantes siendo las más abundantes *Haemulon plumierii*, *Lagodon rhomboides*, *Orthopristis chrysoptera* y *Eucinostomus gula*. Las mayores abundancias fueron registradas durante la época de nortes y las menores en la temporada de secas. Las especies dominantes se asociaron en dos grupos con respecto a las horas del día y la noche, y con la variabilidad ambiental. Estos autores llegaron a la conclusión de que los movimientos identificados en las comunidades de peces corresponden principalmente a la variabilidad ambiental. Aún con todos estos esfuerzos por conocer la composición de la comunidad de peces óseos de la reserva, todavía se desconoce cuáles de estas especies que ya han sido identificadas dentro de la reserva, utilizan la VAS como área de crianza, por lo que es importante generar el conocimiento base para identificar cuales especies en estadios tempranos se encuentran en esta zona, si la cobertura vegetal y los parámetros fisico-químicos tienen una influencia en su presencia dentro del ecosistema y, por ende, en la estructura de la comunidad.

3. Objetivos

3.1.General

Determinar el uso del hábitat por los peces óseos juveniles en la vegetación acuática sumergida de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche.

3.2.Específicos

- Identificar las especies de peces óseos en estadio juvenil que habitan en la VAS de la RBLP.
- Definir los atributos ecológicos, la distribución y la abundancia espacio-temporal de la comunidad de peces óseos juveniles que habitan en la VAS de la RBLP.
- Relacionar la distribución y la abundancia de las especies de peces óseos juveniles identificadas con respecto a las condiciones físicoquímicas y la VAS de la RBLP.
- Identificar cuáles especies de importancia comercial regional utilizan la VAS como hábitat esencial.

4. Pregunta de investigación

¿Cuál es el uso de hábitat que le dan las especies de peces óseos juveniles a la vegetación acuática sumergida de la Reserva de la Biosfera Los Petenes?

5. Hipótesis

La diversidad y abundancia de las especies de peces óseos juveniles que habitan la RBLP presentan una variación espacial y temporal en función de la composición de la vegetación acuática sumergida y la variabilidad de los parámetros ambientales. Dada la abundancia de especies de peces óseos en estadio juvenil, la VAS es considerada como un hábitat de crianza para especies con importancia ecológica y económica.

6. Materiales y métodos

6.1. Área de estudio

La RBLP se localiza en la zona norte del estado de Campeche y sureste del Golfo de México (Fig. 1). Al norte limita con la Reserva de la Biosfera Ría Celestún y el Golfo de México; al oeste con el Golfo de México; al este colinda con las cabeceras municipales de Tenabo, Hecelchakan y Calkini; y al sur con la ciudad de San Francisco de Campeche (Fig. 1). En el 2004, esta reserva fue declarada como sitio RAMSAR reconociéndose su valor como humedal internacional (Villalobos-Zapata, 2004).

La RBLP forma parte de una planicie costera tropical, calcárea, con afloramientos de manto freático con dimensiones de 15 km de ancho y 100 km de longitud. Tiene una intensa dinámica con el mar por el drenaje subterráneo y la influencia mareal. La reserva se localiza en la región hidrológica 32 que pertenece a la cuenca hidrológica Yucatán norte (Muñoz-Rojas et al., 2013). Es básicamente una ciénega salina especial, de inundación constante, que permite la existencia de diversos tipos de humedales marinos y costeros. La característica más notable de esta área natural protegida (ANP) es la presencia de “petenes”, los cuales son islas de vegetación arbórea que se desarrollan alrededor de cuerpos de agua; el término petén proviene del vocablo maya pet que significa redondo o circular; sólo se localizan en la península de Yucatán, Cuba y la península de la Florida (Muñoz-Rojas et al., 2013). Otra característica importante de la RBLP es la presencia de praderas de pasto marino, la cual es la más extensa y mejor conservada en el sur del Golfo de México (CONANP, 2006). Los diferentes ambientes con los que cuenta la reserva conforman una unidad biogeográfica única, con una gran importancia ecológica, biológica y económica debido a su alta diversidad de flora y fauna (Corbalá et al., 2007).

6.2. Trabajo de campo

La colecta diurna de peces óseos juveniles se realizó durante el ciclo anual del 2016 en 12 estaciones localizadas a lo largo de la RBLP. Los meses de muestreo fueron abril, agosto y noviembre, para tener representadas la época de secas (noviembre a abril), lluvias (mayo a octubre) y nortes (noviembre a febrero). Los 12 sitios de muestreo fueron divididos en tres transectos paralelos a la costa: transecto cercano a la costa (TC), transecto intermedio (TI) y el transecto alejado de la costa (TA; Fig. 1).

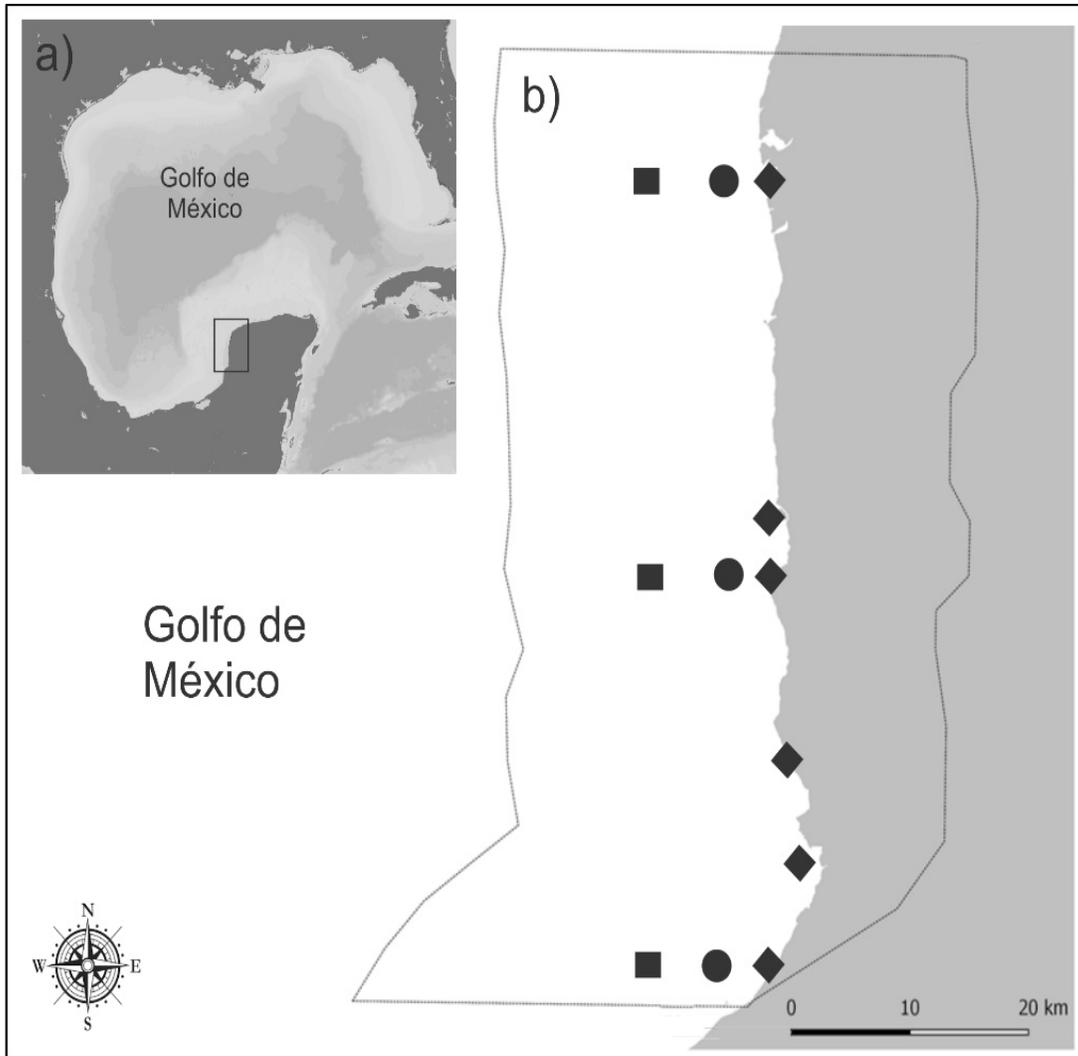


Figura 1. a) Ubicación de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, dentro del Golfo de México. b) Localización de los puntos de muestreo a lo largo de la RBLP. Los cuadrados corresponden al transecto alejado de la costa (TA); los círculos al transecto intermedio (TI) y los rombos al transecto cercano a la costa (TC).

La colecta de peces se llevó a bordo de una embarcación menor de 5 a 7 m de largo, equipada con motor fuera de borda de 75 a 150 caballos de fuerza. Se realizaron arrastres con un trineo de red de arrastre con patines. Por sus características, este tipo de muestreo tiende a ser selectivo de peces con tallas pequeñas. En cada punto de muestreo se realizó un arrastre con dos réplicas. Los tres arrastres se hicieron a una distancia de 100 m entre cada uno, lo más alejado posible del área de disturbio (transecto anterior), yendo siempre en dirección contraria a la corriente de marea para que la red se abriera con facilidad. Dependiendo de la profundidad de cada punto de muestreo, se utilizaron dos tamaños de red con una luz de malla de 32 mm y 2 m de largo; en las zonas someras, menores a 1.5 m de profundidad, se utilizó la red con 1m de ancho de boca y para las zonas profundas (mayores a 1.5 m) se usó una red con ancho de boca de

2 m. La velocidad de arrastre fue de 5 km/h en transectos de 100 m a 500 m de distancia, dependiendo de la abundancia de la captura de peces y vegetación observada durante el arrastre de prospección realizado en cada punto.

En cada uno de los arrastres se anotó la posición geográfica, la hora, así como el tiempo inicial y final. Al concluir cada arrastre, la captura fue vertida en cubetas, se seleccionaron los peces y fueron almacenados en bolsas de plástico según las tallas. Cada bolsa con muestras fue etiquetada con los datos del transecto y fueron colocadas en hielo para su transporte. Posteriormente todas las muestras fueron congeladas y transportadas al laboratorio para su procesamiento.

En cada punto de muestreo se midió la profundidad con un profundímetro (cm), se midieron los parámetros físico-químicos del agua con una sonda multiparamétrica YSI85 (± 0.1): temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, oxígeno disuelto (%) y pH. Así mismo, en cada estación se identificaron las especies de vegetación presentes (pastos y algas), se estimó el porcentaje de cobertura por especie de pasto en un área de 0.5 m^2 . En cada punto de muestreo se utilizó un nucleador de acero inoxidable de 21 cm de diámetro interno y 42 cm de largo para tomar muestras de vegetación y medir la altura de los pastos. Las muestras se lavaron en el sitio con precaución para evitar el daño en los vástagos, fueron colocadas en bolsas de plástico, etiquetadas y congeladas para su posterior análisis en el laboratorio.

6.3. Trabajo de laboratorio

Todos los individuos colectados fueron identificados a nivel de especie, a partir de literatura especializada y guías de identificación para el Golfo de México y el caribe, la identificación se hizo con base en las características físicas y morfológicas de los organismos (Hoese y Moore, 1998; Carleton et al., 1999 y Kells y Carpenter, 2011). De cada individuo recolectado se tomó la longitud total (LT; cm) y longitud estándar (LE; cm) con una cinta métrica, y el peso (gr) se midió con una balanza granataria (Velab-500).

Con respecto a la vegetación acuática sumergida, se determinó la longitud (cm) de las hojas de las especies de pastos marinos presente, desde la inserción en el rizoma hasta el meristemo de crecimiento de las hojas enteras, esto con una cinta métrica (1mm de precisión).

6.4. Análisis de datos

6.4.1. Características generales de la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP

La abundancia relativa espacio-temporal ($\text{ind}/100 \text{ m}^2$) se calculó a partir del área barrida con el arte de pesca y el ancho de abertura de la red (Sparre y Venema, 1995):

$$A = DX^2$$

donde A es el área, D es la distancia barrida y X la apertura de la red.

La biomasa relativa espacio-temporal ($\text{g}/100 \text{ m}^2$) se calculó a partir del área barrida con el arte de pesca y el ancho de la abertura de la red:

$$B = \frac{P}{A}$$

donde P es peso total y A el área muestreada.

Para evaluar la estructura de tallas de la comunidad de peces óseos juveniles se generó una distribución de tallas de la longitud estándar, por temporada y transecto con intervalos de talla de 5 mm.

6.4.2. Índices ecológicos de la comunidad de peces óseos juveniles presentes en la VAS

Una vez identificadas las especies que conforman la comunidad de peces óseos juveniles, se comparó la estructura de la comunidad entre temporadas.

Los atributos ecológicos estimados para la comunidad de peces óseos juveniles fueron los siguientes:

Diversidad alfa

Se refiere a la diversidad de especies de una comunidad en particular a la que se considera homogénea, el cálculo se hizo a partir de la riqueza y abundancia relativa de las especies (Moreno, 2001; DuBrin, 2003; Carmona-Galindo y Carmona, 2013).

Índice de riqueza específica

La riqueza específica es una estimación de la biodiversidad tomando en cuenta el número de especies presentes, sin considerar el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001; Smith y Smith, 2004).

Índice de diversidad de Margalef (D_{Mg})

Con este índice se hace una transformación del número de especies presentes en una muestra a una porción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Moreno, 2001):

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

donde S es el número de especies y N el número total de individuos.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')

Se basa en la riqueza de especies y su abundancia. Con este índice se hace una relación entre dos factores de una comunidad: el número de especies presentes y su abundancia relativa. También mide el grado de incertidumbre al predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Smith y Smith, 2004). Considerando que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. El valor mínimo puede aproximarse a 0, sin embargo el valor máximo no está determinado a un límite. El valor (H) aumenta por una de dos razones: 1) un aumento en la riqueza de especies, y/o 2) un aumento en la equitatividad de la representación de la abundancia relativa de especies. (Moreno, 2001; Carmona-Galindo y Carmona, 2013; Campo y Duval, 2014):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

donde p es la porción de individuos en el total de las muestras que pertenece a la especie i .

Índice de dominancia

Este índice toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Índice de equidad de Pielou (J')

Es el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Cálculo de la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001; Campo y Duval, 2014;). El valor varía entre 0 y 1; donde 0 representa baja equitatividad (o alta dominancia por pocas especies) y 1 equivale al total de la equitatividad en la representación de individuos de cada especie detectada en el muestreo (Carmona-Galindo y Carmona, 2013):

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

donde H'_{max} es $\ln(S)$, S es número total de especies.

Diversidad beta

Whittaker (1975) definió la diversidad beta como “la magnitud del cambio o el grado de diferenciación en la composición entre un conjunto de muestras, la división de gradiente de hábitats entre las especies, expresa un tipo de distancia ecológica”, “el grado en el cual las muestras difieren una de otra en la composición de especies debido a su separación en un gradiente ambiental, o por otros factores” (Halffter et al., 2005). En pocas palabras es el cambio de remplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje.

Índices de recambio (o reemplazo) de especies

Estos índices cuantifican la diferencia en la composición de especies (diversidad alfa) entre comunidades (hábitats). Se basa en datos cualitativos (presencia-ausencia de las especies) (Martella et al., 2012).

Índice de Whittaker

Es un estimador de la variación en la composición de especies entre diferentes áreas de una diversidad alfa en particular (Martella et al., 2012):

$$\beta = (S/\alpha) - 1$$

donde S es el número de especies registradas en el sistema y α el número promedio de especies registradas en las muestras. Cuanto mayor es el índice β mayor es la diferencia (recambio de especies) en las comunidades (o hábitats) comparadas.

6.4.3. Jerarquización de las especies con respecto a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia presentes en la VAS de la RBLP

El nivel de contribución de cada una de las especies en la estructura de la comunidad se evaluó a partir de la prueba de asociación de Olmstead-Tukey, la cual indica el nivel de dominancia de las especies a partir su jerarquización (Fig. 2; Sokal y Rohlf, 1997). La contribución de cada especie se estimó a partir de la relación entre el promedio de la frecuencia de ocurrencia relativa (eje X) y el promedio de abundancia relativa de cada especie (eje Y). Este análisis establece una clasificación ecológica y cuantitativa de las especies a partir de las siguientes categorías:

A) Dominante: Especies con valores de abundancia y frecuencia relativa superiores a la media aritmética para ambos parámetros.

B) Frecuentes: Especies con abundancia superiores a la media aritmética y cuya frecuencia relativa de aparición es superior a la media aritmética correspondiente.

C) Ocasionales: Especies cuya abundancia relativa es mayor que la media aritmética correspondiente y la frecuencia relativa de aparición es inferior a la media aritmética.

D) Raras: Especies cuyos valores de abundancia y frecuencia relativa de ocurrencia son menores que sus respectivas medias aritméticas.

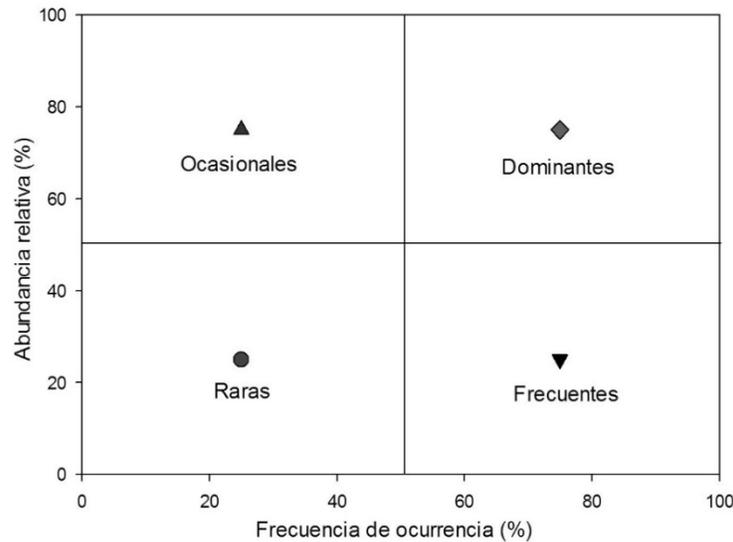


Figura 2. Diagrama de Olmstead-Tukey con categorías jerárquicas. Las líneas que definen los cuadrantes representan el porcentaje promedio de la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia de las especies.

6.4.4. Especies de importancia comercial

Las especies de valor comercial fueron identificadas de acuerdo a la información proporcionada en la Carta Nacional Pesquera (INAPESCA, 2012) y en la base de datos de peces electrónica FishBase (Froese y Pauly, 2017).

6.5. Análisis estadísticos

Para comparar la abundancias relativa, biomasa relativa, los atributos ecológicos de la comunidad íctica y los parámetros físico-químicos de la pradera se utilizó un ANOVA de 2 vías ($\alpha = 0.05$), utilizando como factores independientes los transectos y temporadas. Posteriormente se realizó una prueba post hoc de Tukey, para observar las diferencias entre las medias de cada variable (Zar, 1999). En todos los caso se comprobó previamente la normalidad y homogeneidad de varianzas en los datos, a partir de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene (Clifford et al., 2008). Cuando los datos no cumplieron con estos supuestos fueron transformados a $\log(V+1)$ para estandarizar las varianzas.

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kolmogorov- Smirnov para identificar diferencias significativas en la distribución de frecuencia de tallas en la comunidad de peces óseos juveniles entre temporadas y transectos (Zar, 1999).

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para extraer las variables que explicaran mejor la presencia de las especies de peces óseos juveniles. Los eigenvalores que se tomaron en cuenta para el análisis fueron aquellos >0.71 y >-0.71 , los cuales son considerados como excelentes estimadores (Tabachnik y Fidell, 1989). Posteriormente, con los datos obtenidos de los factores físico-químicos y la VAS, se realizó un análisis canónico de correspondencias (ACC), para conocer cuales variables ambientales (temperatura, salinidad, pH, profundidad y oxígeno disuelto), la cobertura vegetal y la altura de las hojas de los pastos marinos explican la distribución de las especies de especies óseos juveniles. Este análisis es una técnica multivariante que permite representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de objetos condicionado por una serie de variables predictoras (Rougès, 2008). Se excluyeron las especies de peces que no contaron con una abundancia mayor del 10% del total por temporadas, ya que no tuvieron un patrón de abundancia, y al incluirlas añadían poca o nula información sobre la estructura de la comunidad. Para identificar aquellas especies que contribuyeron en mayor porcentaje a la estructura de la comunidad se aplicó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER; Clarke y Warwick 2001). Finalmente, se utilizó el índice de Bray-Curtis, que es un análisis de conglomerados para determinar los conjuntos de especies y sitios.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron los paquetes de Statistica 7, XLSTAT, PRIMER 6 y PERMANOVA.

7.Resultados

7.1.Características de la vegetación acuática sumergida (VAS)

7.1.1. Porcentaje de cobertura de la VAS

La VAS de la RBLP está constituida por macroalgas y tres especies de pasto marino: *Thalassia testudinum* (Banks ex König), *Syringodium filiforme* (Kütz) y *Halodule wrightii* (Ascherson). Durante las tres temporadas de muestreo, la VAS estuvo constituida por las mismas especies. En la temporada de secas, en TA *S. filiforme* fue la especie con el mayor porcentaje de cobertura (56.67%) y las macroalgas en menor porcentaje (5.67%). En TI, *T. testudinum* se observó en un 68.33% y *S. filiforme* solo en un 1.67%. En TC se encontraron macroalgas, *T. testudinum* y *H. wrightii*; al igual que en TI, en este transecto la especie con mayor abundancia fue *T. testudinum* con un 68.50% de cobertura.

En la temporada de lluvias, en TA el 83.33% de la vegetación estuvo compuesta por *S. filiforme* y un 13% de *T. testudinum*. En TI el 57.78% de la vegetación fue de *T. testudinum*, el 15.56% de *S. filiforme* y el 26.67% de macroalgas. El TC, *T. testudinum* fue la especie con mayor porcentaje de cobertura con el 79.72%. Así mismo, durante la temporada de nortes en TA se observó que *S. filiforme* fue la especie más abundante con un 75%, seguido de las macroalgas con 10%, *T. testudinum* con un 8.33% y en menor proporción *H. wrightii* con 6.67%. En TI la mayor cobertura fue de *T. testudinum* con el 62.78% y *H. wrightii* presentó la menor cobertura 1.67%. En TC las *macroalgas* presentaron un 7.78% de cobertura y *T. testudinum* el 93.89% (Fig. 3).

Se observó una variabilidad espacial en el porcentaje de cobertura de la VAS, con diferencias significativas entre transectos (Tabla I). La cobertura de *T. testudinum* varió entre TA vs TI (Tukey, MS = 4.753, p = 0.001) y en TA vs TC (Tukey, MS = 4.753, p = 0.001); y *S. filiforme* con una cobertura distinta entre TA vs TI (Tukey, MS = 4.099, p= 0.001) y TA vs TC (Tukey, MS = 4.099, p=0.001).

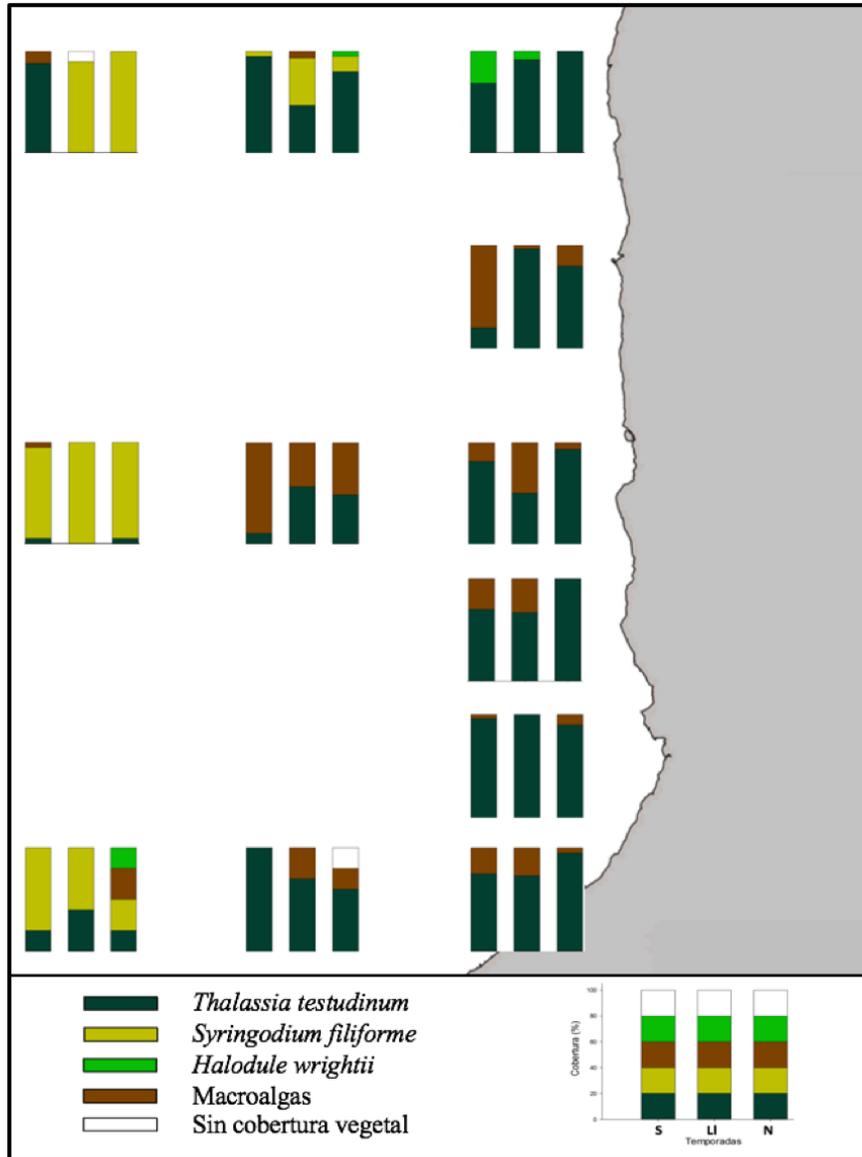


Figura 3. Porcentaje de cobertura de la vegetación acuática sumergida durante la temporada de secas, lluvias y nortes en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. Temporadas: secas (S), lluvias (LI) y nortes (N).

Tabla I. Resultados del ANOVA de dos vías del porcentaje de cobertura vegetal de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos. Los datos fueron transformados ($\log V+1$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. SC: suma de cuadrados; g. l.: grados de libertad; CM: cuadrados medios.

VAS	Fuentes de variación	SC	g.l	CM	F	p
<i>T. testudinum</i>	Intercepto	1414.127	1	1414.127	315.340	0.001
	Temporada	3.913	2	1.956	0.436	0.651
	Transecto	194.591	2	97.296	21.696	0.001
	Temp* Trans	26.270	4	6.568	1.465	0.240
	Error	121.080	27	4.484		
<i>S. filiforme</i>	Intercepto	312.321	1	312.321	72.124	0.001
	Temporada	12.232	2	6.116	1.412	0.261

VAS	Fuentes de variación	SC	g.l	CM	F	p
<i>H. wrightii</i>	Transecto	381.750	2	190.875	44.079	0.001
	Temp* Trans	10.155	4	2.539	0.586	0.675
	Error	116.919	27	4.330		
	Intercepto	5.345	1	5.345	2.878	0.100
	Temporada	1.989	2	0.324	0.174	0.841
	Transecto	0.368	2	0.184	0.099	0.906
	Temp* Trans	7.550	4	1.857		
<i>Macroalgas</i>	Error	50.025	27			
	Intercepto	257.930	1	257.930	29.698	0.001
	Temporada	1.409	2	0.705	0.081	0.922
	Transecto	37.504	2	18.752	2.159	0.135
	Temp* Trans	20.017	4	5.004	0.576	0.682
	Error	234.495	27	8.685		

7.1.2. Altura de los pastos marinos

La altura de las tres especies de pastos marinos varió de manera espacial en relación a la distancia hacia la costa (Tabla II). La especie de *T. testudinum* presentó alturas entre los 12.95 cm y 66.52 cm con una variabilidad significativa entre los transectos TA vs TI (Tukey, MS = 4.526, p=0.001) y TA vs TC (Tukey, MS = 4.526, p=0.001; Fig. 4a). *S. filiforme* solo se observó en TA y TC con alturas entre 25.04 cm y 62.70 cm (TA \pm 9.50, TI \pm 1.92; Fig. 4b), encontrándose diferencias significativas entre TA vs TI (Tukey, MS = 1.425, p=0.001). *H. wrightii* se registró en TA y TC con alturas entre los 21.46 cm y 26.34 cm (TA \pm 5.09 y TC \pm 2.06; Fig. 4c).

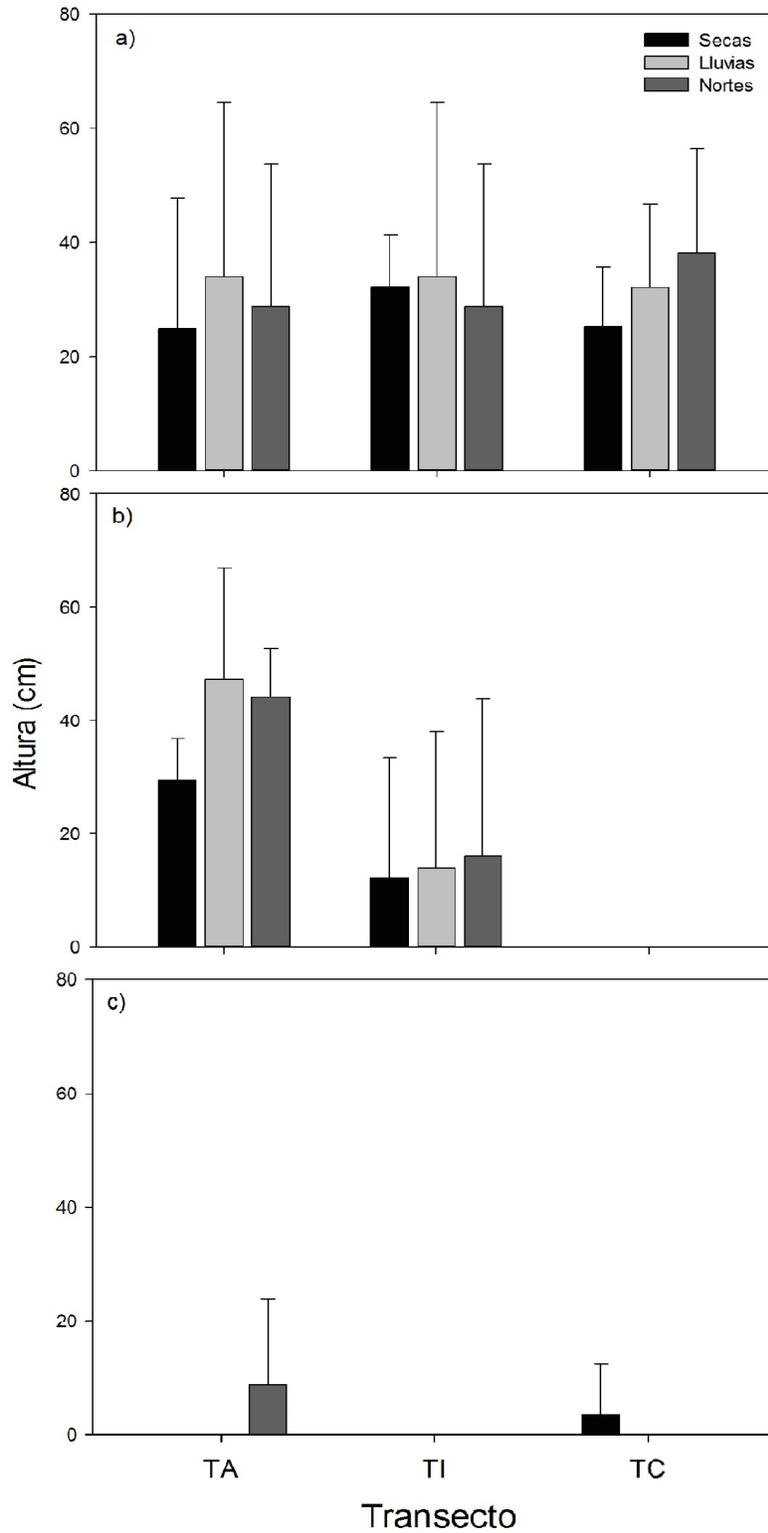


Figura 4. Altura de los pastos marinos (cm) para cada transecto y temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. a) *Thalassia testudinum*, b) *Syringodium filiforme* y c) *Halodule wrightii*. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa.

Tabla II. Resultados del ANOVA de dos vías de la altura de los pastos marinos de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos. Los datos fueron transformados ($\log V+ 1$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. SC: suma de cuadrados; g. l.: grados de libertad; CM: cuadrados medios.

VAS	Fuentes de variación	SC	g.l	CM	F	p
<i>T. testudinum</i>	Intercepto	77.231	1	77.231	54.165	0.001
	Temporada	1.423	2	0.711	0.499	0.613
	Transecto	68.597	2	34.298	24.055	0.001
	Temp* Trans	2.335	4	0.584	0.409	0.800
	Error	38.498	27	1.426		
<i>S. filiforme</i>	Intercepto	77.231	1	77.231	54.165	0.001
	Temporada	1.423	2	0.711	0.499	0.613
	Transecto	68.597	2	34.298	24.055	0.001
	Temp* Trans	2.335	4	0.584	0.409	0.800
	Error	38.498	27	1.426		
<i>H. wrightii</i>	Intercepto	0.458	1	0.458	0.719	0.404
	Temporada	0.230	2	0.115	0.180	0.836
	Transecto	1.145	2	0.572	0.899	0.419
	Temp* Trans	0.574	4	0.144	0.225	0.922
	Error	17.190	27	0.637		

7.2. Parámetros ambientales de la RBLP

7.2.1. Profundidad

Las profundidades a lo largo de la zona de muestreo variaron desde los 0.5 a los 5 m. Los puntos más someros fueron los del TC (estaciones de la 7 al 12), con profundidades menores a los 2 m, en TI (de la estación 5 al 6) las profundidades variaron entre los 2 y 3 m, siendo los puntos de TA (estaciones de la 1 a la 3) los más profundos con entre 4 y 5 m (Fig. 5).

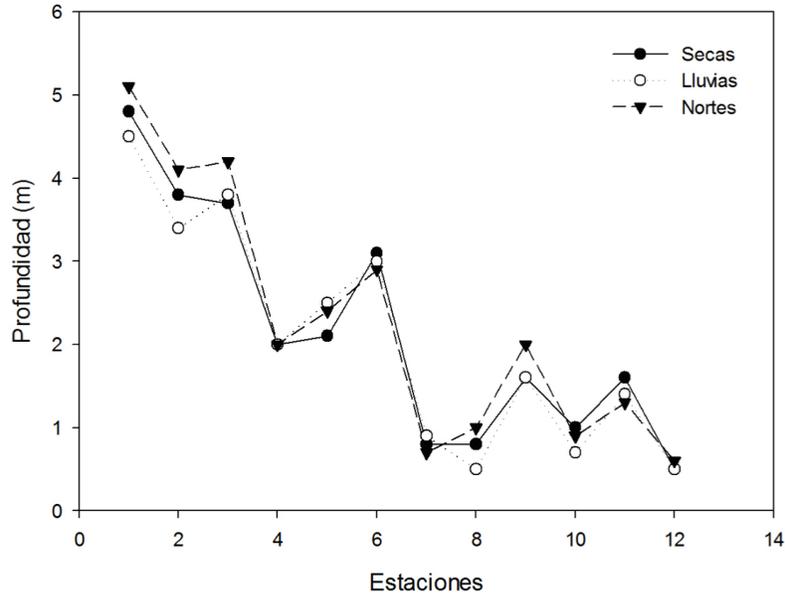


Figura 5. Profundidad promedio para cada temporada y estación de muestreo de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. Transectos: TA (estaciones 1, 2 y 3), TI (estaciones 4, 5 y 6) y TC (estaciones 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

7.2.2. Temperatura

Las temperaturas registradas durante el muestreo, variaron significativamente entre las tres temporadas de muestreo ($F_{(2,27)} = 30.11$; $p=0.001$). Las temperaturas más bajas se registraron durante la temporada de nortes ($24.9-30.4^{\circ}\text{C}$; ± 0.97), en tanto que en lluvias se observaron los valores más altos ($30.4-36.6^{\circ}\text{C}$; ± 1.17). En la temporada de secas las temperaturas oscilaron entre los 27.8 y 30.0°C (± 0.67 ; Fig. 6; Anexo Tabla XII). Al hacer este análisis espacialmente se encontraron diferencias significativas ($F_{(2,27)} = 5.58$; $p=0.009$) entre los transectos TA vs TC (Tukey, $MS=0.017$, $p= 0.025$) y TI vs TC (Tukey, $MS=0.017$, $p=0.033$). No existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,27)}= 0.150$; $p=0.963$).

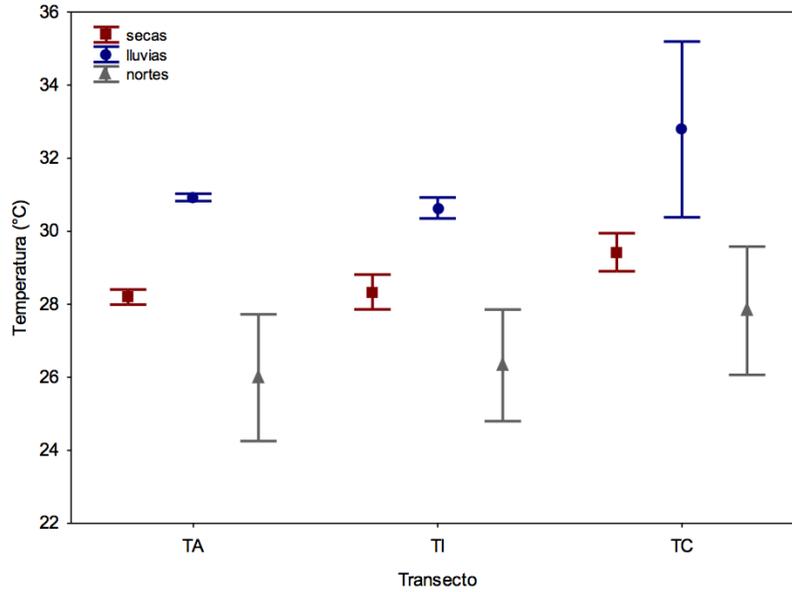


Figura 6. Temperatura promedio (\pm desviación estándar) registrada por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).

7.2.3. Salinidad

Los valores de salinidad variaron entre los 31.58 a 42.61. La salinidad varió significativamente entre las temporadas ($F_{(2,27)}=15.870$; $p=0.001$). Estas diferencias sólo se observaron al comparar la temporada de secas respecto a lluvias (Tukey, $MS = 0.020$, $p=0.001$), y nortes (Tukey, $MS=0.020$, $p=0.001$). Los valores de salinidad más altos se registraron durante la temporada de secas entre 40.37 - 42.61(± 0.11), ambos valores fueron registrados en TA. Durante el periodo de lluvias la salinidad varió de 31.58 a 42.40 (± 0.73 ; Anexo Tabla XII). En nortes el valor de salinidad mínimo se observó en TC (35.81; ± 0.91) y el más alto en TA con 39.20 (± 0.74 ; Fig. 7). Al analizarlo por transectos no se encontraron diferencias significativas ($F_{(2,27)} = 2.76$; $p=0.081$), ni existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,27)}=1.080$; $p=0.386$).

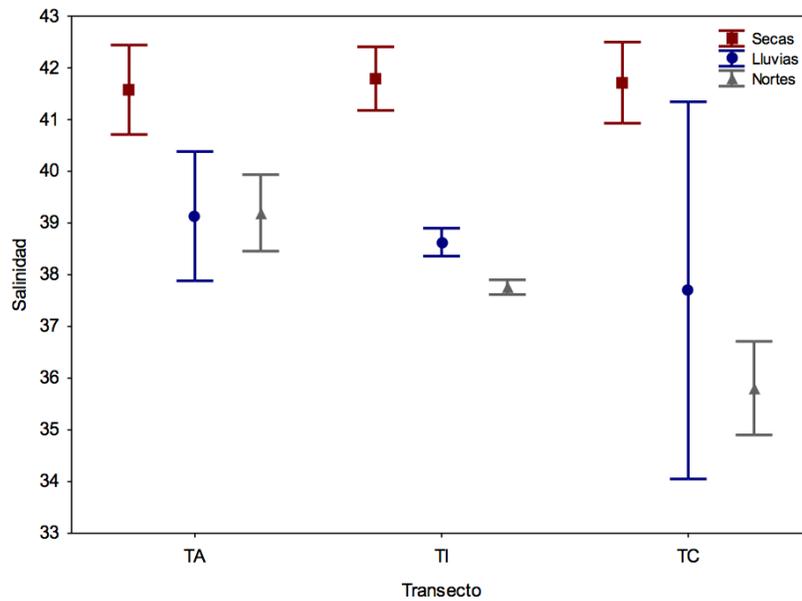


Figura 7. Salinidad promedio (\pm desviación estándar) registrada por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).

7.2.4. pH

Los valores de pH variaron de 8.06 a 8.36; el cual varió en función de las temporadas de muestreo ($F_{(2,27)} = 6.060$; $p=0.006$) con diferencias significativas entre secas vs lluvias (Tukey, $MS = 0.050$, $p=0.025$), y secas vs nortes (Tukey, $MS = 0.050$, $p=0.006$). Especialmente no se observaron diferencias significativas entre transectos ($F_{(2,31)}=0.360$; $p=0.700$), ni existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,27)}=0.230$; $p=0.919$). Los valores de pH máximos se observaron durante la temporada de secas en TI y TC con $8.36 (\pm 0.20)$, en lluvias en TC con $8.19 (\pm 0.42)$ y en nortes en TI con $8.08 (\pm 0.42)$. Los valores mínimos se registraron en TA en secas con $8.35 (\pm 0.06)$ y en nortes con $8.03 (\pm 0.26)$; y en TI en lluvias con $8.00 (\pm 0.07$; Fig. 8; Anexo Tabla XII).

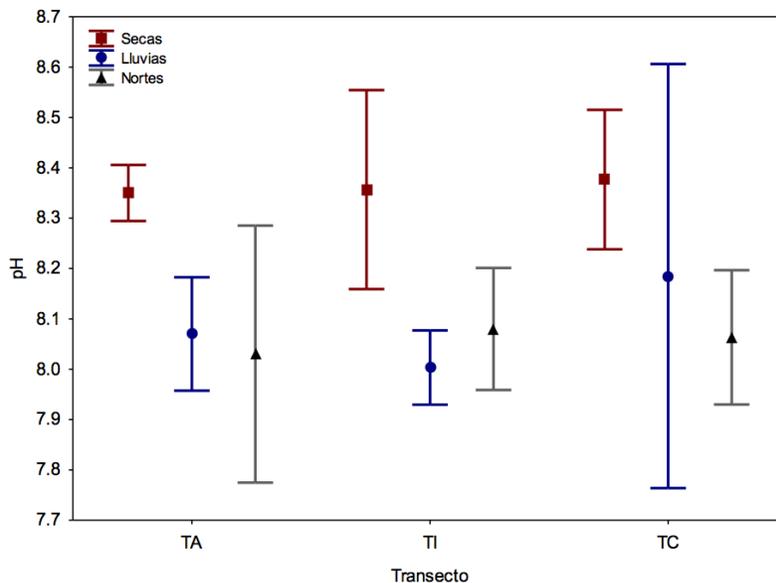


Figura 8. Valores de pH promedio (\pm desviación estándar) registrados por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).

7.2.5. Oxígeno disuelto

Los valores del oxígeno disuelto (OD) variaron entre 2.8 a 7.9 mg/L a través del año. No se encontraron diferencias significativas entre las temporadas ($F_{(2,27)} = 0.976$; $p = 0.390$), ni en transectos ($F_{(2,27)} = 0.324$; $p = 0.725$) y no existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,27)} = 1.375$; $p = 0.269$). Los valores de OD máximos se registraron en TI en secas con 5.5 mg/L (± 1.01), en nortes con 6.60 mg/L (± 0.88) y en el TA en lluvias con 6.06 mg/L (± 0.10). Los valores mínimos se presentaron en TA en secas con 5.37 mg/L (± 0.61), en TC en lluvias con 4.84 mg/L (± 0.77) y nortes con 5.83 mg/L (± 2.07 ; Figura 9; Anexo Tabla XII).

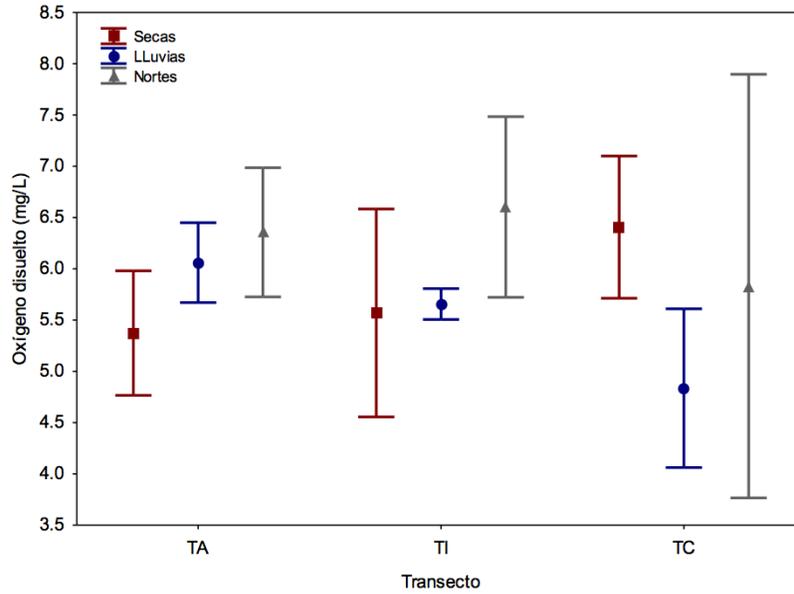


Figura 9. Valores de oxígeno disuelto promedio (\pm desviación estándar) registrados por transecto para cada temporada de muestreo en la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche. TA: Alejado a la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa (TC).

7.3. Descripción de la comunidad de peces óseos juveniles presentes en la VAS de la RBLP

Durante el ciclo anual de muestreo en el 2016 se colectaron 5,505 peces, de los cuales 4,271 individuos (ind) fueron juveniles. En la temporada de secas se obtuvieron 1,062 ind, en lluvias 2,190 ind y en nortes 2,253 ind. Los peces juveniles identificados pertenecieron a 8 órdenes, 23 familias y 54 especies (Tabla III). La familia con la mayor riqueza específica fue Syngnathidae con 9 especies, seguida de Monacanthidae con 5 especies. A nivel de especie, la más abundante durante las tres temporadas fue *Eucinostomus gula* de la familia Gerreidae con un total de 1,452 ind (Anexo, Tabla XI).

Tabla III Listado de las especies de peces óseos juveniles colectados en las temporadas de secas, lluvias y nortes en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. Longitud estándar (LE), intervalo de tallas mínimo y máximo, y desviación estándar (DE). Porcentaje de contribución de las especies (frecuencia y abundancia) a la comunidad de peces óseos juveniles.

Orden	Familia	Especies	No. de individuos				LE		Contribución
			Secas	Lluvias	Nortes	Total	Min-Max (cm)	DE	%
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	4	8	2	14	3.4-30.5	9.2	1.4
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i> (Goode y Bean, 1880)	16	1	7	24	0.8-24.0	6.9	1.2
Clupeiformes	Dussumieriidae	<i>Etrumeus sadina</i> (Mitchill, 1814)	0	2	0	2	3.0-4.8	1.3	0

Orden	Familia	Especies	No. de individuos				LE		Contribución
			Secas	Lluvias	Nortes	Total	Min-Max (cm)	DE	%
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Jordanella pulchra</i> (Hubbs, 1936)	49	0	0	49	0.5-2.9	3.1	0.6
		<i>Floridichthys carpio</i> (Günther, 1866)	0	0	3	3	4.4-5.0	0.5	0
		<i>Cyprinodon variegatus</i> Lacepède, 1803	44	0	0	44	1.8-3.4	0.3	0.1
Perciformes	Fundulidae	<i>Lucania parva</i> (Baird & Girard, 1855)	140	600	490	1230	1.4-3.8	0.4	16.9
	Haemulidae	<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1801)	72	172	333	577	1.2-9.6	2.2	12.4
		<i>Haemulon striatum</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	1	3.2		0
		<i>Orthopristis chrysoptera</i> (Linnaeus, 1766)	100	35	9	144	1.7-14.1	3.1	3.6
		<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	3	0	73	76	2.1-9.5	2.2	0.9
		Labrisomidae	<i>Paraclinus cingulatus</i> (Evermann & Marsh, 1899)	0	2	1	3	3.0-4.4	0.6
		<i>Paraclinus fasciatus</i> (Steindachner, 1876)	0	0	1	1	3.7		0
		<i>Paraclinus marmoratus</i> (Steindachner, 1876)	0	1	0	1	3.8		0
	Labridae	<i>Lachnolaimus maximus</i> (Walbaum, 1792)	5	0	0	5	2.4-2.5	0.1	0.1
	Sciaenidae	<i>Corvula batabana</i> (Poey, 1860)	5	0	1	6	2.5-12.7	4	0.4
		<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802)	10	10	6	26	3.2-15.8	3.5	2.2
		<i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)	0	1	0	1	31.5		0
	Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	6	9	7.5-12.5	3.2	0.6
		<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	8	18	16	42	1.7-9.9	2.3	1.4
	Scaridae	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)	33	21	27	81	2.0-14.1	3.2	5.5
		<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)	2	0	0	2			0
	Callionymidae	<i>Diplogrammus pauciradiatus</i> (Gill, 1865)	4	4	2	10	1.3-4.5	1.1	0.4
	Cichlidae	<i>Mayaheros urophthalmus</i> (Gunther, 1862)	0	8	0	8	1.8-3.3	0.5	0.1
	Gerreidae	<i>Eucinostomus</i> sp.	17	0	0	17			
		<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	61	1082	309	1452	1.0-7.2	0.9	12.1
		<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855	10	0	599	609	1.3-11.0	1	2.6
		<i>Eucinostomus harengulus</i> Goode & Bean, 1879	0	0	10	10	2.8-5.5	0.9	0.1
	Serranidae	<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	0	5	0	5	1.7-2.7	0.4	0.1
	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	0	1	0	1	3.5		0

Orden	Familia	Especies	No. de individuos				LE		Contribución
			Secas	Lluvias	Nortes	Total	Min-Max (cm)	DE	%
		(Walbaum, 1792)							
		<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	3	0	12	15	1.3-9.3	2.3	0.7
		<i>Calamus arcifrons</i> Goode & Bean, 1882	4	1	4	9	2.1-15.8	1.9	0.5
		<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)	274	84	199	557	1.6-14.5	2.8	12.5
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena brasiliensis</i> Cuvier, 1829	0	1	0	1	9.1		0
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Cosmocampus elucens</i> (Poey, 1868)	3	0	4	7	7.9-14.6	2.5	0.4
		<i>Syngnathus floridae</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	6	3	19	28	5.8-18.1	3.9	1.8
		<i>Syngnathus fuscus</i> Storer, 1839	2	4	2	8	5.5-15.2	2.9	1.5
		<i>Syngnathus louisianae</i> Günther, 1870	2	1	0	3	13.0-15.2	1.6	0.2
		<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann & Kendall, 1896)	27	26	38	91	5.8-18.0	4.5	5.4
		<i>Syngnathus</i> sp.	8	2	0	10			
		<i>Bryx dunckeri</i> (Metzelaar, 1919)		1	3	4	9.9-12.7	1.2	0.2
		<i>Hippocampus erectus</i> Perry, 1810	2	3	1	6	2.2-13.0		0.4
		<i>Hippocampus reidi</i> Ginsburg, 1933	5	0	0	5			0.1
		<i>Hippocampus zosterae</i> Jordan & Gilbert, 1882	4	7	0	11			0.7
Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Chilomycterus antennatus</i> (Cuvier, 1816)	1	0	0	1	12		0
		<i>Chilomycterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)	0	3	2	5	8.5-15.0	6	0.2
		<i>Diodon holocanthus</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	1	5	9.5-13.0	1.5	0.2
	Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)	9	2	3	14	5.0-13.6	2.6	1.5
	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides maculatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	2	0	1	3	2.0-6.2	2.3	0.2
		<i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode y Bean, 1882)	0	0	2	2	1.1-1.4	0.2	0
		<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	20	2	8	30	1.2-10.5	3.1	2.2
	Monacanthidae	<i>Monacanthus tuckeri</i> Bean, 1906	0	4	1	5	3.3-8.5	2.4	0.1
		<i>Monacanthus ciliatus</i> (Mitchill, 1818)	88	67	35	190	1.2-18.9	2.8	8.8
		<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	3	0	18	21	1.5-13.6	5.1	0.3
		<i>Aluterus heudelotii</i> Hollard, 1855	0	0	3	3	3.5-9.8	3.3	0
		<i>Aluterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)	2	0	0	2	7.8-8.3	0.4	0

Orden	Familia	Especies	No. de individuos				LE		Contribución %
			Secas	Lluvias	Nortes	Total	Min-Max (cm)	DE	
		Sin ID	9	5	2	16			
		Total	1062	2190	2253	5505			

7.3.1. Abundancia relativa de peces óseos juveniles

La abundancia relativa promedio total de los peces óseos juveniles colectados durante el periodo de muestre fue de 12.82 ind/100 m². La cual fue mayor en la temporada de lluvias (16.81 ind/100m²).

La variación observada en la abundancia relativa de los peces óseos juveniles no estuvo en función de las temporadas de muestreo ($F_{(2,27)}=1.473$; $p=0.247$), ni tampoco existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,27)}=0.584$; $p=0.014$). Mientras que sí se encontró una variación significativa entre transectos ($F_{(2,27)}=4.738$; $p=0.017$). La abundancia promedio por transecto fue de 5.49 ind/100 m² (± 2.50) en TA, de 22.20 ind/100 m² (± 14.99) en TI y de 13.85 ind/100 m² (± 6.71) en TC (Fig. 10). En los transectos donde se encontraron diferencias significativas fue entre TA vs TI (Tukey, $MS=2.304$, $p=0.012$; Fig. 10).

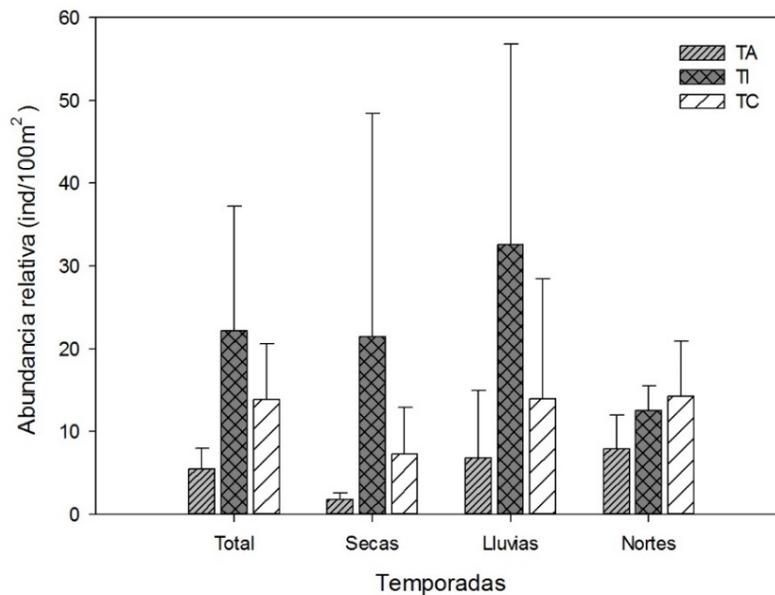


Figura 10. Abundancia relativa total y por temporadas, de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. TA: transecto alejado de la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Los valores representan promedios \pm desviación estándar.

7.3.2. Biomasa relativa de peces óseos juveniles

La biomasa relativa promedio total de los peces óseos juveniles colectados en la RBLP fue de 48.43 g/100 m². Durante la temporada de secas se registró una biomasa de 53.50 g/100 m²(±73.49), en lluvias de 38.93 g/100 m²(±41.35) y en nortes de 52.88 g/100 m²(±35.76).

A nivel de transecto, la biomasa relativa promedio total fue de 30.33 g/100 m²(±7.21) en TA, de 69.96 g/100 m² (±56.55) en TI y de 46.72 ind/100 m² (±26.07) en TC, sin diferencias significativas entre temporadas ($F_{(2,27)} = 0.472$; $p = 0.628$) y transectos ($F_{(2,27)} = 1.535$; $p=0.233$); no existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,27)}=0.832$; $p=0.516$). Se presentó el mismo patrón de la abundancia relativa; en el TI se registraron los valores máximos de biomasa en secas con 111.72 g/100 m² (±136.81) y en lluvias con 56.93 g/100 m² (±22.94); mientras que en la temporada de nortes ocurrió en TC con 57.56 g/100 m² (±44.79). Los valores mínimos de biomasa relativa se presentaron en TA en secas (18.38 g/100 m²) y lluvias (17.44 g/100 m²); mientras que en nortes se presentó en TI con 41.23 g/100m² (±22.87; Fig. 11).

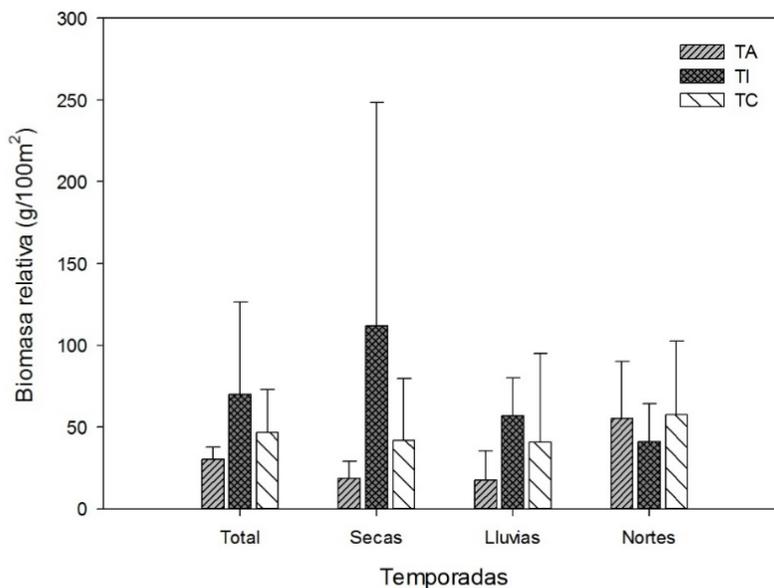


Figura 11. Biomasa relativa total, temporal y por transecto de los peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche. TA: transecto alejado de la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Los valores representan promedios ± desviación estándar.

7.3.3. Frecuencia de tallas

En el ciclo anual del 2016 la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP presentó amplios intervalos de tallas, desde los 5 mm hasta más de 105 mm de longitud estándar (LE). La mayoría de los peces (71.74%) presentaron tallas entre 20-40 mm LE, con una moda de 20 mm (Fig. 12).

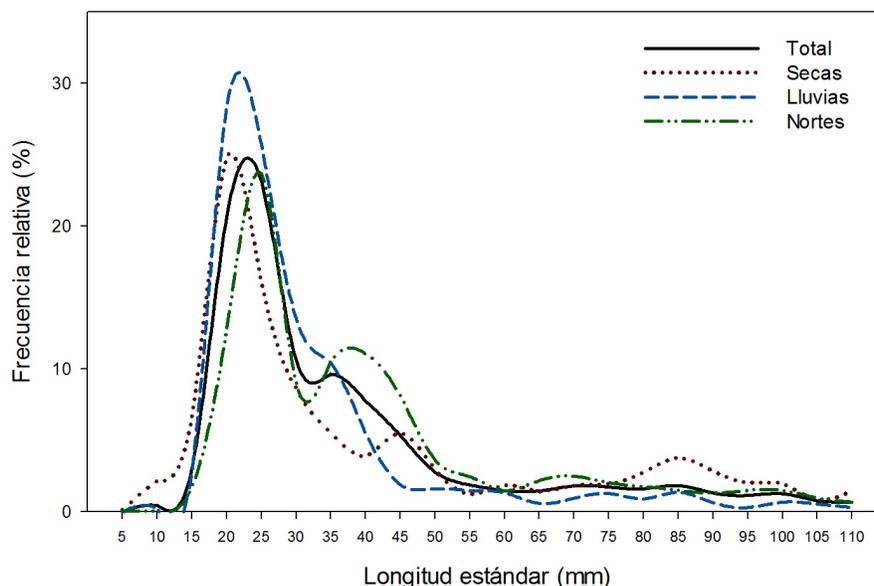


Figura 12. Distribución de la frecuencia de tallas total y por temporadas de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche.

Al analizar las tallas registradas por temporadas, se observó una variación con diferencias significativas entre las temporadas de secas vs lluvias (Kolmogorov-Smirnov, K-S; $p=0.025$). En la temporada de secas la mayor frecuencia de tallas fue entre los 20-30 mm de LE (50%) y una moda de 20 mm (25%). En la temporada de lluvias el 78% de la comunidad presentó tallas entre los 20-35 mm y una moda de 20 mm (28%). Con respecto a la temporada de nortes la distribución de frecuencias de tallas fue bimodal, la mayor frecuencia de individuos fue de 20-45 LE mm (75%), con máximos a los 25 mm (24%) y 40 mm (11%; Fig. 12).

En el análisis de la frecuencia de tallas por transecto, para las tres temporadas, se observó que en TA durante secas la mayor distribución de frecuencia de tallas fue de 20-35 mm de LE (35%) con una moda de 30 mm (11%). En la temporada de lluvias el 66% de los peces recolectados tuvieron tallas de 20-30 mm LE, con una moda de 20 mm (47%); y en la temporada de nortes, el 72% de la comunidad íctica recolectada presentó tallas de 20-45 mm de LE, con una distribución bimodal de 25 mm (19%) y 35 mm (16%) LE. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas en TA durante las temporadas de secas vs lluvias (K-S, $p=0.025$; Fig. 13a).

En TI durante la temporada de secas, el 52% de los peces presentaron tallas entre los 20-30 mm de LE, con una moda de 25 mm (22%); en lluvias el mayor porcentaje de individuos (80%) presentó tallas entre 20-30 mm con una moda de 20 mm (37%). Sin embargo, en la temporada de

nortes el 79% de los peces presentaron una frecuencia de tallas más alta entre los 20 y 45 mm LE, con una distribución bimodal de 25 (23%) y 40 (15%) mm LE. No se encontraron diferencias significativas (K-S, $p=0.100$; Fig. 13b).

En TC, se observó muy poca variación en la frecuencia de tallas entre temporadas. En secas el 51% de las tallas fluctuaron entre los 20-30 mm LE (moda de 20 mm), en lluvias y nortes las mayores frecuencias se registraron entre los 20-40 mm LE con una moda de 32 y 20 mm LE, con un porcentaje de 78 y 66%, respectivamente; sin embargo no se encontraron diferencias significativas K-S, $p=0.100$; Fig. 13c).

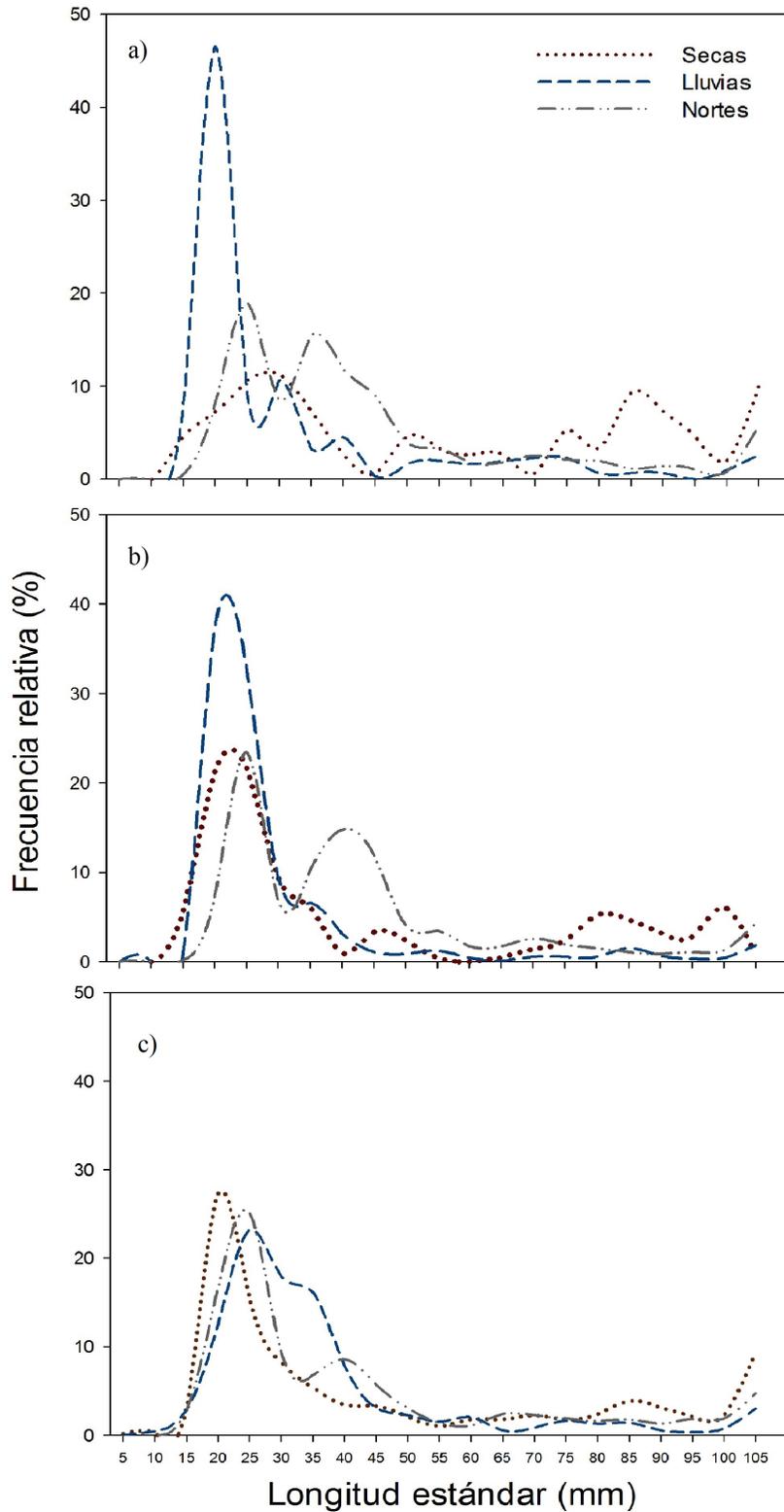


Figura 13. Distribución de frecuencias de tallas de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos. 13a) Transecto alejado de la costa (TA); 13b) Transecto intermedio (TI) y 13c) Transecto cercano a la costa (TC).

7.3.4. Índices ecológicos de la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles

- **Diversidad alfa**

La riqueza total de especies (D_{Mg}) registrada en la RBLP fue de 6.28 con un total de 55 especies (sp) y 5,505 individuos, lo cual es indicativo de una alta diversidad en la zona. El promedio total de la riqueza fue de 1.72 bits/ind (± 0.28). La variación de la riqueza de la comunidad de peces óseos juveniles estuvo en función de las temporadas de muestreos ($F_{(2,88)}=4.894$, $p=0.009$), cuyas diferencias existieron entre secas vs lluvias (Tukey, $MS = 0.064$, $p=0.001$); sin embargo no se encontraron diferencias significativas por transectos ($F_{(2,88)} = 0.737$, $p=0.481$), así como tampoco existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,88)}=1.117$; $p=0.353$).

En la temporada de secas en el TA se registró el valor máximo de riqueza con D_{mg} 2.08 bits/ind (± 0.15), mientras que en lluvias y nortes se registraron en TI con D_{mg} 1.67 bits/ind (± 0.43) y D_{mg} 1.89 bits/ind (± 0.59), respectivamente. Los valores mínimos se presentaron en TC en secas con D_{mg} 1.96 bits/ind (± 0.36) y lluvias con D_{mg} 1.24 bits/ind (± 0.36); mientras que en nortes se registró en TA con D_{mg} 1.48 bits/ind (± 0.43 ; Tabla IV).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') promedio calculado para la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP fue de 1.85 bits/ind (± 0.32). Al hacer la estimación de este índice para las diferentes temporadas de muestreo se obtuvo un valor promedio de $H' = 2.12$ bits/ind (± 0.14) para secas, de $H' = 1.48$ bits/ind (± 0.13) para la temporada de lluvias y de $H' = 1.97$ bits/ind (± 0.22) en nortes.

La diversidad tuvo diferencias significativas en función de las tres temporadas de muestreo ($F_{(2,88)} = 8.083$, $p=0.001$). Cabe mencionar que no se encontraron diferencias significativas entre transectos ($F_{(2,94)} = 0.931$, $p=0.397$), ni tampoco existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,88)}=1.225$; $p=0.353$). En TI se registraron los valores máximos de diversidad en las tres temporadas, en secas con $H' = 2.25$ bits/ind (± 0.14), lluvias con $H' = 1.57$ bits/ind (± 0.54) y nortes con $H' = 2.09$ bits/ind (± 0.48). Mientras que los valores mínimos se registraron en TA en secas con $H' = 1.98$ bits/ind (± 0.33) y en nortes con $H' = 1.72$ bits/ind (± 0.48); en lluvias se presentó en TC con $H' = 1.33$ bits/ind (± 0.61 ; Tabla IV).

El índice de equidad promedio, considerando todo el periodo de muestreo, fue de $J' = 0.70$ bits/ind (± 0.10), lo cual indica que no hay especies dominantes y hay una equidad media. Este

índice varió significativamente entre las tres temporadas ($F_{(2,88)}=8.952$; $p=0.001$); sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre transectos ($F_{(2,88)}=0.850$; $p=0.582$), ni existió una interacción significativa entre temporadas y transectos ($F_{(4,88)}=0.785$; $p=0.538$). La equidad de Pielou fue más alto en la temporada de secas en el TC con $J'=0.83$ bits/ind (± 0.08), en lluvias se presentó en TA con $J'=0.55$ bits/ind (± 0.17) y nortes en TI con $J'=0.76$ bits/ind (± 0.06). Los valores mínimos se registraron en TA en secas con $J'=0.70$ bits/ind (± 0.11) y nortes con $J'=0.70$ bits/ind (± 0.15) y en el TI se registró en lluvias con $J'=0.52$ bits/ind (± 0.59 ; Tabla IV).

Tabla IV. Valores promedio, y desviación estándar, de los atributos ecológicos de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche, para cada transecto y temporada de muestreo. DMg riqueza de especies; H' índice de diversidad; D_{Si} índice de dominancia; J' índice de equidad; TA, transecto alejado de la costa; TI, transecto intermedio y TC, transecto cercano a la costa.

Índice	Total	Secas			Lluvias			Nortes		
		TA	TI	TC	TA	TI	TC	TA	TI	TC
DMg	1.72 (0.28)	2.08 (0.15)	1.97 (0.45)	1.96 (0.51)	1.50 (0.34)	1.67 (0.43)	1.24 (0.36)	1.48 (0.43)	1.89 (0.59)	1.77 (0.47)
H'	1.85 (0.32)	1.98 (0.33)	2.25 (0.14)	2.14 (0.49)	1.55 (0.06)	1.57 (0.54)	1.33 (0.61)	1.72 (0.48)	2.09 (0.48)	2.10 (0.38)
J'	0.70 (0.10)	0.70 (0.11)	0.79 (0.07)	0.83 (0.08)	0.72 (0.20)	0.52 (0.13)	0.59 (0.27)	0.70 (0.15)	0.76 (0.06)	0.71 (0.08)

- **Diversidad beta**

De acuerdo al Índice de Whittaker, el recambio de especies que componen la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP fue del 52% entre temporadas. Al comparar entre temporadas, se observó un recambio de especies del 27% entre secas vs nortes, del 38% entre secas vs lluvias y de 32% entre lluvias vs nortes. Espacialmente, en la temporada de secas se registró un mayor recambio de especies entre TA vs TC (33%) y el menor fue entre TI vs TC (17%; Fig. 14a). En lluvias, se registró un mayor recambio de especies en TA vs TI (43%) y el valor más bajo fue entre TI vs TC (28%); en nortes la tasa de recambio fue del 37% en TA vs TI, y del 30% en TI vs TC (Fig. 14).

El análisis de similitud entre las las comunidades observadas por transecto, para cada una de las temporadas de muestreo, se puede observar un claro agrupamiento. Con un 60% de similitud se identificaron cuatro grupos. Los transectos TC y TI coinciden por temporada; esta

asociación se dio por registrar una similitud en la composición de especies y las densidades . El TA en la temporada de secas fue diferente del resto (Fig. 14b).

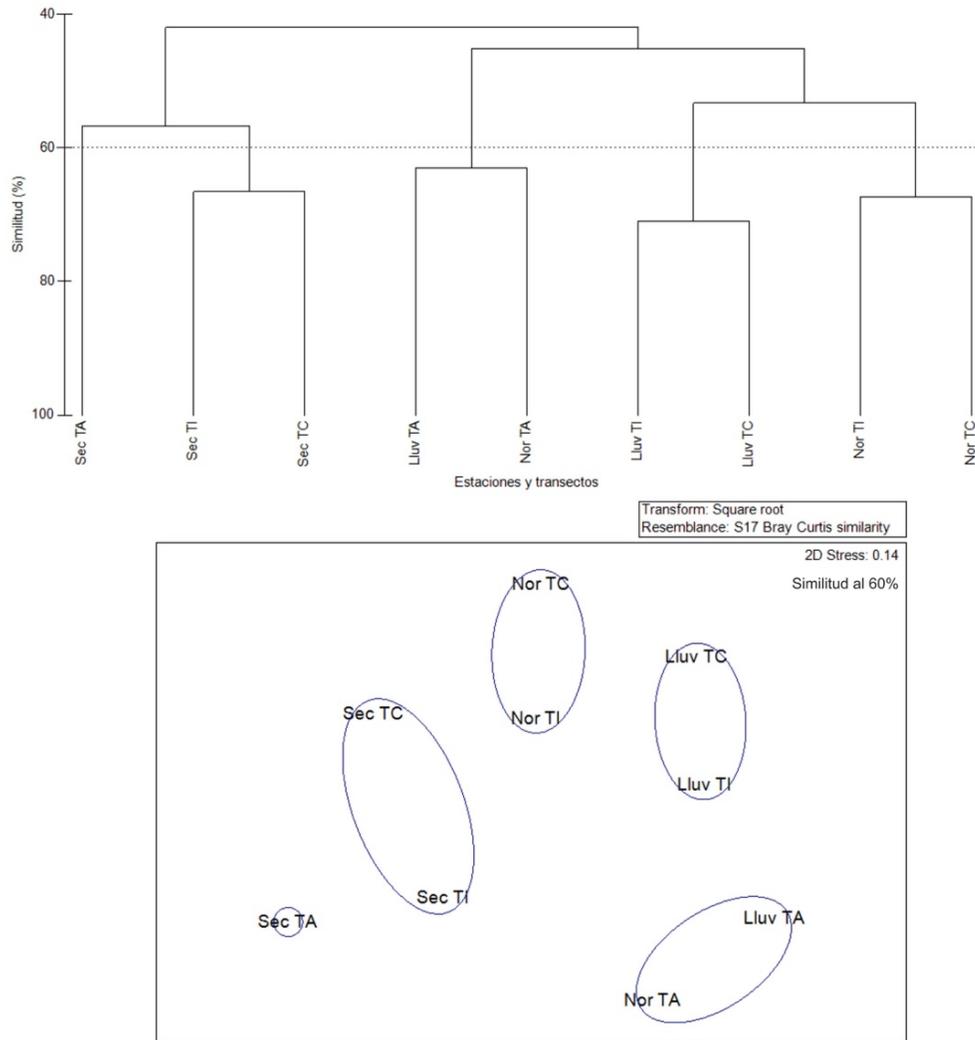


Figura 14. Agrupamiento de especies y abundancia de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche; a partir del análisis de a) Cluster y b) MDS, por transectos y temporadas, mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis. Temporada: secas (Sec), lluvias (Lluv) y nortes (Nor). Transectos: Transecto alejado de la costa (TA); Transecto intermedio (TI) y Transecto cercano a la costa (TC).

7.3.5. Estructura de la comunidad de peces óseos juveniles

Las especies que contribuyeron a la definición del ensamblaje de las comunidades de peces óseos juveniles de la RLBP fueron *L. parva* (16.9%), *L. rhomboides* (12.5%), *H. plumierii* (12.3%), y *E. gula* (12.1%), las cuales estuvieron presentes en las tres temporadas de muestreo (Tabla III).

En la temporada de secas las especies *Lagodon rhomboides*, *Eucinostomus gula* y *Monacanthus ciliatus* se encontraron en los tres transectos. En TA el 92.30% de la comunidad estuvo compuesta por 6 especies, sin embargo en TI el 90.04% de la comunidad estuvo compuesta por 7 especies, al igual que en TC. En los tres transectos la especie con mayor contribución fue *L. rhomboides* con 49.11% (TA), 36.42% (TI) y 30.20% (TC; Tabla V).

Tabla V. Análisis SIMPER de las especies que contribuyeron a la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, registrada por transecto durante la temporada de secas. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Las especies marcadas con negritas son aquellas que estuvieron presentes en los tres transectos.

Especies	Abundancia promedio	Similitud promedio	Contribución (%)	Acumulativo (%)
Secas TA, similitud promedio 34.02				
<i>Lagodon rhomboides</i>	2.88	16.71	49.11	49.11
<i>Haemulon plumierii</i>	1.35	6.39	18.79	67.90
<i>Nicholsina usta</i>	0.80	3.01	8.86	76.75
<i>Eucinostomus gula</i>	0.50	2.02	5.93	82.68
<i>Monacanthus ciliatus</i>	1.17	1.76	5.18	87.86
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	0.50	1.51	4.44	92.30
Secas TI, similitud promedio 27.22				
<i>Lagodon rhomboides</i>	2.19	9.91	36.42	36.42
<i>Lucania parva</i>	2.49	6.70	24.60	61.02
<i>Eucinostomus gula</i>	1.06	2.15	7.91	68.93
<i>Monacanthus ciliatus</i>	1.00	1.59	5.84	74.77
<i>Jordanella pulchra</i>	0.98	1.54	5.66	80.43
<i>Opsanus beta</i>	0.69	1.33	4.89	85.32
<i>Sphoeroides spengleri</i>	0.70	1.28	4.72	90.04
Secas TC, similitud promedio 33.02				
<i>Lagodon rhomboides</i>	2.69	9.98	30.24	30.24
<i>Eucinostomus gula</i>	1.25	5.27	15.96	46.20
<i>Monacanthus ciliatus</i>	1.21	3.95	11.95	58.16
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	1.69	3.89	11.78	69.94
<i>Nicholsina usta</i>	0.92	2.59	7.84	77.77
<i>Haemulon plumieri</i>	1.15	2.41	7.29	85.06
<i>Lucania parva</i>	0.73	1.90	5.76	90.82

En la temporada de lluvias las especies *L. rhomboides*, *E. gula*, *L. parva* y *H. plumierii* estuvieron presentes en los tres transectos. En TA el 92.90% de la comunidad estuvo compuesta por 5 especies, con un porcentaje de similitud del 38.06%. En TI, 6 especies contribuyeron con el 93.39% de la comunidad, con un 49.28% de similitud; y en TC el 90.77% estuvo representado

por 4 especies, con 38.99% de similitud. La especie que tuvo mayor contribución en los tres transectos fue *E. gula* con el 45.61% en TA, 41.78% en TI y de 65.29% en TC (Tabla VI).

Tabla VI. Análisis SIMPER de las especies que contribuyeron a la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, registrada por transecto durante la temporada de lluvias. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Las especies marcadas con negritas son aquellas que estuvieron presentes en los tres transectos.

Especies	Abundancia promedio	Similitud promedio	Contribución (%)	Acumulativo (%)
Lluvias TA, similitud promedio 38.06				
<i>Eucinostomus gula</i>	2.39	17.36	45.61	45.61
<i>Haemulon plumierii</i>	1.71	10.15	26.66	72.27
<i>Lucania parva</i>	2.47	3.48	9.15	81.42
<i>Lagodon rhomboides</i>	0.89	2.29	6.01	87.43
<i>Monacanthus ciliatus</i>	0.89	2.08	5.47	92.90
Lluvias TI, promedio 49.28				
<i>Eucinostomus gula</i>	6.08	20.59	41.78	41.78
<i>Lagodon rhomboides</i>	1.91	7.80	15.84	57.62
<i>Lucania parva</i>	4.69	7.56	15.33	72.95
<i>Haemulon plumierii</i>	2.47	5.90	11.97	84.92
<i>Lutjanus synagris</i>	1.08	2.43	4.92	89.84
<i>Monacanthus ciliatus</i>	0.89	1.75	3.55	93.39
Lluvias TC, similitud promedio 38.99				
<i>Eucinostomus gula</i>	5.46	25.46	65.29	65.29
<i>Lagodon rhomboides</i>	1.20	4.16	10.66	75.95
<i>Haemulon plumierii</i>	1.40	3.29	8.43	84.38
<i>Lucania parva</i>	1.24	2.49	6.39	90.77

Durante la temporada de nortes, *L. rhomboides*, *E. gula*, *Lucania parva*, *Eucinostomus argenteus* y *Haemulon plumierii* fueron observadas en los tres transectos. En TA, el 90.84% de la comunidad íctica estuvo compuesta por 5 especies, con una similitud promedio del 36.97%. *L. parva* fue la especie que más contribuyó con un 50.01%.

En TI el 91.69% de la comunidad estuvo compuesta por 7 especies, mientras que en TC el 91.19% se conformó por 7 especies con un porcentaje de similitud de 39.61%. En ambos transectos la especie que más contribuyó a la comunidad fue *H. plumieri*, en TI con 33.35% y en con TC 25.64% (Tabla VII).

Tabla VII. Análisis SIMPER de las especies que contribuyeron a la estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, registrada por transecto durante la temporada de nortes. TA: transecto alejado de la costa; TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa. Las especies marcadas con negritas son aquellas que estuvieron presentes en los tres transectos.

Especies	Abundancia promedio	Similitud promedio	Contribución (%)	Acumulativo (%)
Nortes TA, similitud promedio 36.97				
<i>Lucania parva</i>	3.68	18.49	50.01	50.01
<i>Haemulon plumieri</i>	1.25	5.56	15.03	65.04
<i>Eucinostomus argenteus</i>	1.51	4.85	13.12	78.16
<i>Lagodon rhomboides</i>	0.64	2.62	7.09	85.26
<i>Eucinostomus gula</i>	0.68	2.06	5.58	90.84
Nortes TI, similitud promedio 39.24				
<i>Haemulon plumieri</i>	2.90	13.09	33.35	33.35
<i>Eucinostomus argenteus</i>	4.03	9.79	24.94	58.29
<i>Eucinostomus gula</i>	1.73	4.81	12.26	70.55
<i>Syngnathus scovelli</i>	1.00	3.35	8.54	79.09
<i>Lagodon rhomboides</i>	1.67	2.01	5.13	84.22
<i>Lucania parva</i>	1.34	1.56	3.98	88.20
<i>Nicholsina usta</i>	0.76	1.37	3.49	91.69
Nortes TC, similitud promedio 39.61				
<i>Haemulon plumieri</i>	3.03	10.16	25.64	25.64
<i>Eucinostomus argenteus</i>	3.33	8.00	20.18	45.82
<i>Eucinostomus gula</i>	2.83	7.34	18.54	64.36
<i>Lagodon rhomboides</i>	1.97	4.88	12.32	76.68
<i>Lucania parva</i>	2.31	3.17	8.00	84.68
<i>Syngnathus scovelli</i>	0.72	1.35	3.41	88.10
<i>Monacanthus hispidus</i>	0.60	1.23	3.10	91.19

El análisis de similitud entre las especies de peces óseos juveniles, observó un claro agrupamiento (Fig. 15a). Con un 50% de similitud, se observaron tres grupos diferentes, uno grupo compuesto por 8 especies, y los otros dos con dos especies cada uno, estas asociaciones ocurrieron por registrar similitudes en las densidades y encontrarse en las mismas temporadas y transectos. Las especies que no se agruparon fueron *E. argenteus*, *C. arctifrons* y *L. maximus* (Fig. 15b).

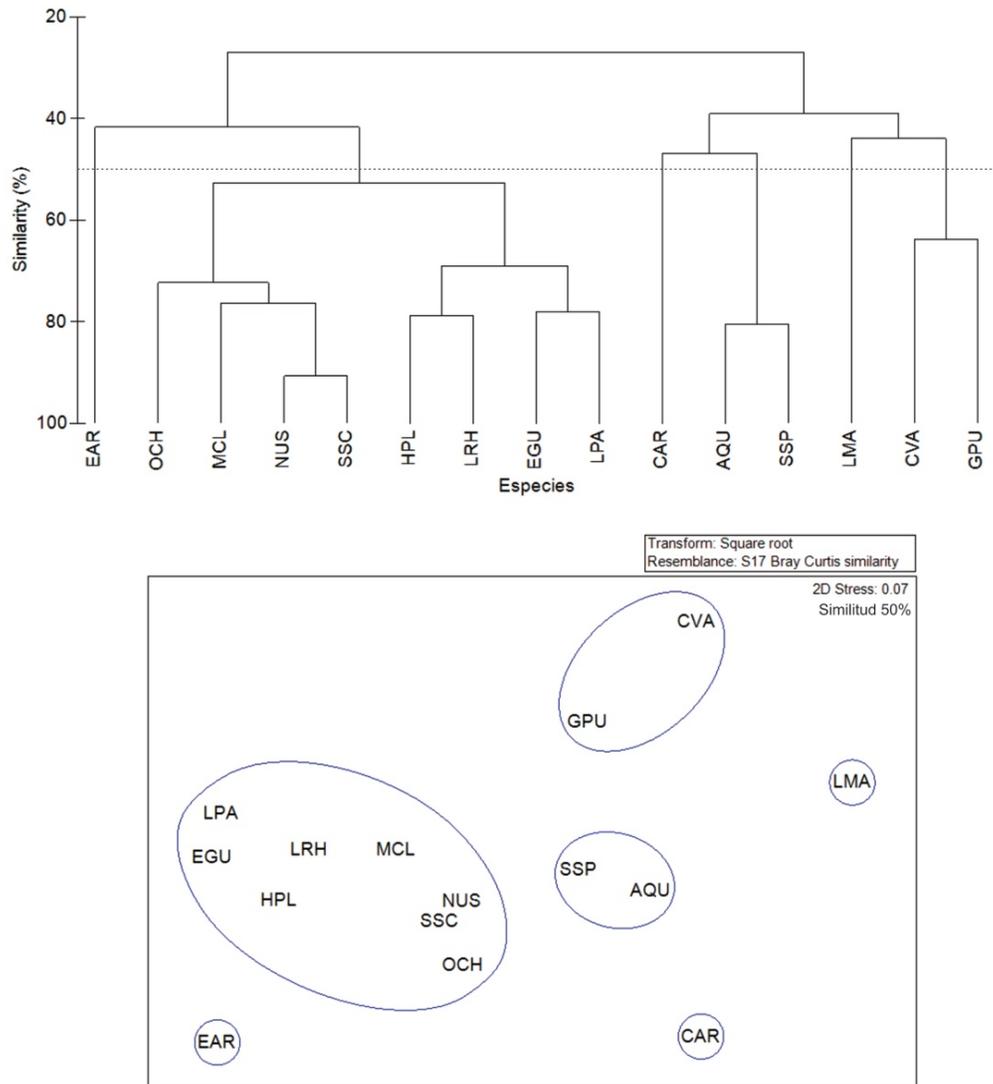


Figura 15. Agrupamiento de especies de peces óseos juveniles por medio del análisis de a) Cluster y b) MDS, a partir del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis con datos de abundancia de los peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche. LMA: *L. maximus*, GPU: *J. pulchra*, CVA: *C. variegatus*, EAR: *E. argenteus*, LRH: *L. rhomboides*, HPL: *H. plumierii*, LPA: *L. parva*, EGU: *E. gula*, CAR: *C. arctifrons*, OCH: *O. chrysoptera*, SSC: *S. scovelli*, NUS: *N. usta*, MCL: *M. ciliatus*, SSP: *S. spengleri* y AQU: *A. quadricornis*.

7.3.6. Jerarquización de las especies con respecto a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia presentes en la VAS de la RBLP

De las 55 especies colectadas en el ciclo anual de muestreo en la RBLP, *E. gula*, *L. parva*, *H. plumierii* y *L. rhomboides* fueron clasificadas como especies dominantes (7.27%) por su alta frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa. El monacantido *M. ciliatus*, los hemúlidos *O. chrysoptera* y *H. aurolineatum*, el signátido *S. scovelli* y el tetraodontido *S. spengleri* fueron

categorizados como especies raras (9.09%) debido a su bajo porcentaje de frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa (Tabla VIII).

Al analizar la jerarquización de las especies a nivel de transecto, en TA durante la temporada de secas se colectaron 23 especies, de las cuales *L. rhomboides* y *M. ciliatus* fueron categorizadas como dominantes (9%); para este mismo transecto *H. plumieri*, *N. usta*, *E. gula* y *O. chrysoptera* fueron categorizadas como raras (17%). En el TI se identificaron 25 especies, de las cuales *L. rhomboides* y *L. parva* fueron dominantes (8%) y solo *E. gula* fue clasificada como frecuente (4%); *O. chrysoptera*, *M. ciliatus*, *J. pulchra* y *O. beta* fueron clasificadas como raras (16%). En el TC se colectaron 30 especies, de las cuales *L. rhomboides* y *O. chrysoptera* fueron dominantes (7%). Al igual que en el TI, *E. gula* fue frecuente (3%), *L. parva* se clasificó como ocasional (3%) por su alta abundancia relativa y *M. ciliatus*, *N. usta* y *H. plumierii* (10%) como raras (Tabla VIII).

Tabla VIII. Clasificación de las especies de la comunidad de peces óseos juveniles total de la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, por temporadas y transectos con respecto a la frecuencia relativa y a la abundancia total.

Temporadas	Transectos	Dominantes	Frecuentes	Ocasionales	Raras
Total		<i>E. gula</i> <i>L. rhomboides</i> <i>H. plumieri</i> <i>L. parva</i>			<i>M. ciliatus</i> <i>O. chrysoptera</i> <i>S. scovelli</i> <i>S. spengleri</i> <i>H. aurolineatum</i> <i>Nicholsina usta</i>
Secas	TA	<i>L. rhomboides</i> <i>M. ciliatus</i>			<i>H. plumieri</i> <i>N. usta</i> <i>E. gula</i> <i>O. chrysoptera</i>
	TI	<i>L. rhomboides</i> <i>L. parva</i>	<i>E. gula</i>		<i>M. ciliatus</i> <i>J. pulchra</i> <i>O. beta</i> <i>S. spengleri</i>
	TC	<i>L. rhomboides</i> <i>O. chrysoptera</i>	<i>E. gula</i>	<i>L. parva</i>	<i>M. ciliatus</i> <i>N. usta</i> <i>H. plumieri</i>
Lluvias	TA	<i>E. gula</i>	<i>H. plumieri</i> <i>L. rhomboides</i> <i>M. ciliatus</i>		
	TI	<i>L. parva</i>	<i>E. gula</i> <i>L. rhomboides</i> <i>H. plumieri</i>		<i>L. synagris</i> <i>M. ciliatus</i>
	TC	<i>E. gula</i>	<i>L. rhomboides</i>		<i>L. parva</i> <i>H. plumieri</i>
Nortes	TA	<i>L. parva</i>	<i>H. plumieri</i>		<i>E. gula</i> <i>L. rhomboides</i> <i>E. argenteus</i>
	TI	<i>H. plumieri</i>	<i>E. gula</i>		<i>L. rhomboides</i>

Temporadas	Transectos	Dominantes	Frecuentes	Ocasionales	Raras
		<i>E. argenteus</i>	<i>S. scovelli</i>		<i>L. parva</i> <i>N. usta</i>
	TC	<i>H. plumieri</i> <i>E. argenteus</i> <i>E. gula</i>	<i>L. rhomboides</i>	<i>L. parva</i>	<i>S. scovelli</i> <i>M. ciliatus</i>

En la temporada de lluvias en el TA se colectaron 18 especies, de las cuales *E.gula* fue considerada especie dominante (6%), debido a que se presentó abundantemente en todas las estaciones. *H. plumieri*, *L. rhomboides* y *M. ciliatus* se catalogaron como frecuentes (17%). En TI se colectaron 18 especies, donde *L. parva* fue dominante (6%) como resultado de su alta frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa. Las especies *L. rhomboides*, *L. parva* y *H. plumieri* fueron frecuentes (17%) y *L. synagris* y *M. Ciliatus* fueron consideradas como raras. De las 26 especies colectadas en TC, *E. gula* fue considerada dominante (4%); en este caso solo *L. rhomboides* fue clasificada como frecuente (4%); *L. parva* y *H. plumieri* (8%) como raras (Tabla VIII).

En TA durante la temporada de nortes fueron recolectadas 17 especies. De estas, *L. parva* fue categorizada como dominante (6%) ya que estuvo presente en todas las estaciones del transecto. Se clasificó *H. plumieri* como frecuente (6%); *E. gula*, *L. rhomboides* y *E. argenteus* como raras (18%). De las 24 especies colectadas en TI, *E. argenteus* y *H. plumieri* se consideraron especies dominantes (8%), esta última especie se encontró en todas las estaciones del transecto. Las especies *E. gula* y *S. scovelli* fueron clasificadas como frecuentes (8%); *L. rhomboides*, *L. parva* y *N. usta* como raras (8%). En TC se capturaron 33 especies, de las cuales los Gérridos *E. gula*, *E. argenteus* y el Hemúlido *H. plumieri* fueron dominantes (9%); solo *L. rhomboides* fue considerada ocasional (3%), debido a su alta abundancia relativa y a su baja frecuencia de ocurrencia *S. scovelli* y *M. ciliatus* fueron categorizadas como raras (6%; Tabla VIII).

7.4. Interacción de las características de la comunidad de peces óseos

juveniles con relación en las condiciones físico-químicas de la VAS

El análisis de factores con el método de extracción de componentes principales (ACP) mostró una varianza acumulada para el factor 1 y 2 de 60.91%, por lo que se incluyó el factor 3, para llegar a una varianza acumulada de 76.90% (Fig. 16, Tabla IX). La profundidad, salinidad, pH, cobertura de *T. testudinum* y *S. filiforme*, la altura de las hojas de *S. filiforme* y *H. wrightii*,

presentaron valores mayores a 0.71, lo cual los hace buenos estimadores (Tabachnick y Fidell, 1989).

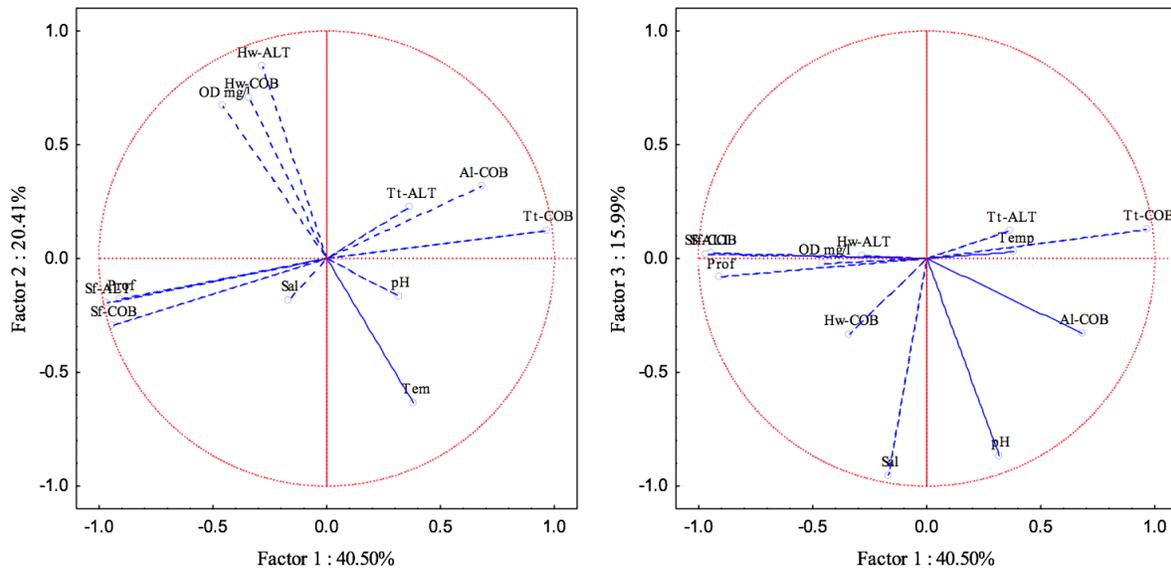


Figura 16. Análisis de Componentes Principales (ACP) de los parámetros físico-químicos: temperatura (Tem), oxígeno disuelto (OD), pH (pH), salinidad (Sal) y profundidad (Prof). VAS cobertura: *Thalassia testudinum* (Tt cob), *Syringodium filiforme* (Sf cob), *Halodule wrightii* (HW cob), macroalgas (Al cob). Altura: *Thalassia testudinum* (Tt alt), *Syringodium filiforme* (Sf alt), *Halodule wrightii* (HW alt).

Tabla IX. Tabla de eigenvalores del Análisis de Componentes Principales de los parámetros físico-químicos y la vegetación acuática sumergida de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche.

	Eigenvalores	Varianza total (%)	Eigenvalor acumulativo	Acumulativo (%)
1	4.861	40.505	4.861	40.505
2	2.450	20.414	7.310	60.918
3	1.918	15.986	9.229	76.904
4	1.379	11.488	10.607	88.393
5	0.713	5.943	11.320	94.336
6	0.445	3.705	11.765	98.041
7	0.137	1.139	11.902	99.180
8	0.098	0.820	12.000	100.000

El análisis canónico de correspondencias (ACC) mostró una relación entre las especies de peces óseos juveniles observados con la VAS y los parámetros físicoquímicos medidos (pH, salinidad y profundidad); así mismo se observaron agrupaciones por transecto y temporada. La presencia de la especie *E. gula* (una de las especies con mayor abundancia) se relacionó con la cobertura de *T. testudinum* y presentó una asociación con la temporada de lluvias. Las especies *L.*

parva, *H. plumierii* y *E. argenteus*, se encuentran relacionadas con la cobertura vegetal de *S. filiforme* y la altura de las hojas de la especie de pasto *H. wrightii*. Las especies de peces *S. spengleri*, *C. arctifrons* y *C. variegatus*, están relacionadas con la altura de las hojas de *S. filiforme*, la profundidad y las estaciones que se encuentran en el TI durante la temporada de secas. La presencia del resto de las especies de peces óseos juveniles estuvo influenciada principalmente por el pH y la salinidad (Fig. 17).

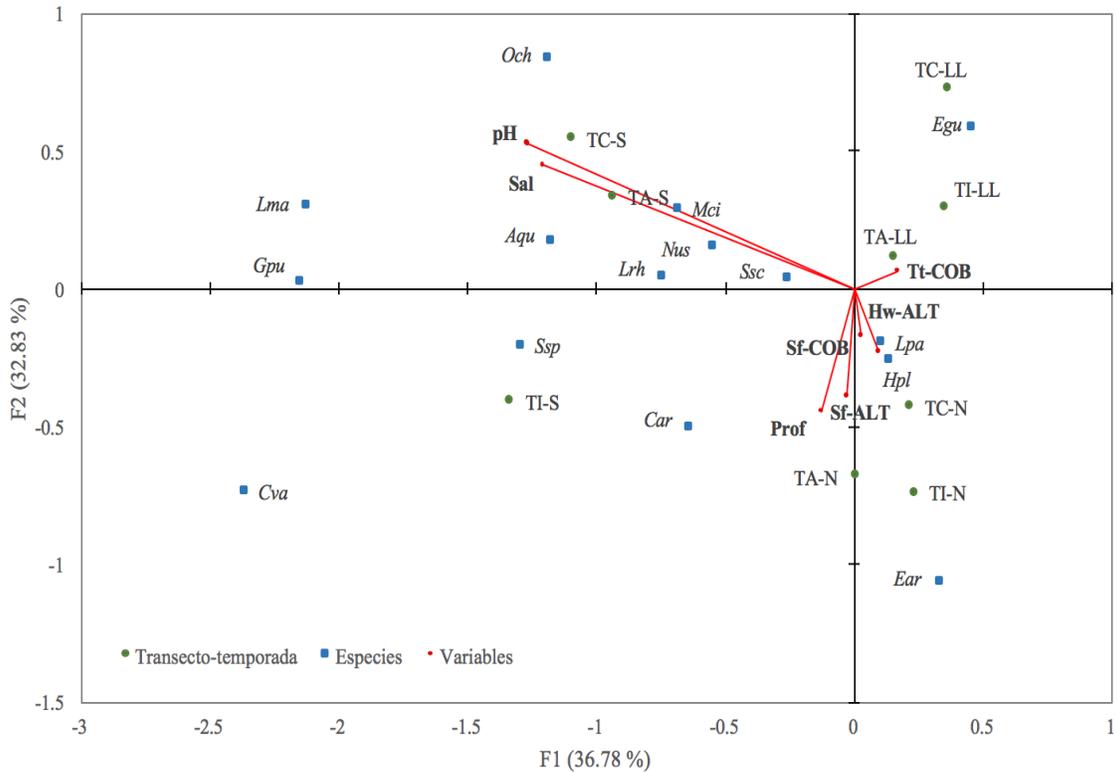


Figura 17. Análisis canónico de correspondencias. Relación de la abundancia de peces por temporadas y transecto. Especies: *Lucania parva* (Lpa), *Eucinostomus gula* (Egu), *Lagodon rhomboides* (Lrh), *Orthopristis chrysoptera* (Och), *Monacanthus ciliatus* (Mcl), *Jordanella pulchra* (Gpu), *Sphoeroides spengleri* (Ssp), *Acanthostracion quadricornis* (Aqu), *Calamus arctifrons* (Car), *Syngnathus scovelli* (Ssc), *Nicholsina usta* (Nus), *Haemulon plumieri* (Hpl), *Lachnolaimus maximus* (Lma), *Cyprionodon variegatus* (Cva) y *Eucinostomus argenteus* (Ear). Parámetros físico-químicos: pH (pH), Salinidad (Sal) y profundidad (Prof). VAS cobertura: *Thalassia testudinum* (Tt cob), *Syringodium filiforme* (Sf cob). Altura: *Syringodium filiforme* (Sf alt), *Halodule wrightii* (HW alt). Estaciones: secas TA (Sec TA), secas TI (Sec TI). Secas TC (Sec TC), lluvias TA (LI TA), lluvias TI (LI TI), lluvias TC (LI TC), nortes TA (Nor TA), nortes TI (Nor TI), nortes TC (Nor TC).

7.5. Descripción de las especies de peces óseos juveniles con valor comercial

De las 55 especies identificadas, 43 tienen alguna importancia como recurso económico, el cual equivale al 78% de la comunidad de peces óseos juveniles observada. Las principales actividades económicas que utilizan peces óseos como recursos son: la pesca comercial en un 48%, especies de acuario u ornato el 35%, el 7% es capturado por la pesca deportiva, el 5% lo captura la pesca

artesanal multiespecífica, el 3% es utilizado como cebo para la captura de otras especies y el 2% lo componen especies que son utilizadas para la acuicultura (Tabla X).

Tabla X. Especies de peces óseos de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, usadas en la pesca comercial y multiespecífica artesanal dentro de la RBLP. Información obtenida de la Carta Nacional Pesquera.

Pesca	Regiones	Especie	Nombre común
Comercial	Tamaulipas y Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán	<i>Diplectrum radiale</i>	Guatacare de charco
		<i>Haemulon aurolineatum</i>	Ayus, Ratón
		<i>Haemulon plumieri</i>	Chac-chí
		<i>Lachnolaimus maximus</i>	Boquinete
		<i>Lutjanus griseus</i>	Pargo mulato
		<i>Lutjanus synagris</i>	Rubia, chacalcaí
		<i>Synodus foetens</i>	Pez iguana o chile
	Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo	<i>Bairdiella chrysoura</i>	Corvina, Gurrubata
		<i>Orthopristis chrysoptera</i>	Armado
Multiespecífica artesanal	Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo	<i>Sphoeroides nephelus</i>	Pez sapo, xpu
		<i>Sphoeroides spengleri</i>	Xpú, Sapo, botete, globo

7.5.1. Abundancia relativa de las especies de importancia económica

La abundancia relativa total de las especies con importancia económica fue de 8.42 ind/100 m² (± 4.16). Durante la temporada de secas la abundancia relativa fue de 7.08 ind/100m² (± 5.72), en la de lluvias de 8.83 ind/100 m² (± 5.50) y en nortes de 9.36 ind/100 m² (± 1.59 ; Fig. 18). No se encontraron diferencias significativas entre temporadas (ANOVA, P > 0.05).

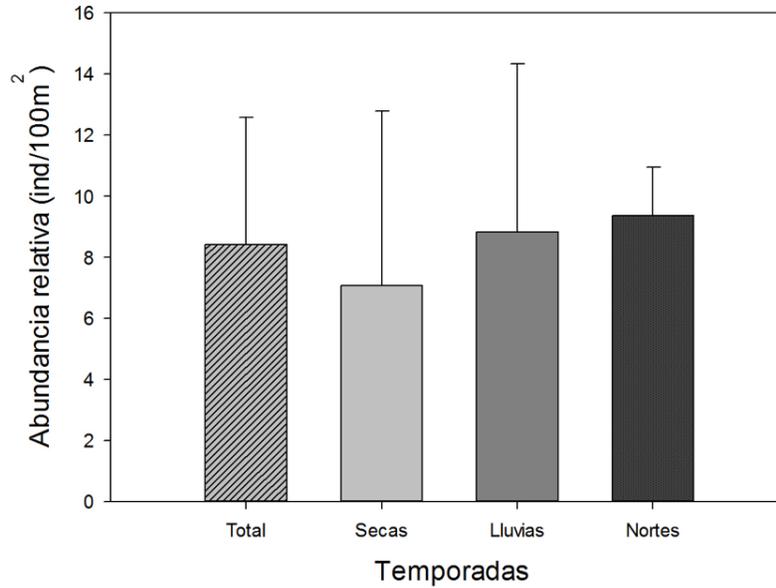


Figura 18. Abundancia relativa total y por temporadas de peces óseos juveniles de la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche, con importancia económica. Valores promedio \pm desviación estándar.

7.5.2. Relación de la distribución y abundancia de las especies de valor comercial con las condiciones físico-químicas de la VAS

El análisis de similitud entre las comunidades observadas por transecto, para cada una de las temporadas de muestreo, muestra un claro agrupamiento. Con un 60% de similitud se identificaron tres grupos, el primero por los transectos TI de nortes y lluvias y TC de nortes, el segundo por la temporada de lluvias TC y TA y el ultimo por los tres transecto de la temporada de secas; estas asociaciones ocurrieron por registrar similitudes en la composición de especies y densidades de peces óseos juveniles de interés para la pesca regional de Campeche. El transecto que no se agrupo fue TA de la temporada de nortes (Fig. 19).

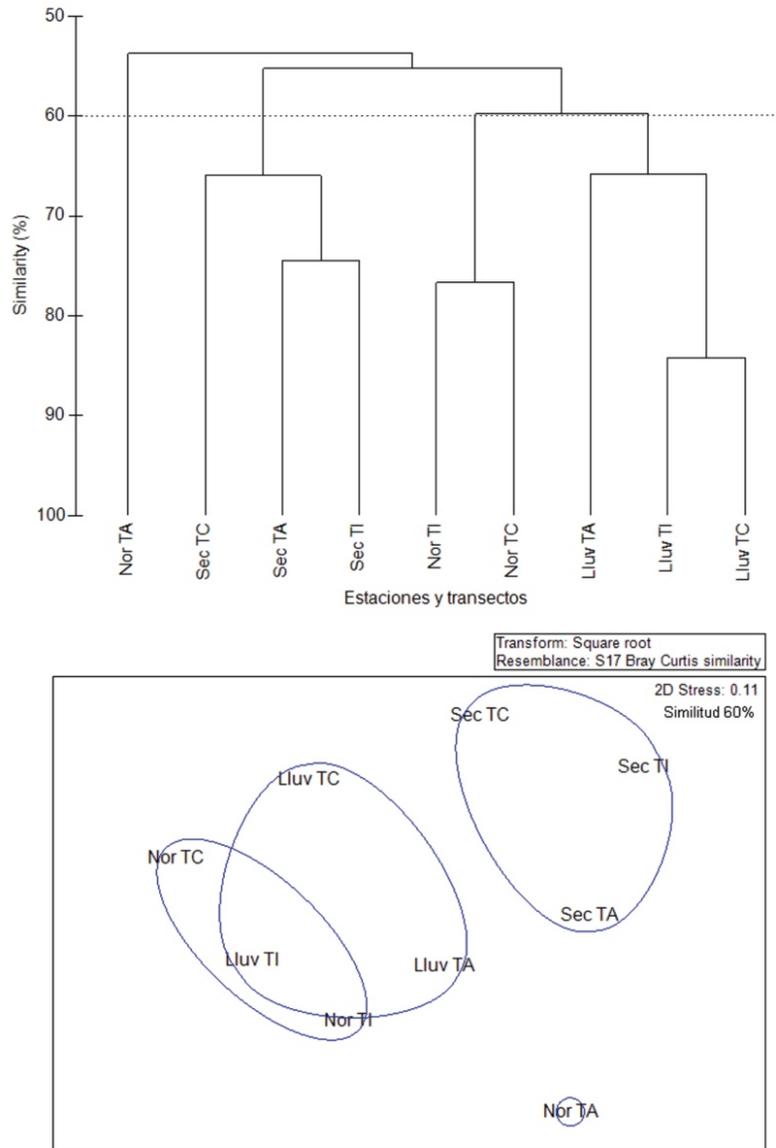


Figura 19. Agrupamiento de especies y abundancia de peces óseos juveniles de interés económico en la pesca regional de Campeche capturados en la Reserva de la Biósfera Los Petenes. Análisis de Cluster y MDS, por transectos y temporadas, mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis. Temporada: secas (Sec), lluvias (Lluv) y nortes (Nor). Transectos: Transecto alejado de la costa (TA); Transecto intermedio (TI) y Transecto cercano a la costa (TC).

A partir del ACC con 80.45% de explicación, se observó que hay relación entre las especies de peces óseos juveniles de la pesca regional de Campeche con algunas variables ambientales, la cobertura de la VAS, así como la altura de los pastos. Las especies *S. spengleri* y *L. maximus*, se encontraron principalmente en TI y TA en secas (Fig. 21), su presencia está influenciada por los cambios que se dan en el ambiente por el pH y la salinidad, con respecto a las especies de *O. chrysoptera*, *S. foetens* y *B. chrysooura*, estas se encontraron con mayor

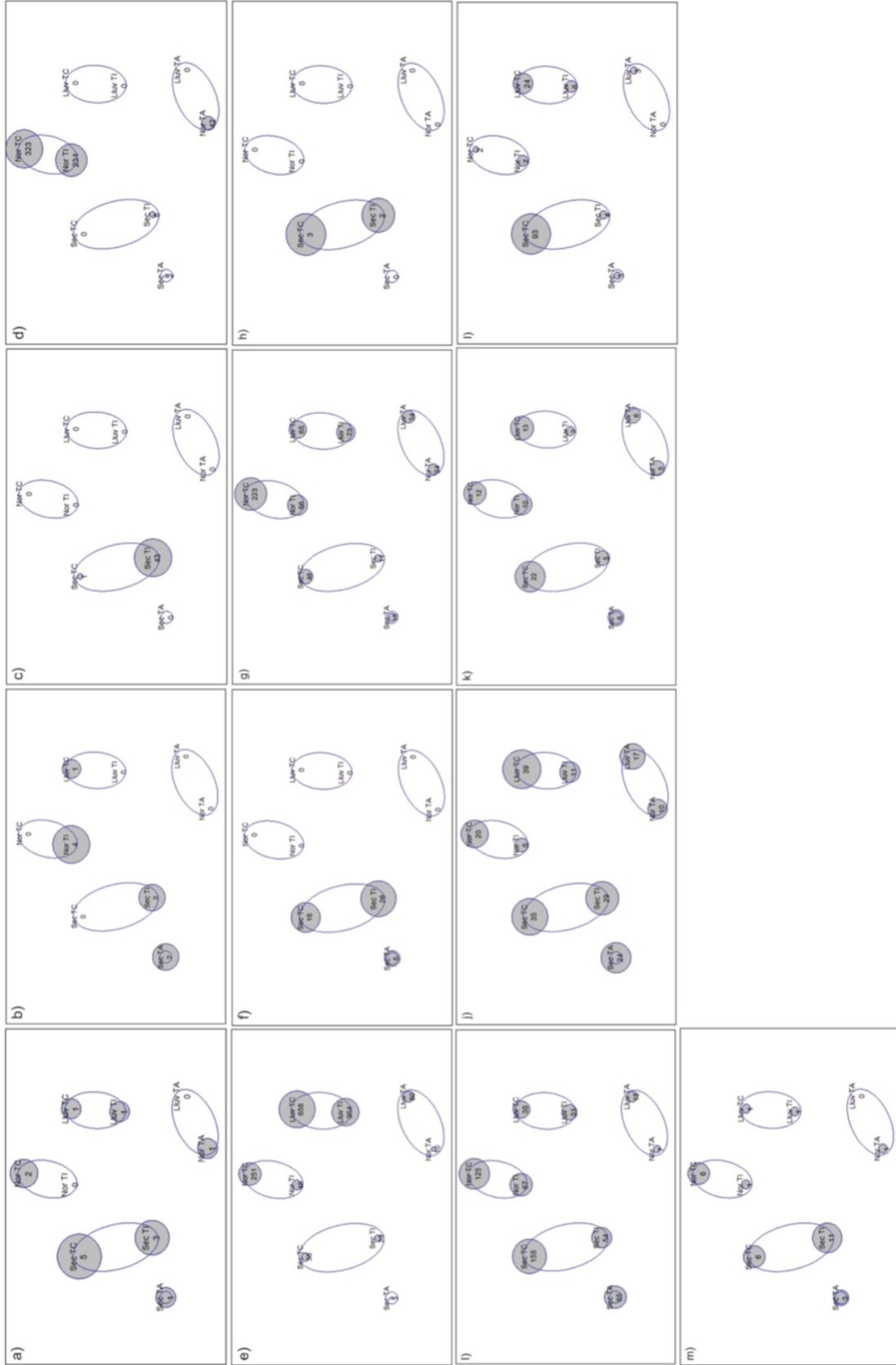


Figura 21. Agrupamiento de abundancias de las especies de peces óseos juveniles de interés para la pesca regional de Campeche capturados en la Reserva de la Biósfera los Petenes, Campeche; a partir del análisis de MDS, por transectos y temporadas, mediante el uso del promedio de grupos con la liga de similitud de Bray-Curtis. a) *A. quadricornis*, b) *C. arcifrons*, c) *C. variegatus*, d) *E. argenteus*, e) *E. gula*, f) *J. pulchra*, g) *H. plumieri*, h) *L. maximus*, i) *L. rhomboides*, j) *M. ciliatus*, k) *N. usta*, l) *O. chrysoptera* y m) *S. spengleri*. Level stress de 0.14.

8. Discusión

Este estudio demuestra que la zona costera de la RBLP, en la cual se encuentra una extensa área de vegetación acuática sumergida (VAS) compuesta por asociaciones de diferentes especies de pastos marinos y macroalgas, alberga una alta diversidad y abundancia de especies de peces óseos juveniles. Las especies de pastos marinos que componen esta pradera son *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, y las macroalgas.

La reserva cuenta con una zona de transición y transferencia trófica entre el manglar y el océano. La RBLP se encuentra en la bioregión del Atlántico Tropical, la que de acuerdo con Short et al. (2007) se caracteriza por la presencia de *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. En las costas del Golfo de México y Caribe Mexicano *H. wrightii* y *S. filiforme* son consideradas como especies pioneras, mientras que *T. testudinum* es una especie clímax, ya que su presencia predomina en ecosistemas estables y se encuentra en sitios con bajo impacto antrópico (Gallegos et al., 1993; Molles, 2005; Van Tussenbroek et al., 2006). Durante este estudio se observó una variación en la composición florística de la VAS en función de la profundidad y la distancia desde la zona de manglar hacia mar adentro, la cual delimita la zona marítima de la terrestre. En las estaciones más cercanas al manglar (TC) se observó una dominancia de *T. testudinum* y macroalgas, en menor porcentaje se observó la presencia de *H. wrightii* durante la temporada de secas y lluvias. En las estaciones intermedias (TI), la composición de la VAS fue mixta, compuesta por las tres especies de pastos marinos y macroalgas. En las estaciones más profundas y alejadas del manglar (TA), *S. filiforme* presentó los mayores porcentajes de cobertura, seguida de *T. testudinum* y macroalgas en menor proporción, y además presentó una variación estacional. Dada la alta cobertura de *T. testudinum* a lo largo y ancho de la pradera, esta especie tiene la función de mantener el equilibrio ecológico de la pradera, ya que entre sus principales funciones se encuentra la producción primaria, la fijación de sedimentos y refugio para un gran número de especies, al igual que lo observado en otros ecosistemas a nivel mundial (Creed et al., 2003). Esta especie se distribuye desde la zona intermareal superior hasta una profundidad de 10-15 m aproximadamente, es una especie marina intolerante a la exposición prolongada de aguas dulces

o salobres, lo cual podría explicar la variación en el porcentaje de cobertura por temporadas (May-Kú et al., 2010; Van Tussenbroek, et al., 2011). La especie *H. wrightii* sólo se observó en algunas estaciones tanto someras como profundas, ya que puede habitar desde la zona intermareal hasta una profundidad aproximadamente de 20-30 m, esto debido a que es una especie que tolera amplias variaciones en condiciones ambientales (Ramírez-García y Lot, 1994; Van Tussenbroek et al., 2011). En contraparte, *S. filiforme* se distribuye en áreas con altas concentraciones de nutrientes o zonas profundas en donde la intensidad de luz es menor (Van Tussenbroek et al., 2011). La distribución de cada una de las especies, de pasto marino que componen la pradera de la RBLP, depende de las condiciones ambientales, siendo esta un reflejo de las mareas, gradiente de salinidad y temperatura, intensidad de la luz, entre otros parámetros que delimitan el área de distribución en función de la fisiología de cada especie (Orth y Van Montfrans, 1984; Ibarra y Ríos, 1993; Lara-Lara et al., 2008; Durán y Méndez, 2010; Van Tussenbroek et al., 2011).

8.1. Parámetros ambientales de la RBLP

Las características hidrográficas y topográficas de la RBLP son condiciones óptimas para ser un área de crianza, alimentación y reproducción para una gran diversidad de especies de peces. Sin embargo, la utilización de las áreas de crianza de determinada región está influenciada por su relación con los factores abióticos (Gibson, 1997; Yamashita et al., 2001; Jackson et al., 2001), ya que de ellos depende la distribución y abundancia de las especies de peces óseos en diferentes escalas espaciales y temporales (Thiel et al., 1995; Salgado et al., 2004; Franca et al., 2008; Cardoso et al., 2011; Ooi y Chong, 2011; Chaudhuri et al., 2013). En las zonas costeras, la variabilidad estacional o a largo plazo de la composición de los peces suele estar relacionada con las altas precipitaciones, la geomorfología de la línea de la costa, profundidad, circulación litoral, distribución de la VAS y los períodos secos que pueden influir significativamente en variables ambientales como la salinidad (Satpathy, 1996), temperatura (Blaber, 2000; Jackson et al., 2015), oxígeno disuelto y pH (Chaudhuri et al., 2013). En este estudio se observaron diferencias significativas en las variables ambientales medidas durante las tres temporadas de muestreo (secas, lluvias y nortes), lo que se atribuye a la asociación entre la fuerza y dirección de los vientos, tiempo de residencia del agua, aportes dulceacuícolas subterráneos (por manantiales) y al volumen de descarga de agua continental que está condicionado por la temporalidad climática de la región; otro factor importante es la circulación de agua en el Golfo de México, la cual está definida por la fuerte corriente proveniente del Mar Caribe que penetra por el Estrecho de

Yucatán y forma la denominada Corriente del Lazo para salir hacia el Atlántico Norte por el Estrecho de la Florida (Vukovich 1988; Vidal et al. 1994; Ordóñez-López y García-Hernández, 2005; Ayala-Pérez et al., 2012).

Las mayores temperaturas se registraron en la temporada de lluvias, lo cual concuerda con Ayala et al. (2014) y Toro Ramírez et al. (2017), mientras que las temperaturas más frías fueron registradas en la temporada de nortes, esto último posiblemente debido a la presencia de frentes fríos que están acompañados de vientos del norte y lluvias esporádicas, lo que genera una disminución en la temperatura tanto en el ambiente como en la columna de agua (Muñoz-Rojas et al., 2013; Lee et al., 2016). En contraste, las máximas salinidades y pH se observaron durante la temporada de secas (Muñoz-Rojas et al., 2013; Toro Ramírez et al., 2017). De acuerdo a Vega-Cendejas y Hernández de Santillana (2004), la magnitud y estabilidad de la salinidad se encuentra condicionada por la morfología y tamaño del sistema, por las mareas, la entrada de agua dulce y las condiciones climáticas presentes. Por su parte, los valores mínimos de la salinidad se registraron en lluvias, como consecuencia del incremento en el aporte de agua continental debido a los escurrimientos de la planicie costera, los cuales llegan a la plataforma continental a través de ríos subterráneos (Ayala-Pérez et al., 2016). Los valores de pH muestran una ligera tendencia hacia la alcalinidad, lo cual se le puede atribuir al efecto de lavado de sedimentos carbonatados, y a la captación de CO₂ por la actividad fotosintética de la VAS y el fitoplancton (Hernández-Ayón et al., 2003; May-Kú et al., 2016). Las variaciones en la salinidad y pH pueden ser atribuidos a la geomorfología de la península de Yucatán enfatizando el origen kárstico y funcionamiento de cenotes, petenes y ríos subterráneos como elementos importantes en el balance hídrico de la región (Cervantes, 2007).

No obstante, lo anterior, el oxígeno disuelto (OD) fue similar durante las tres temporadas de muestreo, con valores máximos en la temporada de nortes, ya que la temperatura es baja, y la solubilidad tiende a aumentar al presentarse vientos del norte disminuyendo la temperatura debido al movimientos de masas de agua producto del viento y las mareas (Alvarado y Aguilar, 2009). La variación en las concentraciones del OD en el agua se puede interpretar como una respuesta al efecto combinado de procesos físicos (circulación litoral, la marea, los vientos y la temperatura), biológicos (productividad primaria y la oxidación de la materia orgánica), y de químicos (intercambio gaseoso con la atmósfera). Por lo que el intervalo de variación que se registró refleja un ambiente altamente productivo, dinámico y concuerda con lo registrado por

Muñoz-Rojas et al. en el 2013 (variaron de 2.1 mg/L a 10.7 mg/L) , Ayala et al. en el 2014 (variaron de 0.48 mg/L a 8.43 mg/L) y Toro Ramírez et al. (2017; variaron de 3.2 mg/L a 4.8 mg/L). Esta variación se debe principalmente a que las áreas costeras se ven afectadas por ríos pequeños y estuarios, presentando valores elevados de productividad (Lohrenz et al., 1999). Cabe mencionar que Muñoz-Rojas et al. (2013), Ayala et al. (2014) y Toro Ramírez et al. (2017) midieron los parámetros ambientales en la superficie y en el fondo de la columna de agua; sin encontrar diferencias significativas entre ambas mediciones.

La temporada de secas es considerada la temporada con mayor estabilidad ambiental, debido a que la temperatura se mantiene, la descarga de los ríos es mínima, predomina los vientos del sureste con una intensidad homogénea, y aumenta la transparencia del agua. En tanto que en nortes se registró una mayor variabilidad, debido a que al final de la temporada de lluvias hay un incremento en el volumen del agua entre los meses de noviembre y enero, provocado por la combinación de los procesos de descarga de agua continental y la frecuencia de aparición de frentes fríos y lluvias torrenciales (Ordóñez-López y García-Hernández, 2005; Ayala-Pérez et al., 2012;; Lee et al., 2016).

8.2. Abundancia y biomasa relativa de peces óseos juveniles

La abundancia relativa obtenida (12.82 ind/100 m²) durante el periodo de muestreo puede ser considerada relativamente alta, porque coincide con lo reportado por otros estudios realizados en ecosistemas similares (Nagelkerken et al., 2001; Jackson et al., 2002; Ordóñez-López y García-Hernández 2005; Polte y Asmus, 2006; Raedemaeker et al., 2010). Todos estos estudios determinaron que la presencia de VAS aumenta la abundancia y crecimientos de peces en estadio juvenil, en comparación con aquellos ambientes donde está ausente. Lo anterior se debe a que una alta abundancia de peces juveniles está relacionada con una mayor complejidad estructural del hábitat, siendo esta una variable determinante en la disponibilidad de refugio que provee la VAS como hábitat de crianza (Yáñez-Arancibia, 1999; Nagelkerken et al., 2001). Esto resalta que este ecosistema sea ecológicamente importante, ya que al soportar una mayor densidad de juveniles, dará lugar a un mayor reclutamiento a las poblaciones de adultos (Carr y Adams, 1973; Yáñez-Arancibia, 1999; Beck et al., 2001).

De manera temporal, la mayor abundancia de peces óseos juveniles fueron observadas durante la temporada de lluvias y las menores durante la temporada de secas, en contraparte, los valores máximos de biomasa relativa, los valores máximos se registraron en la temporada de

secas y los mínimos en lluvias. Mientras que Toro-Ramírez et al., (2017), encontraron una mayor densidad en nortes, la cual es relativamente mayor que la reportada en el presente trabajo; esto debido tanto al mayor esfuerzo como duración del muestreo. Con respecto a la biomasa se presentó el mismo patrón. Muñoz-Rojas et al. (2013), registraron una mayor densidad en la temporada de lluvias y la menor en secas. Ayala-Pérez et al. (2012) obtuvieron una variación temporal de la abundancia en densidad, biomasa y peso promedio, mostrando una tendencia de incremento en las épocas de secas y lluvias y una tendencia decreciente en nortes. Sin embargo, para esta misma ecorregión, Ordóñez-López y García-Hernández (2005), reportaron un patrón inverso en la abundancia y biomasa relativa, es decir reportaron las mayores concentraciones de peces óseos durante la temporada de secas y la menor durante la temporada de lluvias, mientras que los valores máximos de biomasa ocurrieron en lluvias y mínimos en secas. Cabe señalar que el presente estudio estuvo dirigido a los estadios juveniles que habitan la RBLP y Ordóñez-López y García-Hernández (2005) estudiaron las comunidades de peces óseos en estadio adulto de la laguna de Yalahau, Quintana Roo. Aunque ambas pertenecen a la misma ecorregión, tiene sus propias características (es una laguna costera, son áreas someras, dominado por arenas, influencia de corrientes y cobertura arrecifal). Sin embargo, aun cuando las áreas de estudio son distintas, la tendencia de la variación estacional en la abundancia relativa de las comunidades de peces puede ser un reflejo del cambio de las condiciones ambientales. Así, en la temporada de lluvias hay un aporte dulceacuícola continental en el área intermareal de la RBLP, ocasionando un mayor aporte de nutrientes y por ende un incremento en la productividad primaria local, lo cual se ve reflejado en un aumento en la biomasa de los siguientes niveles tróficos como reflejo de la disponibilidad de alimento (Lee et al., 2016). Estas condiciones generan el ambiente propicio para que las diferentes especies de peces que las habitan lleven a cabo el proceso reproductivo, se garantice la disponibilidad de alimento y supervivencia de un alto porcentaje de larvas y conlleva a aumentar la calidad del hábitat para una gran cantidad de organismos (Molina, 1996; Dominici et al., 2000; Beck et al., 2001; Dethier et al., 2003; Lee et al., 2016).

Al hacer un análisis entre la variación espacial de la abundancia y biomasa relativa con respecto a la distribución de la VAS, se observó una clara asociación. Los valores máximos de ambas variables se registraron en las estaciones intermedias (TI), en las cuales se observaron una composición mixta de VAS (*T. testudinum*, *S. filiforme*, *H. wrightii* y macroalgas), lo cual podría indicar un mayor potencial como hábitat de crianza. En cambio, los valores mínimos de

abundancia y biomasa relativa se registraron en las estaciones alejadas del manglar (TA), donde la mayoría del área se encuentra cubierta una única especie, *S. filiforme*. Según Dorenbosch et al. (2005), las áreas de transición son zonas específicas de la zona costera que a menudo tienen mayor densidad de peces que áreas más alejadas de los bordes. Es posible asociar, la abundancia y diversidad de especies con su capacidad de desplazamiento y preferencia por alguna especie de vegetación presente en el ecosistema, esto con la finalidad de evitar la depredación y encontrar alimento disponible (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1999; Nagelkerken et al., 2002; Unsworth et al., 2007). Por lo tanto, la variación espacial y temporal de la abundancia y biomasa de las especies podría estar más relacionada con la tolerancia al medio hidrológico, así como con las características de la especie de pasto presente y a la conducta trófica.

8.3.Frecuencia de tallas

La mayoría de los peces capturados en este estudio presentaron tallas pequeñas, entre 20-40 mm LE, se encontraron diferencias significativas entre la temporada de secas y lluvias, y espacialmente entre las estaciones alejadas del manglar (TA). En lluvias la mayoría de los peces recolectados tenían tallas de 20-30 mm LE; estas diferencias en los intervalos de tallas, entre temporadas, se pueden deber a que las especies de una misma comunidad presentan diferentes momentos de reclutamiento, lo cual se refleja en un incremento en su densidad, en una disminución en la biomasa y en una mayor frecuencia de un intervalo de tallas o cohorte poblacional (Muñoz-Rojas et al., 2013).

Tanto el crecimiento y la abundancia de los peces en un determinado hábitat pueden ser considerados como indicadores de la calidad de este (Beck et al., 2001), debido a que estas variables integran el efecto de diferentes factores específicos, tal es el caso de la disponibilidad de alimento y las características abióticas del hábitat (Sogard et al., 2001; Meise, 2003; Nécaise et al., 2005; Tarpgaard et al., 2005).

8.4.Atributos ecológicos de la estructura de la comunidad

La VAS, como parte del sustrato y los factores abióticos son fundamentales en la determinación de la abundancia, la riqueza de especies y de la diversidad de las comunidades de peces óseos juveniles (Heck y Orth 1980). Según Hindell et al. (2001) el elevado número de especies de peces óseos que habitan la VAS podría ser resultado de una gran variedad de factores como la complejidad del hábitat, suministro de alimento, refugio para la depredación y efectos

hidrodinámicos. En la RBLP se identificaron 55 especies, siendo el número de especies más alto reportado para esta localidad, en comparación con estudios realizados previamente; Muñoz-Rojas et al. (2013) identificaron 46 spp. (21,795 ind.), Ayala-Pérez et al. (2014) 44 spp. (10,602 ind), Ayala-Pérez et al. (2016) 46 spp. (11,050 ind), y Toro-Ramírez et al. (2017) 31 spp. (11,767 ind) en total. Así mismo, en el presente estudio se obtuvo una mayor diversidad (H' : 1.85 bits/ind) y una mayor equidad (J' : 0.70 bits/ind) a pesar de obtener una menor cantidad de organismos capturados (5,505 ind). Sin embargo, estas diferencias en el número total de especies identificadas puede deberse a que los estudios anteriores estuvieron dirigidos a la comunidad íctica en general, con un muestreador con un área de barrida más grande (red camaronera de 5 m de largo, 2.5 m de abertura de trabajo y 19 mm de luz de malla, operada por 12 min) en un área restringida cercana a la zona de manglar y las estaciones de muestreo más alejadas de la línea de costa fueron ubicadas a 2 km, región en la cual la VAS tiene un mayor porcentaje de cobertura de *T. testudinum* y macroalgas.

En la península de Yucatán, Ordóñez-López y García-Hernández (2005) reportaron una mayor riqueza de especies (92 spp., 7, 273 ind), alta diversidad (H' : 3.3 bits/ind) y una menor equidad (J' : 0.5 bits/ind) para la laguna de Yalahau, Quintana Roo. Al comparar la lista sistemática de especies reportada por estos autores, con las especies identificadas en el presente estudio, se identificaron 30 spp. en común (54.54%). Las diferencias en los atributos ecológicos entre ambos estudios, puede deberse a que la laguna de Yalahau se localiza en la zona de transición entre la región del caribe y el Golfo de México (CONABIO, 2017).

De manera temporal los valores máximos de diversidad y equidad se registraron en la temporada de secas, con mínimos en lluvias, debido al dominio de algunas especies en esta temporada. En contraste, Ordóñez-López y García-Hernández (2005) reportaron valores máximos de diversidad en la temporada de lluvias y observaron valores similares de equidad en las dos temporadas muestreadas. En el análisis espacial de este estudio se observó una mayor diversidad en las estaciones intermedias (TI) y la mínima en las estaciones alejadas del manglar (TA); estos transectos presentaron mayores profundidades y una mayor estabilidad en los parámetros ambientales. La variabilidad a corto plazo en la composición de las especies de peces óseos juveniles puede deberse a los movimientos diarios de los peces hacia dentro y fuera de la zona intermareal; esto puede estar relacionado no solo con la dinámica trófica sino también con la evasión de depredadores, por ser zonas de transición entre refugios (Decamps y Naiman, 1988;

Chong et al., 2001; Sheaves 2005).). En la RBLP se observó un mayor recambio de especies entre la temporada de secas vs lluvias y de manera espacial este recambio fue entre TA vs TI, lo cual sugiere que es un área de tránsito entre la fauna interna y la costera (Nagelkerken et al., 2001; Ordóñez-López y García-Hernández, 2005).

8.5. Estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP

La estructura de la comunidad de peces óseos juveniles de la RBLP estuvo definida por cuatro especies *L. parva*, *L. rhomboides*, *H. plumierii* y *E. gula*, las cuales estuvieron presentes durante las tres temporadas de muestreo. La mayoría de los individuos colectados de *H. plumierii* y *E. gula* fueron de tallas pequeñas, lo cual sugiere que utilizan las zonas con presencia de VAS para crianza y reproducción (Yañez-Arancibia, 1986). En este sentido, estudios dirigidos a la ictiofauna en general de la RBLP reportan la presencia de peces adultos de ambas especies, al igual que *L. parva* y *L. rhomboides*, lo que se podría atribuir que estas especies utilizan la RBLP en varias etapas de su ciclo de vida (Vega-Cendejas, 2004; Sosa-López et al., 2009; Muñoz-Rojas et al., 2013; Ayala-Pérez et al., 2014; Toro-Ramírez et al., 2017).

Estudios previos, clasificaron un mayor número de especies como dominantes de la RBLP (Vega-Cendejas, 2004; Sosa-López et al., 2009; Muñoz-Rojas et al., 2013; Ayala-Pérez et al., 2014; Toro-Ramírez et al., 2017), con tres especies en concordancia a las encontradas en este estudio. Estos estudios mencionan que las especies de peces dominantes están asociadas a *T. testudinum* y al manglar de borde (*Rhizophora mangle*). Otro aspecto importante de estas especies es que son generalistas, ya que se alimentan de pequeños peces, crustáceos, poliquetos y nematodos que habitan en las praderas de pastos marinos, por lo que podría explicarse su amplia distribución temporal y espacial (Morales-López et al., 2007).

Una de las especies con mayor abundancia durante el periodo de muestreo fue *L. parva* la cual se caracteriza por ser una especie que habita en ambientes someros como marismas, bahías, lagunas, lagos, ríos (Miller et al., 2009; IUCN, 2017). *L. parva* ha sido reportada en zonas con presencia del pasto marino *T. testudinum* (Ordóñez-López y García-Hernández, 2005). Esta especie no ha sido reportada en estudios previos dentro de la RBLP; esto se debe al arte de pesca utilizado. (Ayala-Pérez et al., 1998; Vega-Cendejas 2004; Vega –Cendejas y Hernández de Santillana, 2004; Ordoñez-López y García-Hernández, 2005; Torres-Castro et al., 2008; García-Hernández et al., 2009; Ayala-Pérez et al., 2012; Ferreira et al., 2016; Padilla-Serrato et al., 2017; INAPESCA, 2017). Dadas las abundancias tan altas observadas en las diferentes estaciones

intermedias (TI) y cercanas al manglar (TC), localizadas en el área somera de la RBLP y con altos porcentajes de cobertura de *T. testudinum* y macroalgas, *L. parva* fue incluida en el análisis a reserva de que el número total de individuos obtenidos incluye juveniles y adultos. Su inclusión se debió a que es una especie importante en la composición de la comunidad de peces pequeños que habitan en la VAS de la RBLP.

8.6. Interacción de las características de la comunidad de peces óseos juveniles con las condiciones físico-químicas de la VAS

Los sistemas costeros tropicales están caracterizados por poseer una compleja estructura ecológica y una amplia variedad de hábitats con elevada productividad primaria, lo cual es aprovechado para el desarrollo de todo o parte de los ciclos de vida de los peces (Ayala-Pérez y Martínez-Romero, 2011). Las condiciones bióticas y abióticas del hábitat pueden afectar la distribución, la fisiología, el crecimiento (Sogard et al., 2001; Ross et al., 2001), el movimiento de los individuos hacia las poblaciones de adultos (Wannamaker y Rice, 2000; Ross et al., 2001; Taylor y Miller, 2001) y la supervivencia de los peces (Van der Veer et al., 1991; Gibson, 1994; Modin y Pihl, 1994). Tanto la complejidad física de cada zona de un sistema pueden atraer nuevos reclutas o permitir que haya altas abundancias de juveniles. El ACC mostró una relación entre las especies registradas y los parámetros físico-químicos como la profundidad, salinidad, pH, cobertura de *T. testudinum* y *S. filiforme*, y la altura de las hojas de *S. filiforme* y *H. wrightii*. Según Allen et al. (2006), las áreas con grandes praderas de pastos marinos son un buen criadero, centro de alimentación y protección, y dan estabilidad ambiental, por ello la presencia de varios organismos. El valor ecológico de las praderas de fanerógamas es sumamente importante, principalmente como fuente de alimento a diferentes organismos, y está en función de su disponibilidad, distribución, abundancia, morfología, producción y composición química (Thayer et al., 1984). A pesar de que pocos organismos se alimentan directamente de ellas, las principales cadenas tróficas están basadas en el detrito derivado de esta fanerógama y pueden llegar a sostener cadenas alimentarias de zonas adyacentes. Por otro lado, las hojas sirven de substrato a muchos organismos epibiontes que suelen ser consumidos por un gran número de invertebrados y peces (Greenway, 1995).

Los factores que pueden crear una variación específica del sitio en el valor ecológico de los hábitats de crianza se pueden agrupar en tres grandes categorías: los componentes bióticos

(disponibilidad de larvas, complejidad estructural, depredación, competencia y disponibilidad de alimento), abióticos (parámetros fisicoquímicos, régimen de perturbaciones y régimen de mareas), y el paisaje (patrones espaciales y geomorfología; Beck et al., 2001). La especie más abundante fue *E.gula*, la cual estuvo relacionada por la presencia de *T. testudinum* y se encontró principalmente en la temporada de lluvias en los tres transectos. Debido a que los juveniles de *E.gula* pueden ser migratorios o residentes y su presencia se puede atribuir a que se alimenta de pequeños invertebrados bentónicos y de restos vegetales presentes en la VAS (Froese y Pauly, 2015). Mientras que Ayala-Pérez et al. (2014) registraron que *E. gula*, estuvo influenciada por la salinidad; ya que es una especie marina con preferencia estuarina, por lo que tiene una gran capacidad de tolerancia a los cambios de salinidad (Mexicano-Cíntora, 1999). Y en general, la mayoría de las especies de peces identificadas presentaron una relación con la salinidad, pH, temperatura y el oxígeno disuelto, ya que estos parámetros influyen sobre la abundancia y composición de las asociaciones de peces, sin embargo podría ser que los parámetros ambientales de la RBLP tiene características de alta homogeneidad debido a la amplia cobertura de VAS.

Ordóñez-López y García-Hernández (2005), relacionaron la presencia de juveniles de *N. usta*, *A. criniger* y *H. plumierii* con el área foliar de *T. testudinum*; otras especies como *P. polyommus*, *G. robustum* y *C. elucens* con la salinidad superficial, y *L. rhomboides*, *H. flavolineatum*, *O. chrysoptera*, *S. hispidus* y *B. chrysoura* con la temperatura del agua. En este estudio, *O. chrysoptera*, *A. quadricornis*, *M. ciliatus*, *L. rhomboides*, *N. usta* y *S. scovelli* tuvieron una relación con el pH y la salinidad, con una mayor abundancia durante la temporada de secas en las estaciones cercanas (TC) y alejadas del manglar (TA), ya que el pH en esta temporada vario de 8.2 a 8.6 y la salinidad de 40.5 a 42.5, estas variaciones imponen patrones en las distribuciones espaciales y temporales de algunas especies de peces (Reid y Wood, 1976). La presencia de *S. spengleri*, *C. variegatus* y *C. arctifrons* estuvo relacionada con por la cobertura y altura de las hojas de *S. filiforme* en las estaciones intermedias (TI); donde la altura de las hojas llego a los 40 cm. Esto se le atribuye a que las hojas de los pastos generan un mayor número y variedad de refugios, además de una variedad de alimentos más amplia, lo cual permite sostener un mayor número de individuos (Begon et al., 1999).

8.7. Especies de peces óseos juveniles con valor comercial en la RBLP

Se ha considerado que la VAS tienen una función fundamental en el mantenimiento de poblaciones de especies pesqueras explotadas comercial y recreativamente, ya sea como zona de

alimentación, crianza o refugio (Sainsbury, 1996; Castro-Aguirre et al., 1999; Vizzini et al., 2002). En este estudio se observó que la VAS de la reserva posee una gran cantidad de especies de peces óseos (43 sp) de importancia como recurso económico; de las cuales la mayoría son utilizadas para la pesca comercial. Las especies *D. radiale*, *H. aurolineatum*, *H. plumieri*, *L. maximus*, *L. griseus*, *L. synagris*, *S. foetens*, *B. chrysoura*, *O. chrysoptera*, *S. nephelus* y *S. spengleri*, son utilizadas en la pesca multiespecífica artesanal de la región; presentando mayor abundancia relativa en la temporada de nortes y espacialmente en las estaciones intermedias (TI) y cercanas al manglar (TC), cuyas zonas presentan una mayor cobertura principalmente de *T. testudinum* y macroalgas. La presencia de estas especies de importancia económica concuerda con lo encontrado por Ayala Pérez et al. (2012); ya que el sector occidental de la costa de Campeche es una región sumamente importante en términos de producción pesquera de pargos, huachinangos, róbalo y camarón. Esta actividad es importante debido a que proporcionan seguridad alimentaria y beneficios socioeconómicos y recreativos para los seres humanos (Pauly, 2009). Un aspecto importante es que un alto porcentaje del área de la RBLP aún no se encuentra todavía deteriorada, pero presenta efectos indirectos por las actividades antrópicas de los asentamientos adyacentes, así como la intensidad de la pesca artesanal de otros municipios (CONANP, 2006). Por lo que es necesario seguir protegiéndola y ponerle mayor atención, para evitar la pérdida de refugios acuáticos para los peces de interés ecológico y comercial.

9. Conclusiones

- La composición multiespecífica y la complejidad estructural de la VAS de la RBLP, permite que la comunidad de peces óseos juveniles presente altos valores de riqueza, diversidad y equidad, con una variación significativa entre temporadas.
- La comunidad de peces óseos juveniles presentes en la VAS de la RBLP, está constituida por 54 spp. conformada principalmente por *L. parva*, *L. rhomboides*, *H. plumierii*, y *E. gula*, las cuales se pueden considerar como las de mayor interés ecológico y que ocupan esta zona para refugiarse, alimentarse y crecer.
- La composición multiespecífica de la VAS, la profundidad, salinidad y pH son los principales factores que contribuyen en la composición y distribución de las especies de peces óseos juveniles de la RBLP.
- De acuerdo a las características físicoquímicas y la composición de la VAS, se puede concluir que el TI representa el área potencial de crianza para la mayoría de las especies identificadas de la RBLP.
- Más del 70% del total de individuos colectados son especies importantes para la pesquería comercial y multiespecífica artesanal de la región.
- Es importante seguir protegiendo esta zona y ponerle mayor atención, para evitar la pérdida de refugios acuáticos para los peces de interés ecológico y comercial, ya que la VAS de la RBLP es un área potencial de crianza para peces óseos.

10. Literatura citada

- Alvarado, J.J., y Aguilar J.F. (2009). Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57(1): 19-29.
- Allen, T., Jiménez, M., y Villafranca, S. (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.
- Ayala-Pérez, L. A., Avilés-Alatriste, O. A., y Rojas-Galaviz, J. L. (1998). Estructura de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 46(3), 763–774.
- Ayala-Pérez, L.A., Muñoz-Rojas, S; Sosa-López, A.; Terán-González, G. y Vasco-Villa, O. (2016). *Peces costeros de la Reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche*. Universidad Autónoma Metropolitana. Núm. 125. Serie Académica.
- Ayala-Pérez, L.A., Terán-González, G.J., Flores-Hernández, D., Ramos-Miranda, J., y Sosa-López, A. (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., Vasco-Villa, O., y Sosa-López, A. (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., y Martínez-Romero G.E. (2011). *Peces Costeros Tropicales: Modelo de Simulación para una laguna Costera del sur del Golfo de México*. Editorial Académica Española. 212.
- Ballanune, D.L., Van Tussenbroek, B.I., Guadalupe-Barba S.M. Wong, G.R.J., Kornelis van Dijk, J., y Waycott, M. (2010). Guía de los Pastos Marinos Tropicales del Atlántico Oeste. *Cjos Caribbean Journal of Science*, 46(2-3), 357.
- Beck, M.W., Heck, Jr. K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B., Halpern B., Hays C., Hoshino K., Orth M., Sheridan P. y Weinstein M. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: a better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine

- species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *Bioscience*, 51(8), 633–641.
- Begon M., Harper J. y Townsend C. (1999). *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3rd. Ed. Blackwell Science, London. 1148.
- Blaber, S.J.M. (2000). *Tropical estuarine fishes. Ecology, exploitation and conservation*. Fish and aquatic resources series 7, Blackwell Science, Oxford. 372.
- Blaber, S.J.M. (2007). *Mangroves and fishes: issues of diversity, dependence and dogma*. Blackwell Science, Oxford 80:457–472.
- Campo, A.M. y Duval, V.S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel. Argentina. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 34(2).
- Cardoso, I., S. França, M.P; Pais, S., Henriques, L., Cancela da Fonseca, H. y Cabral, N. (2011). Fish assemblages of small estuaries of the Portuguese coast: a functional approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(1): 40–46.
- Carleton, R., Richard, R.C., Peterson, R.T. (1999). Peterson Field Guides. *A Field Guide to Atlantic Coast Fishes: North America*. Peterson.
- Carmona-Galindo, V.D., y Carmona, T.V. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma* 4, 20-28.
- Carr, W.E.S. y Adams, C.A. (1973). Food habits of juvenile marine fishes occupying seagrass beds in the estuarine zone near Crystal River, Florida. *Transactions of the American Fisheries Society*, 102:511-540.
- Castro-Aguirre, J.L., Espinoza, P.H., y Schmitter-Soto, J.J. (1999). *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Editorial Limusa, México D.F.
- Cervantes, M.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.
- Clarke K, Warwick R. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd., Plymouth, 82.
- Clarke, K., Warwick, R. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd., Plymouth, 82.
- Clifford, B., Taylor, R.A., González, A., y Ramírez, V.C. (2008). *Bioestadística*. México. Pearson educación.

- CONANP (2006). *Programa de conservación y manejo Reserva de la Biosfera Los Petenes*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Corbalá, J.A., Del Río, J., y García, M.J.D. (2007). Diversidad, distribución y abundancia de moluscos en la región de Los Petenes. Escuela Superior de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Campeche. *Boletín de Información JAINA*, 17: 1-15.
- Creed, J.C., Phillips, R.C., y Van Tussenbroe, B.I. (2003). The seagrasses of the Caribbean. En: Green, E.P. y Short, F. T. *World atlas of seagrasses*. University of California Press, California, U.S.A. 235-242.
- Chaudhuri, A., Mukherjee, S., y Homechaudhuri, S. (2013). Seasonal dynamics of fish assemblages in an intertidal mudflat of Indian Sundarbans. *Scientia Marina*, 77(2): 301–311.
- Chicas, F.A. (2001). Peces juveniles en una poza de marea, Reserva Forestal Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49: 307-314.
- Chong, V.C., Low, C.B. y Ichikawa, T. (2001). Contribution of mangrove detritus to juvenile prawn nutrition: a dual stable isotope study in a Malaysian mangrove forest. *Marine Biology* 138: 77–86.
- De Raedemaeker, F., Miliou, A., y Perkins, R. (2010). Fish community structure on littoral rocky shores in the Eastern Aegean Sea: Effects of exposure and substratum. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 90(1), 35–44.
- Decamps H., y Naiman, R.J. (1988). Towards an ecotone perspective. In: Naiman R.J., Decamps H, *Symposium of the Man and Biosphere Program (MAB-5)*. UNESCO, Sopron, Hungary: 1–5.
- Dethier, M.N., McDonald K., y Strathmann R.R. (2003). Colonization and connectivity of habitats patches for coastal marine species distant from source populations. *Conservation Biology*, 17: 1024-1035.
- Dominici, A., Oliveira, E., Solano, S., y Coghi, A.R. (2000). Ictioplancton en la zona portuaria de Limón, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 48: 439-442.
- Dorenbosch, M., Grol, M.G.G., Nagelkerken, I., y Van der Velde, G. (2005). Distribution of coral reef fishes along a coral reef–seagrass gradient: edge effects and habitat segregation. *Marine Ecology Progress Series* 299, 277–288.
- DuBrin, A.J. (2003). *Fundamentos de comportamiento organizacional*. Thomson paraninfo.

- Durán, R., y Méndez, M. (2010). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM. CONABIO, SEDUMA. 496.
- Eckert, K.L., y Grobois, F.A.A. (2001). Conservación de tortugas marinas en la Región del Gran Caribe—Un diálogo para el manejo regional efectivo. WIDECAS, UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG), WWF y el Programa Ambiental del Caribe del PNUMA, 13, 170.
- Ferreira, N. C., Guerreschi, R. M., Machado, C., Lopes, C. A., y Nuñez, A. P. O. (2016). Structure and diversity of fishes in a freshwater and coastal subtropical lagoon: fish community in a freshwater coastal lagoon. *Journal of Fish Biology*, 90(4):1265-1282.
- Franca, S., Pardal, M., y Cabral, H. (2008). Mudflat nekton assemblages in the Tagus estuary (Portugal): distribution and feeding patterns. *Scientia Marina*, 72(3): 591–602.
- Froese R., y Pauly, D. (2015) FishBase. www.fishbase.org
- Gallegos-Martínez E. M, M.E., Merino, M., Marbá, N., y Duarte, C.M. (1993). Biomass and dynamics of *Thalassia testudinum* in the Mexican Caribbean: elucidating rhizome growth. *Marine Ecology Progress Series*, 185–192.
- Gallegos-Martínez E. M. (2010). Pastos Marinos. La biodiversidad de Campeche. Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México: (CONABIO). 204-209.
- García-Hernández, V. D., y Ordóñez-López, U. (2007). ¿Son las Praderas de *Thalassia testudinum* un hábitat esencial para peces juveniles de importancia comercial? *58th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 35-41.
- García-Hernández, V., Ordóñez-López, U., Hernández-Vázquez, T., y Álvarez-Cadena, J.N. (2009). Fish larvae and juveniles checklist (Pisces) from the North of the Yucatan Peninsula. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 85-94.
- Gibson, R.N. (1994). Impact of habitat quality and quantify on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal Sea Research*, 32(2):191-206.
- Gibson, R.N. (1997). Behavior and the distribution of flatfishes. *Journal Sea Research*, 37(3-4):241- 256.
- Giraldo, X.R. (2008). Evaluación del potencial de manglares y pastos marinos como hábitats esenciales para peces juveniles arrecifales, en un Área Marina Protegida del caribe colombiano.

- Greenway, M. (1995). The grazing of *Thalassia testudinum* in Kingston harbour, Jamaica. *Aquatic Botanic*, 2: 117-126.
- Halffter, G., y Moreno, C.E. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En: G. Halffter, Soberón, J., Koleff, P., y Melic, A. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. 5-18
- Heck, K.L. y Orth R.J. (1980). Structural components of eelgrass (*Zostera marina*) meadows in the lower Chesapeake Bay decapod crustaceans. *Estuaries*, 3, 289-295
- Hernández-Ayón, J., Zirino, A., Marinone, S.G., Canino-Herrera, R., y Galindo-Bect, M.S. (2003). Relación pH- densidad en el agua de mar. *Ciencias Marinas*, 29: 497-508.
- Herzka, S.Z. (2005). Assessing connectivity of estuarine fishes based on stable isotope ratio analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(1), 58–69.
- Hindell, J.S., Jenkins, G.P., y Keough, M.J. (2001). Spatial and temporal variability in the effects of fish predation on macrofauna in relation to habitat complexity and cage effects. *Marine Ecology Progress Series*, 224: 231-250.
- Hoese, H. D. y Moore, R. H. (1998). *Fishes of the Gulf of Mexico. Texas, Louisiana, and adjacent waters*. Texas A & M Press, College Station, Texas. 440
- Ibar, V. F. C., de la Lanza Espino, G., Giansone, A. E., Carbajal, M. I. E., Arroyo, M. G., Ladah, L. B., Bonilla, H. R. (s/f). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales.
- Ibarra S.E. y Ríos, R., (1993). Ecosistemas de fanerógamas marinas. En: S.I. Salazar, N.E. González. *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO, CIQRO, México. 54-65.
- Jackson, E.L., Rees, S.E., Wilding, C., y Attrill, M.J. (2015). Use of a seagrass residency index to apportion commercial fishery landing values and recreation fisheries expenditure to seagrass habitat service: Seagrass Contribution to Fishery Value. *Conservation Biology*, 29(3), 899–909.
- Jackson, E.L., Rowden, A.A., Attrill, M.J., Bossey S.J., y Jones, M.B. (2001). The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 39:269–303.
- Jackson, E.L., Rowden, A.A., Attrill, M.J., Bossy, S.F., y Jones, M.B. (2002). Comparison of fish and mobile macroinvertebrates associated with seagrass and adjacent sand at St. Catherine

- Bay, Jersey: emphasis on commercial species. *Bulletin of Marine Science*, 71(3), 1333–1341.
- Kells, V. y Carpenter K. (2011). *A field guide to coastal fishes: from Maine to Texas*. Biological Sciences Faculty Books. 5.
- Killgore, K. J., Morgan, R. P., y Rybicki, N. B. (1989). Distribution and Abundance of Fishes Associated with Submersed Aquatic Plants in the Potomac River. *North American Journal of Fisheries Management*, 9(1), 101.
- Koch, E.W. (2001). Beyond Light: Physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Journal Estuaries*, 24.
- Krebs C. (1999). *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman, Menlo Park.
- Kuo, J., y Kirkman, H. (1989). Floral and seedling morphology and anatomy of *Thalassodendrom pachyrhizum* den Hartog (Cymodoceaceae). *Aquatic Botanic*, 29:1-17.
- Laegdsgaard, P. y Johnson, C. (2001). Why do juvenile fish utilise mangrove habitats?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 257:229–253.
- Lara-Domínguez, A.L. (2005). Pastos marinos. Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal, Instituto de Ecología/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Xalapa, Ver. México, 1, 266.
- Lara-Lara, J.R., Arenas-Fuentes V., Bazán-Guzmán C., Díaz-Castañeda V., Escobar-Briones E., García- Abad M.C., Gaxiola-Castro G., Robles-Jarero G., Sosa- Ávalos R., Soto-González L.A., Tapia-García M. y Valdez-Holguín J.E.. (2008). Los ecosistemas marinos. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- Lee, S.L., Chong, V.C., y Yurimoto, T. (2016). Ichthyofauna on a tropical mudflat: implications of spatial and temporal variability in assemblage structure and abundance. *Estuaries and Coasts*, 39(5), 1543–1560.
- Lohrenz, S.A., Wiesenburg, D.A., Arnone, R.A., y Chen, X. (1999). What controls primary production in the Gulf of Mexico?, 151-170. In H. Kumpf, K. Steidinger y K. Sherman. *The Gulf of Mexico large marine ecosystem: Assessment, sustainability, and management*. Blackwell Science, Massachusetts, USA.
- López-Rasgado, F.J. (2006). Evaluación del Hábitat de crianza estuarino de juveniles de Lengado de California (*Paralichthys californus*) con base en el crecimiento y la

- abundancia relativa. Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- López, N.M., y Brule, E. (2007). Análisis espacio temporal de los ensamblajes de peces presentes en áreas de pastos marinos en la laguna de Yalahau, Quintana Roo, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 59: 383-390.
- Ludwig J y J Reynolds. (1988). *Statistical ecology. A Primer on methods and computing*, John Wiley. New York. 337.
- Malloy, K.D., Yamashita, Y., Yamada, H., y Targett, T.E. (1996). Spatial and temporal patterns of juvenile stone flounder *Kareius bicoloratus* growth rates during and after settlement. *Marine Ecology Progress Series*, 131:49-59.
- Martella, M.B., Trumper, E.V., Bellis, L.M., Renison, D., Giordano, P.F., Bazzano, G., y Gleiser, R.M. (2012). *Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad*. Reduca (Biología), 5(1)
- Martinho, F., Leitão, R., Neto, J.M., Cabral, H.N., Marques, J.C., y Pardal, M.A. (2007). The use of nursery areas by juvenile fish in a temperate estuary, Portugal. *Hydrobiología*, 587(1), 281–290.
- May-Kú, M.A., Ardisson, P.L., y Ordoñez-López, U. (2010). Morphological variation of *Thalassia testudinum* in two shallow coastal environments from the southeastern Gulf of Mexico. *Botanica Marina*, 53: 449-455.
- May-Kú, M.A.; Valdés-Lozano, D.Y., y Ardisson, P.L. (2016). Variación espacial y temporal de las características físicoquímicas del agua y sedimento en la laguna costera Yalahau, Quintana Roo. *Hidrobiológica*, 26(1): 41-51.
- Meise, C.J., Johnson, D.L., Stehlik, L.L., Manderson, J., y Shaheen, P. (2003). Growth rates of juvenile winter flounder under varying environmental conditions. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132(2):335-345.
- Mexicano-Cíntora, G. (1999). Crecimiento y reproducción de la mojarra *Eucinostomus gula* en Celestún, Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 45: 524-536.
- Miller, R. R., Minckley, W. L., Norris, S. M., y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. Tlalpan, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Modin, J., y Pihl, L. (1994). Differences in growth and mortality of juvenile plaice, *Pleuronectes platessa* L., following normal and extremely high settlement. *Netherlands Journal Sea Research*, 32(3/4):331-334.
- Molina, H. (1996). Ichthyoplankton assemblages in the Gulf of Nicoya and Golfo Dulce embayments, Pacific coast of Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 44 (3): 173-182.
- Molles Jr, M.C. (2005). *Ecología. Conceptos y Aplicaciones*. McGraw- Hill. 423-446.
- Morales-López, N., Pérez-Díaz, E., y Brulé, T. (2007). Análisis espacio temporal de los ensamblajes de peces presentes en áreas de pastos marinos en la laguna Yalahau, Quintana Roo. México. *59th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. GCFI*, 59: 327-334.
- Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Muñoz-Rojas, S., Ayala-Pérez, L.A., Sosa-López, A., y Villalobos-Zapata, G.J. (2013). Distribución y abundancia de la comunidad de peces en la porción litoral de la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Revista Biología Tropical*, 61(1), 213–227.
- Nagelkerken, I., Dorenbosch, M., Verberk, W., Cocheret de la Morinière, E., y Van der Velde, G. (2000a). Importance of shallow-water biotopes of a Caribbean bay for juvenile coral reef fishes: Patterns in biotope association, community structure and spatial distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 202: 175–192.
- Nagelkerken, I., Dorenbosch, M., Verberk, W.C., Cocheret de la Morinière E., y Van der Velde, G. (2000b). Day-night shifts of fishes between shallow-water biotopes of a Caribbean bay, with emphasis on the nocturnal feeding of Haemulidae and Lutjanidae. *Marine Ecology Progress Series*, 194:55–64.
- Nagelkerken, I., Kleijnen, S., Klop, T., Van den Brand, R., De La Moriniere, E. C., y Van der Velde, G. (2001). Dependence of caribbean reef fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: a comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/seagrass beds. *Marine Ecology Progress Series*, 214, 225–235.
- Nagelkerken, I., Roberts, C. M., Van Der Velde, G., Dorenbosch, M., Van Riel, M. C., De La Moriniere, E. C., y Nienhuis, P. H. (2002). How important are mangroves and seagrass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an island scale. *Marine Ecology Progress Series*, 244, 299–305.

- Necaise, A.M.D.S., Ross, R.W., y Miller, J.M. (2005). Estuarine habitat evaluation measured by growth of juvenile summer flounder *Paralichthys dentatus* in a North Carolina estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 285:157-168.
- Odum, W.E., y Heald, E.J. (1972). Trophic analyses of an estuarine mangrove community. *Bulletin of Marine Science*, 22:671–738
- Ooi, A.L., y Chong, V.C. (2011). Larval fish assemblages in a tropical mangrove estuary and adjacent coastal waters: offshore-inshore flux of marine and estuarine species. *Continental Shelf Research*, 31: 1599–1610.
- Ordóñez-López, U., y García-Hernández, V.D. (2005). Ictiofauna juvenil asociada a *Thalassia testudinum* en laguna Yalahau, Quintana Roo Juvenile fish associated *Thalassia testudinum* in Yalahau lagoon, Quintana Roo. *Hidrobiológica*, 15(2), 195–204.
- Orth, R.J. y Van Montfrans, J. (1984). Epiphyte-seagrass relationships with an emphasis on the role of micrograzing: A review. *Aquatic Botany*, 18(1-2): 43- 69.
- Padilla-Serrato, J., López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., Acevedo-Cervantes, A., Galván-Magaña, F., y Lluch-Cota, D. (2017). Changes in fish community structures in a coastal lagoon in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 52(3), 567–579.
- Pauly, D. (2009). Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. *Scientia Marina*, 73:215–224.
- Polte, P., y Asmus, H. (2006) Influence of seagrass beds (*Zostera noltii*) on the species composition of juvenile fishes temporarily visiting the intertidal zone of the Wadden Sea. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 55:244–252
- Ramírez-García, P. y Lot, A. (1994). La distribución del manglar y de los pastos marinos en el Golfo de California, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 65 (1), 63-72.
- Ramírez, C., López, S., y Szelistowski, W.A. (1990). Composition and abundance of ichthyoplankton in a Gulf of Nicoya mangrove estuary. *Revista Biología Tropical*, 38: 463-466.
- Reid, G.K., y Wood, R.D., (1976). *Ecology of Inland Waters and Estuaries*, second ed. D. Van Nostrand Company, New York.

- Ross, S.W., Dalton, D.A., y Kramer, B.L. (2001). Physiological (antioxidant) responses of estuarine fishes to variability in dissolved oxygen. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 130:289-303.
- Sainsbury, J.C. (1996). *Commercial Fishing Methods (an introduction to vessel and gear)*. Blackwell Science Ltd., Oxford.368.
- Salgado, J.P., Cabral, H.N., Costa, M.J., Deegan, L. (2004). Nekton use of salt marsh creeks in the upper Tejo Estuary. *Estuaries*, 27:818–825
- Satpathy, K.K. (1996). Seasonal distribution of nutrients in the coastal waters of Kalpakkam, east coast of India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 25: 221–224.
- Sheaves, M. (2005) Nature and consequences of biological connectivity in mangrove systems. *Marine Ecology Progress Series*, 302:293–305
- Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., y Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1-2), 3–20.
- Smith, R.L., y Smith, T.M. (2004). *Ecología*. Pearson Addison Wesley.
- Sogard, S.M., Able, K.W., y Hagan, S.M. (2001). Long term assessment of settlement and growth of juvenile winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in New Jersey estuaries. *Journal Sea Research*. 45(3-4):189-204.
- Sokal, R.R., y Rohlf, F.J. (1997). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman Press, San Francisco, EUA. 776.
- Sosa-López, A., Ayala-Pérez, L.A., Ramos-Miranda, J.A., Flores-Hernández, D., Pech-Pool, D., Gómez-Criollo, F., Toro-Ramírez, A., Cu-Quiab, I.E., Sauri- Hernández, J.A., Can-González, M.J., Borges-Jesús, P.A., Rosado-López, J.M., Balán-Calán, C., Uc-Pech, I.C., Cortés-Fuentes, A., Chi-Caamal, R.I., León, M.A., y Ferraez-Campos, N. (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.
- Sparre, P., y Venema, S.C. (1995): *Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1, en Manual*. FAO. Documento Técnico de Pesca, 306/1 Rev.1 421.

- Tabachnick, B. G. y Fidell, L. S. (1989). *Using multivariate statistics*. New York. Harper and Row.
- Tarpgaard, E., Mogensen, M., Grønkjær, P., y Carl, J. (2005). Using short-term growth of enclosed 0-group European flounder, *Platichthys flesus*, to assess habitat quality in a Danish bay. *Journal of Applied Ichthyology*, 21:53-63.
- Taylor C.J., y Miller, J.M. (2001). Physiological performance of juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma* (Jordan and Gilbert, 1884), in chronic and episodic hypoxia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 258:195–214.
- TEEB (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. United Nations Environment Programme and the European Commission, Progress Press, Malta, 39.
- Thayer, G.W., Bjorndal, K.A., Ogden, J.C., Williams, S.L., Ogden, J.C., y Zieman, J.C. (1984). Role of larger herbivores in seagrass communities. *Estuaries*, 7(4): 351-376.
- Thiel, R., Sepulveda, A., Kafemann, R., Nellen, W., y Hamburg, U. (1995). Environmental factors as forces structuring the fish community of the Elbe estuary. *Journal of Fish Biology*, 46: 47–69.
- Toro-Ramírez, A., Sosa-López, A., Ayala-Pérez, L.A., Pech, D., Hinojosa-Garro, D., y Del Río-Rodríguez, R. (2017). Abundancia y diversidad de la íctiofauna en la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México: asociaciones con los ciclos nictimerales y las épocas climáticas. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(2), 311–321.
- Torres-Castro, I.L., Vega-Cendejas, M.E., Schmitter-Soto, J.J., Palacio-Aponte, G., Rodiles-Hernández, R. (2008). Ictiofauna de sistemas cárstico-palustres con impacto antrópico: Los Petenes de Campeche, México. *Revista Biología Tropical*, 57: 141-157.
- Unsworth R.K.F., Taylor J.D., Powell A., Bell J.J., y Smith D.J. (2007). The contribution of scarid herbivory to seagrass ecosystem dynamics in the Indo-Pacific. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74: 53-62.
- Van der Veer, H.W., Berghahn, R., y Rinjdsorp, R. (1991). Impact of juvenile growth on recruitment in flatfish. *Netherlands Journal of Sea Research*, 32:153-173.
- Van Tussenbroek, B. I. (2011). Dynamics of seagrasses and associated algae in coral reef lagoons. *Hidrobiológica*, 21(3)pág-pág?.

- Van Tussenbroek, B.I., y van Dijk, J.K. (2006). Spatial and temporal variability in biomass and production of psammophytic *Halimeda incrassata* (Bryopsidales, Chlorophyta) in a Caribbean reef lagoon. *Journal of Phycology*, 43:69-77.
- Vega-Cendejas, M.E. (2004). Íctiofauna de la Reserva de la Biosfera de Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su biodiversidad. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 75(1): 193-206.
- Vega-Cendejas, M.E., y Hernández de Santillana, M. (2004). Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Rio Lagartos, Yucatán, México. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(2), 285–299.
- Villalobos-Zapata, G. (2004). Reservas de la Biósfera: Los Petenes y Ría Celestún, p. 397-412. En: Rivera-Arriaga, E., Villalobos-Zapata, G. J., Azuz-Adeath, I., y Rosado-May, F. *El Manejo Costero en México*. UAC/CETYS Universidad/UQROO/SEMARNAT. México.
- Villalobos-Zapata, G.J., y Mendoza-Vega, J. (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. 61-69.
- Vizzini S., Sara G., Michener R.H., y Mazzola A. (2002). The role and contribution of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile organic matter for secondary consumers as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. *Acta Oecologica*, 23:277–285.
- Wannamaker, C.M., y Rice, J.A. (2000). Effects of hypoxia on movements and behavior of selected estuarine organisms from the southeastern United States. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 249: 45-163.
- Wood, E.F., Odum, W.E., y Zieman, J.C. (1969). Influence of seagrasses on the productivity of coastal lagoons. En A. Ayala Castañares. *Coastal Lagoons*. UNAM.
- Yamashita, Y., Tanaka, M., y Miller, J.M. (2001). Ecophysiology of juvenile flatfish in nursery grounds. *Journal Sea Research*, 45(3-4): 205-218.
- Yáñez-Arancibia, A. (1986). Estructura de las comunidades de peces en sistemas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) de la laguna de Términos Campeche México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 14: 181-196 pp.
- Yáñez-Arancibia, A., y Lara-Domínguez, A.L. (1999). Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica, p. 153-166. In: A. Yáñez-Arancibia y 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. 380.

Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 663.

Recursos en línea:

CONABIO (2017). Ecosistemas de México: Arrecifes de coral e. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes.html>. Revisado en enero 2018.

CONANP. (s/f). Reserva de la Biósfera Los Petenes. Disponible en: <http://petenes.conanp.gob.mx/index.php#.Vvnmc-LhDIU>. Revisado en marzo 2016.

FishBase. Disponible en: <http://www.fishbase.org/search.php>. Revisado en enero 2017.

Froese R. y D. Pauly. (2015). FishBase. www.fishbase.org. . Revisado en diciembre 2017.

INAPESCA (2012). Instituto Nacional de Pesca. Carta Nacional Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/117714/Carta-Nacional-Pesquera-2012.pdf>. Revisado en marzo 2017.

IUCN. (2017). *Lucania parva*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T191368A18234949.en>. Revisado en Enero del 2018.

Rougès, M (2008) Ecología de Paisaje y Regiones. Disponible en: <https://curso-r-uah2009.wikispaces.com/4.+Correspondencias+can%C3%B3nicas>. Revisado en agosto 2016.

11. Anexo

11.1. Especies de peces óseos juveniles colectadas en la Reserva de la Biosfera los Petenes por transecto y temporada

Tabla XI Listado de las especies de peces óseos juveniles colectados por transectos y temporadas de secas, lluvias y nortes en la Reserva de la Biósfera de los Petenes, Campeche. TA: transecto alejado de la costa, TI: transecto intermedio y TC: transecto cercano a la costa.

Orden	Familia	Especies	Secas			Lluvias			Nortes			Total
			TA	TI	TC	TA	TI	TC	TA	TI	TC	
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	2	0	4	4	0	1	1	14
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i> (Goode y Bean, 1880)	1	11	4	0	1	0	0	4	3	24
Clupeiformes	Dussumieriidae	<i>Etrumeus sadina</i> (Mitchill, 1814)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Jordanella pulchra</i> (Hubbs, 1936)	5	26	18	0	0	0	0	0	0	49
		<i>Floridichthys carpio</i> (Günther, 1866)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
		<i>Cyprinodon variegatus</i> Lacepède, 1803	0	43	1	0	0	0	0	0	0	44
Perciformes	Fundulidae	<i>Lucania parva</i> (Baird & Girard, 1855)	6	110	24	154	381	65	186	50	254	1230
	Haemulidae	<i>Haemulon plumierii</i> (Lacepède, 1801)	15	11	46	34	73	65	24	86	233	577
		<i>Haemulon striatum</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		<i>Orthopristis chrysoptera</i> (Linnaeus, 1766)	3	4	93	3	8	24	0	7	2	144
	Labrisomidae	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	0	1	2	0	0	0	4	5	64	76
		<i>Paraclinus cingulatus</i> (Evermann & Marsh, 1899)	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3
		<i>Paraclinus fasciatus</i> (Steindachner, 1876)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		<i>Paraclinus marmoratus</i> (Steindachner, 1876)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	Labridae	<i>Lachnolaimus maximus</i> (Walbaum, 1792)	0	2	3	0	0	0	0	0	0	5

Orden	Familia	Especies	Secas			Lluvias			Nortes			Total
			TA	TI	TC	TA	TI	TC	TA	TI	TC	
	Sciaenidae	<i>Corvula batabana</i> (Poey, 1860)	1	2	2	0	0	0	0	0	1	6
		<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacepède, 1802)	0	2	8	5	4	1	3	3	0	26
		<i>Cynoscion nebulosus</i> (Cuvier, 1830)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	1	1	0	1	0	2	4	9
		<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	4	0	15	3	0	0	16	42
	Scaridae	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)	6	5	22	6	2	13	5	10	12	81
		<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	Callionymidae	<i>Diplogrammus pauciradiatus</i> (Gill, 1865)	0	4	0	0	4	0	0	1	1	10
	Cichlidae	<i>Mayaheros urophthalmus</i> (Gunther, 1862)	0	0	0	6	2	0	0	0	0	8
	Gerreidae	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	3	23	35	60	364	657	10	48	251	1451
		<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855	2	8	0	0	0	0	42	234	323	609
		<i>Eucinostomus harengulus</i> Goode & Bean, 1879	0	0	0	0	0	0	0	9	1	10
	Serranidae	<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	0	0	0	0	3	2	0	0	0	5
	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
		<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	0	0	0	0	6	6	14
		<i>Calamus arctifrons</i> Goode & Bean, 1882	2	2	0	0	0	1	0	4	0	9
		<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)	65	54	155	15	31	38	7	67	125	557
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena brasiliensis</i> Cuvier, 1829	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Cosmocampus elucens</i> (Poey, 1868)	0	1	2	0	0	0	2	0	2	7

Orden	Familia	Especies	Secas			Lluvias			Nortes			Total
			TA	TI	TC	TA	TI	TC	TA	TI	TC	
Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Syngnathus floridae</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	0	1	5	0	2	1	6	5	8	28
		<i>Syngnathus fuscus</i> Storer, 1839	1	1	0	1	1	2	1	0	1	8
		<i>Syngnathus louisianae</i> Günther, 1870	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
		<i>Syngnathus scovelli</i> (Evermann & Kendall, 1896)	3	5	18	3	5	18	6	12	20	90
		<i>Bryx dunckeri</i> (Metzelaar, 1919)	0	0	0	0	0	1	1	0	2	4
		<i>Hippocampus erectus</i> Perry, 1810	0	0	2	1	0	2	0	0	1	6
		<i>Hippocampus reidi</i> Ginsburg, 1933	0	2	3	0	0	0	0	0	0	5
		<i>Hippocampus zosterae</i> Jordan & Gilbert, 1882	0	1	3	2	1	4	0	0	0	11
		<i>Chilomycterus antennatus</i> (Cuvier, 1816)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		<i>Chilomycterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)	0	0	0	0	3	0	0	1	1	5
	<i>Diodon holocanthus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	3	0	0	0	0	0	1	5	
	Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	5	0	1	1	1	0	2	14
	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides maculatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3
		<i>Sphoeroides nephelus</i> (Goode y Bean, 1882)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
		<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	3	11	6	0	1	1	1	1	6	30
	Monacanthidae	<i>Monacanthus tuckeri</i> Bean, 1906	0	0	0	0	4	0	0	1	0	5
		<i>Monacanthus ciliatus</i> (Mitchill, 1818)	24	29	35	17	11	39	10	5	20	190
		<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	1	0	2	0	0	0	1	3	14	21
		<i>Aluterus heudelotii</i> Hollard, 1855	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3

Orden	Familia	Especies	Secas			Lluvias			Nortes			Total
			TA	TI	TC	TA	TI	TC	TA	TI	TC	
		<i>Aluterus schoepfi</i> (Walbaum, 1792)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
		Total	145	372	509	313	924	945	310	568	1373	5505

11.2. Fotos de especies de peces óseos identificadas de la Reserva de la Biosfera los Petenes

Orden: Aulopiformes

Familia: Synodontidae

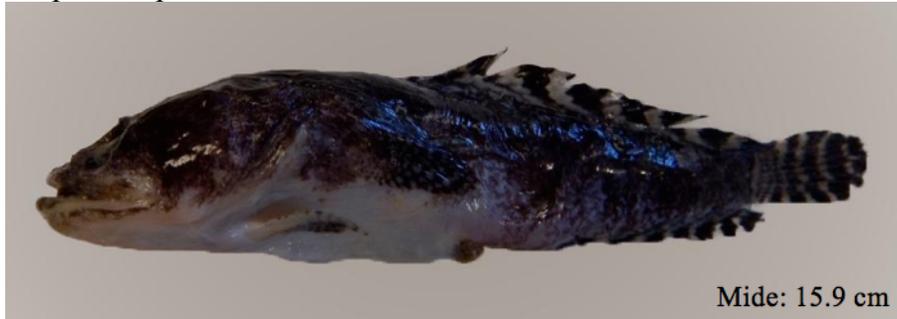
Especie: *Synodus foetens*



Orden: Batrachoidiformes

Familia: Batrachoididae

Especie: *Opsanus beta*



Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Cyprinodontidae

Especie: *Floridichthys carpio*



Especie: *Cyprinodon variegatus*



Familia: Fundulidae

Especie: *Lucania parva*



Orden: Perciformes

Familia: Haemulidae

Especie: *Haemulon plumierii*



Especie: *Haemulon striatum*



Especie: *Orthopristis chryoptera*



Familia: Labrisomidae

Especie: *Paraclinus fasciatus*



Especie: *Paraclinus marmoratus*



Familia: Labridae

Especie: *Lachnolaimus maximus*



Familia: Sciaenidae

Especie: *Corvula batabana*



Especie: *Bairdiella chrysoura*



Familia: Sparidae

Especie: *Calamus arctifrons*



Especie: *Lagodon rhomboides*



Familia: Lutjanidae

Especie: *Lutjanus griseus*



Especie: *Lutjanus synagris*



Familia: Sparidae

Especie: *Nicholsina usta*



Familia: Cichlidae

Especie: *Mayaeros urophthalmus*



Familia: Gerreidae

Especie: *Eucinostomus gula*



Especie: *Eucinostomus argenteus*



Especie: *Eucinostomus harengulus*



Familia: Sparidae

Especie: *Archosargus probatocephalus*



Orden: Scorpaeniformes

Familia: Scorpaenidae

Especie: *Scorpaena brasiliensis*



Orden: Syngnathiiformes

Familia: Syngnathidae

Especie: *Syngnathus floridae*



Especie: *Syngnathus fuscus*



Especie: *Syngnathus louisiana*



Especie: *Syngnathus scovelli*



Especie: *Hippocampus erectus*



Especie: *Hippocampus reidi*



Especie: *Hippocampus zosterae*



Orden: Tetraodontiformes

Familia: Ostraciidae

Especie: *Acanthostracion quadricornis*



Mide: 14 cm

Familia: Tetraodontidae

Especie: *Sphoeroides spengleri*



Mide: 9.5 cm

Familia: Monacanthidae

Especie: *Monacanthus ciliatus*



Mide: 11.5 cm

Especie: *Aluterus heudelotii*



Especie: *Aluterus schoepfi*



11.3. Parámetros ambientales de la Reserva de la Biosfera los Petenes

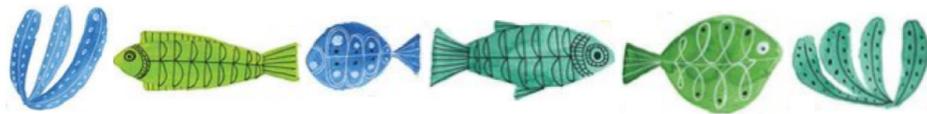
Tabla XII. Promedio de los parámetros hidrológicos (desviación estándar) en la Reserva de la Biosfera los Petenes, por transecto y temporada de muestreo; TA, transecto alejado de la costa; TI, transecto intermedio y TC, transecto cercano a la costa.

Parámetros	Secas				Lluvias				Nortes			
	TA	TI	TC	Total	TA	TI	TC	Total	TA	TI	TC	Total
Temperatura (OC)	28.20 (0.21)	28.34 (.48)	29.43 (0.91)	28.65 (0.67)	30.93 (0.10)	30.64 (0.29)	32.79 (2.41)	31.45 (1.17)	25.99 (1.74)	26.33 (1.53)	27.82 (1.76)	26.71 (0.97)
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5.37 (0.61)	5.57 (1.01)	6.41 (0.69)	5.78 (0.55)	6.06 (0.10)	5.66 (0.15)	4.84 (0.77)	5.52 (0.62)	6.36 (1.74)	6.60 (0.88)	5.83 (2.07)	6.26 (0.39)
pH	8.35 (0.06)	8.36 (0.20)	8.38 (0.14)	8.36 (0.01)	8.07 (0.11)	8.00 (0.07)	8.19 (0.42)	8.09 (0.09)	8.03 (0.26)	8.08 (0.12)	8.06 (0.13)	8.06 (0.03)
Salinidad	41.58 (0.61)	41.79 (1.01)	41.72 (0.78)	41.70 (0.11)	39.13 (1.25)	38.63 (0.27)	37.70 (3.65)	38.49 (0.73)	39.20 (0.74)	37.76 (0.14)	35.81 (0.91)	37.59 (1.70)

La doctora Oliva concluyó:

Estoy segura que cuando todos entiendan lo importante que son las praderas marinas, no volveremos a correr ningún peligro, ningún manatí será herido, y el caballo marino volverá a pastar con tranquilidad.

Eugenia Pallares y Claudia Agraz





Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00036

Matrícula: 2161801432

USO DEL HÁBITAT POR PECES
OSEOS JUVENILES EN LA
VEGETACIÓN ACUÁTICA
SUMERGIDA DE LA RESERVA DE
LA BIÓSFERA LOS PETENES,
CAMPECHE

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 4 del mes de junio del año 2018 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. LUIS FERNANDO DEL MORAL FLORES
DR. FRANCISCO JOSE GUTIERREZ MENDIETA
DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DIAZ



Aline Karen Sanchez

ALINE KAREN SANCHEZ CRUZ
ALUMNA

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

DE: ALINE KAREN SANCHEZ CRUZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

REVISÓ

[Signature]
LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBI

[Signature]
DR. JESUS ALBERTO OCHOA TAPIA

PRESIDENTE

[Signature]
DR. LUIS FERNANDO DEL MORAL FLORES

VOCAL

[Signature]
DR. FRANCISCO JOSE GUTIERREZ
MENDIETA

SECRETARIO

[Signature]
DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DIAZ