



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**EFFECTO DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS SOBRE LA  
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DEL PEZ LEÓN *Pterois volitans*  
(LINNAEUS, 1758), EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE  
PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO.**

**TESIS**

Que para optar por el grado de:  
**Maestra en Ciencias**  
Biología marina

PRESENTA:  
**LINA BETZABETH RAMÍREZ NAVA**

**TUTOR PRINCIPAL:** Dr. Felipe Amezcua Linares  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

**COMITÉ TUTORAL:** Dr. José Adán Caballero Vázquez  
Centro de Investigación Científica de Yucatán  
Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Dr. Gilberto Acosta González  
Centro de Investigación Científica de Yucatán  
Dr. Luis Arturo Soto González  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

CDMX, Julio 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



---

---

**EFFECTO DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS SOBRE LA  
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DEL PEZ LEÓN *Pterois volitans*  
VOLITANS (LINNAEUS, 1758), EN EL PARQUE NACIONAL  
ARRECIFE DE PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO.**

**TESIS**

Que para obtener el grado académico de:

**Maestra en Ciencias**  
Biología Marina

PRESENTA:  
**LINA BETZABETH RAMÍREZ NAVA**

**TUTOR PRINCIPAL:**

Dr. Felipe Amezcua Linares  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

**COMITÉ TUTORAL:**

Dr. José Adán Caballero Vázquez  
Centro de Investigación Científica de Yucatán  
Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Dr. Gilberto Acosta González  
Centro de Investigación Científica de Yucatán  
Dr. Luis Arturo Soto González  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

---

---

MÉXICO, CD.MX., 2019

**A la estrella que guía mis pasos: Mi mamá Esperanza  
Y a la persona que camina a mi lado: Rogelio**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (ICMYL) por darme la oportunidad de formar parte del programa de estudios de maestría para continuar con mi formación académica y por el apoyo financiero que me permitió difundir esta investigación en el XVI Congreso de Ictiología.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la asignación de la beca de maestría número 828686 para llevar a cabo el presente trabajo.

A la Unidad de Ciencias del Agua (UCIA) del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) por todas las facilidades otorgadas para el procesamiento y disección de las muestras obtenidas y por adoptarme como parte de su institución.

A las autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por el permiso para la toma de datos dentro del área de estudio y por la recomendación de sitios para colecta de pez león.

A la Sociedad Cooperativa Pesquera de Puerto Morelos (S.C.P.P) por el traslado a los sitios de colecta, por todas las facilidades, apoyo durante los muestreos y por el aporte de su experiencia hacia nosotros.

Al Dr. Felipe Amezcua Linares por la confianza, por la dirección de la tesis y por todo el apoyo.

Al Dr. J. Adán Caballero Vázquez porque sin su apoyo, confianza y dedicación no hubiera sido posible. Porque me enseñó a tener paciencia aún bajo la tormenta.

Al Dr. Gilberto Acosta González por todo el apoyo con los análisis estadísticos, por el apoyo emocional, por el tiempo y por los consejos.

Al Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz y al Dr. Luis A. Soto González por todas sus contribuciones a esta investigación.

Al M. en C. Jorge Peniche Pérez por su colaboración en el trabajo de campo, el apoyo en la identificación de los contenidos estomacales y en todo lo que hiciera falta.

A la M. en C. Teresa Dávalos Navarro por su ayuda en la elaboración del mapa que muestra los puntos de muestreo y por los momentos compartidos.

A mamá Esperanza porque te debo todo lo que soy.

A Rogelio por creer en mí, por alentarme en todo momento y por estos años juntos.

A mi madre y hermana por su confianza y apoyo.

A los compañeros de estancias académicas del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Organismos Acuáticos (LEBOA) que me ayudaron con la disección y procesamiento de muestras de pez león.

A todos los participaron en los muestreos para llevar a cabo el presente trabajo y en general a toda la comunidad de la Unidad de Ciencias del Agua (UCIA) del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) por aceptarme como parte de su comunidad.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	3
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	5
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	6
<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	12
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	14
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	15
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	15
5.1 Objetivo General.....	15
5.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>6 ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	16
6.1 Clima.....	18
6.2 Salinidad .....	18
6.3 Oxígeno disuelto.....	18
6.4 Nutrientes.....	18
6.5 Corrientes.....	18
6.6 Vegetación marina .....	19
6.7 Fauna marina .....	20
<b>7 MATERIALES Y METODOLOGÍA</b> .....	22
7.1 Trabajo de campo .....	22
7.2 Trabajo de laboratorio.....	26
7.2.1 Determinación del sexo y Fases de Desarrollo Gonadal FDG .....	27
7.2.2 Determinación de la dieta .....	28
7.3 Trabajo de gabinete.....	28
7.3.1 Relación entre las variables físico-químicas con la distribución y abundancia del pez león.....	28
7.3.2 Determinación de clases de tallas y su frecuencia.....	29
7.3.3 Proporción de sexos y FDG.....	29
7.3.4 Análisis de la variación cualitativa y cuantitativa de la dieta .....	30
<b>8 RESULTADOS</b> .....	31

8.1	Características ambientales de los sitios de colecta.....	31
8.2	Variables físico-químicas de los sitios de colecta .....	36
8.3	Abundancia de peces león por sitio de colecta .....	38
8.4	Relación entre las variables físico-químicas con la distribución y abundancia del pez león	39
8.5	Análisis de frecuencia de tallas.....	40
8.6	Proporción de sexos y FDG.....	41
8.6.1	Proporción de sexos y FDG por sitio de colecta .....	42
8.6.2	Proporción de sexos y FDG por tallas .....	43
8.7	Análisis de la variación cualitativa de la dieta.....	44
8.8	Análisis de la variación cuantitativa de la dieta.....	47
8.8.1	Índice de vacuidad .....	48
8.8.2	Índice de repleción gástrica .....	48
<b>9</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>11</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
<b>12</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>57</b>
<b>13</b>	<b>ANEXO</b> .....	<b>66</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morfología del pez león donde se muestran las espinas que contienen neurotoxinas (veneno). -----	11
<b>Figura 2.</b> Localización del área de estudio, Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM), Quintana Roo (Recuperado de: CONANP, 2000). -----	16
<b>Figura 3.</b> Localización de los sitios de muestreo dentro del PNAPM. -----	23
<b>Figura 4.</b> Arte de pesca: arpón tipo hawaiana de 3 puntas (izquierda) y dispositivo colector (derecha); utilizados para la captura de pez león. -----	26
<b>Figura 5.</b> Esquema de disección de pez león para la obtención y revisión de estructuras internas.-----	27
<b>Figura 6.</b> Técnica de extracción del estómago y obtención del contenido estomacal en el pez león. -----	28
<b>Figura 7.</b> Abundancia de peces león por sitio de colecta en el PNAPM. -----	39
<b>Figura 8.</b> Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS), donde se muestra en un conjunto a todos los sitios de colecta, con 80% de similitud entre ellos representado por línea color rojo.-----	40
<b>Figura 9.</b> Frecuencia de tallas de los ejemplares de pez león dentro del PNAPM. -----	41
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de la proporción de sexos del pez león en el PNAPM.-----	42
<b>Figura 11.</b> Proporción de las FDG para hembras y machos de pez león dentro del PNAPM. -----	42
<b>Figura 12.</b> Frecuencia de sexos por sitio de colecta. -----	43
<b>Figura 13.</b> Frecuencia de sexos y FDG por clases de tallas del pez león.-----	44
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de los grupos que componen la dieta del pez león. -----	45
<b>Figura 15.</b> Frecuencia de aparición de presas totales y de especies por familia, del grupo de peces que componen la dieta del pez león en el PNAPM. -----	45
<b>Figura 16.</b> Ejemplo de partes incompletas de crustáceos, del contenido estomacal presente en el pez león.-----	46
<b>Figura 17.</b> Curva de rarefacción donde se muestra que la curva estimada (color negro) y la curva calculada con el estimador de riqueza Chao 2 (color gris) no llegaron a la asíntota. 48	48

**Figura 18.** Porcentaje de saturación estomacal del pez león en el PNAPM.----- 48

**Figura 19.** Porcentaje del índice de repleción gástrica del pez león con el total de estómagos analizados en la zona de estudio.----- 49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Hábitats y sustratos presentes en el PNAPM, identificados y clasificados en función de la invasión del pez león (Recuperada de Caballero-Vázquez <i>et al.</i> , 2015).-----	17
<b>Tabla 2</b> Fauna marina registrada en el PNAPM (Modificada de CONANP, 2000).-----	20
<b>Tabla 3.</b> Lista de especies ícticas registradas en el PNAPM (Modificado de Caballero-Vázquez <i>et al.</i> , 2014). -----	21
<b>Tabla 4.</b> Sitios de muestreo, fechas de colecta y abundancias de peces leones (colectados, observados y totales) dentro del PNAPM.-----	23
<b>Tabla 5.</b> Valores medios de los parámetros físico-químicos en cada sitio de colecta, asociados a la profundidad, tipo de sustrato y biomasa determinados.-----	37
<b>Tabla 6.</b> Clases de tallas registradas del pez león y su frecuencia dentro del PNAPM. ----	40
<b>Tabla 7.</b> Lista de especies y familias del grupo de peces, crustáceos y molusco, registrados como parte de la dieta del pez león en el PNAPM. -----	46

## **INDICE DE ANEXOS**

*Anexo 1.* Guía de identificación macroscópica para sexos y FDG del pez león en el Caribe mexicano. ----- 66

## RESUMEN

Con el objetivo de documentar el efecto que presentan las variables físico-químicas sobre la distribución y abundancia del pez león (*Pterois volitans*), se registraron en 27 localidades dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (un sitio de alta importancia para la conservación), las variables de profundidad, temperatura, conductividad, salinidad y oxígeno disuelto; empleando una sonda multiparamétrica en la parte más profunda de cada localidad. También se consideró el tipo de sustrato. Se capturaron 262 ejemplares de Pez león por medio de arpón de tipo hawaiana. La talla predominante de la zona fue de 128 a 158 mm; la mínima registrada fue de 35 mm de longitud estándar y la máxima fue de 293 mm. La mayoría de las colectas fueron machos con 103 ejemplares, seguido de las hembras con 98 organismos y 61 peces no presentaron diferencia sexual. Se identificaron a nivel macroscópico las fases de desarrollo gonadal, predominando la fase M1 (desarrollo temprano) en machos con 69 ejemplares y la fase H1 (desarrollo temprano) en hembras, con 46 ejemplares.

Mediante el análisis del contenido estomacal se registraron 254 presas, las cuales se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible, determinando a los peces como el grupo más abundante con el 60%, seguido de los crustáceos con el 40% (camarones, cangrejos y un estomatópodo) y también se registró un ejemplar de molusco gasterópodo.

**Palabras clave:** Especie invasora, Áreas Naturales Protegidas, hábitos alimenticios.

## **ABSTRACT**

In order to document the effect of physical-chemical parameters on the distribution and abundance of lionfish (*Pterois volitans*), they were recorded in 27 localities within the Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (a site of high importance for conservation); the parameters of depth, temperature, conductivity, salinity and dissolved oxygen were recorded using a multiparameter probe in the deepest part of each locality. The type of substrate was also considered. A total of 262 examples of Lionfish were captured by means of a Hawaiian-type harpoon. The predominant size of the zone was from 128 to 158 mm; the minimum recorded was 35 mm standard length and the maximum was 293 mm. The majority of the collections were males with 103 specimens, followed by the females with 98 organisms and 61 fishes did not present sexual difference. The stages of gonadal development were identified at the macroscopic level, predominating the M1 phase (early development) in males with 69 specimens and the H1 phase (early development) in females with 46 specimens.

By analyzing the stomach contents, 254 prey were registered, which were identified at the lowest possible taxonomic level, determining the fish as the most abundant group with 60%, followed by the crustaceans with 40% (shrimp, crabs and a stomatopod) and a gastropod mollusk also recorded.

**Key words:** Invasive species, Natural Protected Areas, food habits.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los peces son uno de los componentes fundamentales y más abundantes en los sistemas costeros y arrecifales; ya sea por la importancia ecológica o el valor comercial que representan (Caballero Vázquez *et al.*, 2014). Los cambios en la abundancia y la composición en las comunidades de peces, ocurren con frecuencia en áreas biogeográficas cercanas, debido, entre otros factores, a los movimientos migratorios relacionados con el clima y cambios oceanográficos (Madrid *et al.*, 1997). Actualmente los ecosistemas acuáticos donde habitan los peces, tales como los arrecifes coralinos; están sujetos a una gran tensión debido entre otros factores, a la entrada excesiva de nutrientes, los eventos de blanqueamiento, la sobrepesca, la acidificación, contaminación y el cambio climático (Morris, 2013). Dichos factores son en su mayoría conocidos y estudiados pero existen otras amenazas ecológicas que ponen en riesgo la biodiversidad de los arrecifes, pero en proporción menos atendida por las investigaciones; este problema es la introducción de especies exóticas y de especies invasoras. Las especies invasoras (IAS: por sus siglas en inglés), se definen como aquellas especies que se establecen en áreas geográficas fuera de su rango de distribución natural, donde sus descendientes proliferan, se dispersan y persisten a lo largo del tiempo (Mack *et al.*, 2000). Uno de los ejemplos más exitosos de especies invasoras, es el caso del pez león (*Pterois volitans*) (Linnaeus, 1758), perteneciente a la familia Scorpaenidae y al orden Scorpaeniformes; el cual es protagonista de una de las invasiones más rápidas y extensas, documentadas para peces marinos (Morris *et al.*, 2009); además de considerar su invasión como la más exitosa de las aguas del Atlántico Occidental y como uno de los mayores desastres ecológicos de los últimos decenios (Whitfield *et al.*, 2007).

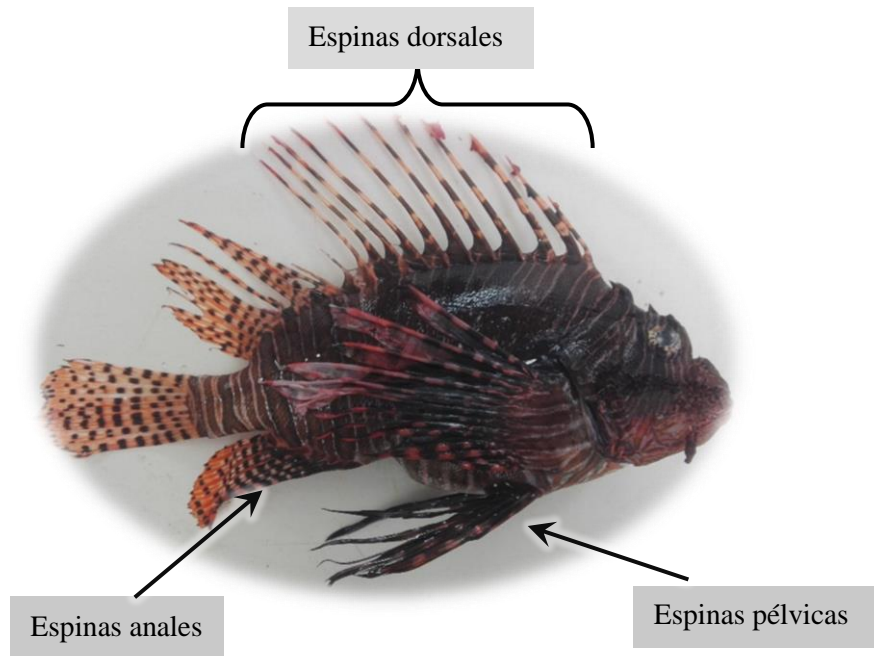
La distribución natural del pez león comprende los océanos Índico y Pacífico, desde el Oeste de Australia y el Este de Malasia hasta la Polinesia Francesa; incluyendo Japón, el Sur de Corea, Nueva Zelanda y Micronesia (Chevalier *et al.*, 2008). La especie *Pterois volitans* comenzó su invasión a lo largo de la Costa Este del Sur de Florida, E.U.A, en 1985 (Morris y Akins, 2009; Schofield, 2009); Courtenay (1995) reportó la liberación accidental de seis especímenes provenientes de un acuario de Florida, mismo que fue dañado por el huracán Andrew en agosto de 1992. En el Caribe mexicano se reportó por primera vez en

enero del 2009 en la isla de Cozumel (Schofield, 2009; Aguilar-Perera y Tuz-Sulub, 2010; Vázquez-Yeomans, *et al.* 2011) y en el año 2010 se colectó la primer larva en aguas oceánicas cerca de Cancún, México y se registró su presencia en el Golfo de México (Vázquez-Yeomans *et al.*, 2011).

La invasión se ha expandido dramáticamente en un área de aproximadamente 7.3 millones de km<sup>2</sup> (Schofield, 2010) y las investigaciones demuestran que la densidad de esta especie ha superado en algunas zonas, la densidad de algunas especies de peces arrecifales locales (sobre todo crípticas o sedentarias) (Caballero-Vázquez *et al.*, 2014). Actualmente se encuentra en casi todos los hábitats marinos y costeros a lo largo del Sureste de los Estados Unidos, el Golfo de México y el Mar Caribe (Caballero-Vázquez *et al.*, 2014). La variedad de sustratos donde se distribuye, tanto en su región de origen como en las zonas invadidas del Caribe, abarcan arrecifes de coral, zonas de corales blandos, lechos de algas marinas (Reyes-Bonilla *et al.*, 2014; Vázquez-Yeomans *et al.*, 2011), estructuras artificiales (Smith, 2010), estuarios (Jud *et al.*, 2011), zonas de pastos marinos, zonas de manglares (Barbour *et al.*, 2010) y lagunas interiores.

Las principales estrategias que ha favorecido el desarrollo y éxito de esta especie, son en primera instancia su morfología, ya que presenta un patrón de coloración que le brinda la capacidad de camuflarse muy bien en el entorno (Lasso y Posada, 2010), además de la presencia de 13 espinas largas y separadas en la aleta dorsal, tres en la aleta anal y un par en cada aleta pélvica (Green *et al.*, 2012; Morris 2012; Molina, 2009), que son usadas como mecanismo de protección ante posibles depredadores (Morris, 2013) (Figura 1) ya que en su interior contienen una glándula de tipo apocrina (Morris *et al.*, 2009), una acetilcolina y una neurotoxina que afectan la transmisión neuromuscular (Cohen y Olek, 1989).





**Figura 1.** Morfología del pez león donde se muestran las espinas que contienen neurotoxinas (veneno).

Otra característica que han propiciado el éxito invasivo que ha tenido el pez león, es la alta cantidad de huevos que produce, ya que la hembra puede liberar dos masas de hasta 30.000 huevos, por cada evento reproductivo y por cada ovario; lo que equivale a una fecundidad anual de más de dos millones de huevos (Morris, 2009). Las adaptaciones que presenta el pez león respecto a su alimentación también son consideradas parte fundamental de su éxito como invasor, debido a que se ha documentado que muchas de las presas que consume son de talla grande con respecto a la talla de su cuerpo, es decir puede consumir presas de hasta 2/3 del tamaño de su longitud total (Albins y Hixon, 2008). Cuenta con la habilidad para resistir largos periodos de ayuno de hasta 12 semanas (Morris *et al.*, 2009), posee fácil adaptación al consumo de nuevas presas (Fishelson, 1997) y que es considerado un carnívoro oportunista generalista (Coté *et al.*, 2013), que puede expandir su estómago 30 veces más de su volumen inicial (Fishelson, 1997).

Coté y Green (2012) y Rojas-Cobián *et al.*, (2017) han reconocido a la temperatura como un factor físico que es determinante en la distribución del pez león, pero esta especie ha demostrado tener una alta tolerancia a las condiciones ambientales (Kimball *et al.*, 2004; Reyes-Bonilla *et al.*, 2014) además de una alta capacidad para invadir nuevos sistemas (Schofield, 2010), sin embargo, a pesar de la gama de investigaciones en el Caribe mexicano, aún se desconoce si la especie llegó ya a su capacidad de carga, si se mantendrá

en incremento su abundancia dentro de las zonas de la invasión (Morris y Whitfield, 2009) y cuál es el efecto ecológico y de su distribución. Hasta el momento no existen estudios en el Caribe mexicano que determinen las características físico-químicas que limitan la distribución del género *Pterois* en las costas Americanas (Morris y Whitfield, 2009) y son pocos los estudios que determinan este efecto asociado a las condiciones oceanográficas. Sin considerar que aún hace falta documentar muchos aspectos biológicos de la especie, tales como la frecuencia de desove que presenta el pez león en el caribe mexicano, los sitios de reproducción, entre otros. Por ello la presente investigación busca analizar el efecto que tienen las variables físico-químicas sobre la distribución y abundancia del pez león, así como determinar algunos aspectos biológicos y relevantes de la especie, dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM); debido a que son aspectos fundamentales para la buena comprensión de la distribución de las especies invasoras, las cuales actualmente representan una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad a nivel global; por lo que son consideradas como el segundo motivo para la reducción de la biodiversidad, e incluso extinción local, después de la pérdida del hábitat (Caballero-Vázquez *et al.*, 2014).

## **2. ANTECEDENTES**

A partir del primer registro del pez león en el gran Caribe, se ha observado un aumento en las poblaciones (Morris y Whitfield, 2009; Green *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2015), por ello se celebró en agosto de 2010 en Cancún (México), un taller especial organizado por un equipo internacional, que comprendió la Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos (ICRI), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y el Centro regional de actividad para las Áreas y la Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas del Convenio de Cartagena (CAR-SPAW-RAC). Con 47 participantes en representación de más de 25 organizaciones de 20 países y territorios de la Región del Gran Caribe; en el taller se definieron las estrategias para hacer frente a la invasión de esta especie (Morris, 2013) y como resultado se creó la primer guía para el control y manejo del pez león.

Haciendo uso de las estrategias propuestas en el taller, se realizaron esfuerzos por conocer en primera instancia la biología y comportamiento de la especie en el Caribe

mexicano; utilizando como primera herramienta la taxonomía básica, ya que en la mayoría de las zonas invadidas dentro del gran Caribe, el pez león ha alcanzado tallas superiores a los 45 cm (Molina, 2009; Salazar *et al.*, 2012), como es el caso de las Bahamas, donde se han registrado peces de hasta 48 cm (Bolaños-Cubillos *et al.*, 2013); mientras que en su hábitat de distribución natural su longitud máxima oscila de los 35 a 38cm (Albins y Hixon, 2008). Posteriormente se utilizaron técnicas más avanzadas como la técnica molecular que emplearon Valdez-Moreno *et al.* (2012) para la identificación de especies presentes en los estómagos de pez león, y como es el uso de isótopos estables, para comparar la dieta del pez león con tres especies de peces carnívoros arrecifales con un nivel trófico similar (Arredondo Chávez, 2016); con la finalidad de ampliar el conocimiento de la especie y desarrollar mejores estrategias ante las especies invasoras.

Albins y Hixon (2008) determinaron que el 78% de la dieta registrada del pez león consiste en peces, el 14% en crustáceos y el 8% de otras presas. Dentro del grupo de peces, Morris y Akins (2009) han encontrado tanto adultos como juveniles, incluyendo especies de importancia ecológica, pero también especies de interés comercial tales como los pargos (Lutjanidae) y meros (Serranidae) (Caballero-Vázquez *et al.*, 2016). Dentro del grupo de crustáceos se han registrado cangrejos araña, camarones boxeador y langostas juveniles (Albins y Hixon, 2008; Molina, 2009; Morris y Akins, 2009). Y se ha reportado la presencia de moluscos como pulpos (Morris y Akins, 2009; Muñoz *et al.*, 2011), bivalvos y gasterópodos (Caballero-Vázquez *et al.*, 2014). Valdez-Moreno *et al.*, (2012) reportó comportamiento de canibalismo del pez león para el Caribe mexicano y Coté *et al.*, (2013) reportaron el mismo comportamiento para las Bahamas en los estómagos de los adultos, sin embargo, en su zona de distribución natural se tiene poco documentada esta conducta (Albins y Hixon, 2008).

Dado que la fauna en la región ha evolucionado en ausencia de esta especie, otra serie de investigaciones se han enfocado en disminuir y controlar las poblaciones de pez león, debido a que no cuenta con depredadores naturales en la zona de invasión, como Molina (2009) que determinó en las Bahamas, que el pez león puede causar una reducción de hasta un 79% en las densidades de peces juveniles dentro del arrecife. Sin embargo Coté

y Maljkovic (2010) reportaron que los peces león juveniles han sido consumidos por especies de peces cabrillas (*Epinephelus striatus* y *Mycteroperca tigris*), tiburones, meros y pargos de tallas mayores, entre otras especies.

En la actualidad y de manera general, se han analizado más de 5,000 ejemplares de pez león, dentro de 12 sitios de Norte a Sur y 120 sub-sitios dentro del Caribe mexicano (Arredondo-Chávez, *et al.*, 2016) y se han descrito los impactos que tiene el pez león, en las comunidades de peces locales en ANP del Caribe mexicano (Rojas-Cobián *et al.*, 2017); sin embargo la distribución del pez león en regiones del Caribe ha puesto mayor complejidad a las investigaciones, debido a que se han registrado ejemplares a profundidades mayores a los 300 m, de acuerdo al reporte de United States Geological Survey –Nonindigenous Aquatic Species database (USGS-NAS, 2014) de la exploración en un submarino, en las Bahamas (Bolaños-Cubillos *et al.*, 2013). Sin embargo los mayores registros de ejemplares han sido a lo largo de líneas de costa someras y en este sentido Reyes-Bonilla *et al.* (2014) han propuesto una metodología de control y manejo para la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an que puede tener aplicación a otras Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Específicamente en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM), Caballero-Vázquez *et al.* (2014, 2015 y 2016) monitorearon por 3 años consecutivos, la distribución y el impacto ambiental que representa a nivel regional, esta especie invasora; Arredondo Chávez, *et al.*, (2016) realizaron una evaluación del efecto ecológico del pez león sobre las comunidades ícticas naturales y Rubio-Molina (2017) describió la eco morfología de los otolitos *sagittae* de esta especie en el PNAPM.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La tolerancia fisiológica a los parámetros ambientales es un aspecto fundamental para determinar los factores de distribución geográfica de las especies invasoras como el pez león, sin embargo hasta el momento no existen estudios en el Caribe mexicano que determinen las características físico-químicas que limitan la distribución del género *Pterois* en las costas Americanas (Morris y Whitfield, 2009), y son pocos los estudios que

determinan este efecto asociado a condiciones oceanográficas en el Caribe, por ello la presente investigación busca caracterizar el efecto de las variables físico-químicas para comprender la distribución y abundancia del pez león dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM).

#### **4. HIPÓTESIS**

La especie *Pterois volitans* ha demostrado tener una alta tolerancia ante una amplia variedad de variables ambientales en los sitios invadidos, por lo que se espera que las variables físico-químicas presentes en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos no tengan influencia en su distribución y que sea su estrategia de vida lo que ha permitido la distribución y desarrollo de la especie en el sitio.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 Objetivo General**

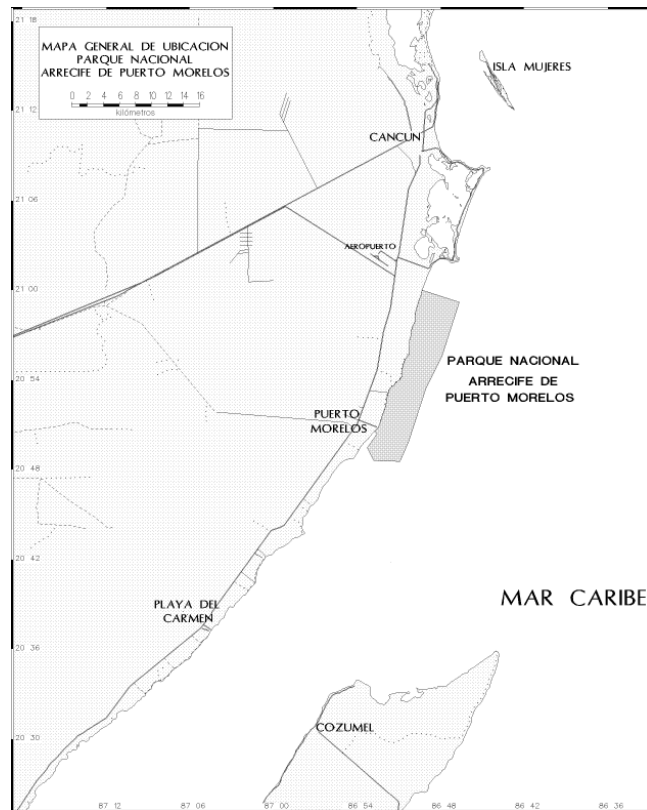
- ✓ Analizar el efecto de las variables físico-químicas en la distribución y abundancia, del pez león (*Pterois volitans*), así como tres aspectos biológicos de la misma especie, dentro del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo.

##### **5.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar los parámetros físico-químicos de cada sitio de muestreo dentro del PNAPM.
- ✓ Analizar la relación entre las variables físico-químicas con la distribución y abundancia del pez león en la zona de estudio.
- ✓ Establecer la estructura de tallas de los peces león colectados en el PNAPM.
- ✓ Determinar la proporción de sexos y las fases de desarrollo gonadal dentro del área de estudio.
- ✓ Identificar la composición alimenticia del pez león para analizar el nivel trófico de las presas identificadas.

## 6 ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) se localiza en el municipio de Benito Juárez, frente al poblado de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo, México. Tiene una superficie total de 9,066-63-11 hectáreas y sus coordenadas son 21°00'00" y 20°48'33" latitud norte y 86°53'14.40" y 86°46'38.94" longitud oeste (Figura 2) (CONANP, 2000).



**Figura 2.** Localización del área de estudio, Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM), Quintana Roo (Tomado de: CONANP, 2000).

La región de Puerto Morelos, a la que pertenece el parque, forma parte de la barrera arrecifal denominada “Sistema Arrecifal Mesoamericano”, considerada como la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, la cual se extiende al Norte hasta colindar con el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (CONANP, 2000).

El parque fue declarado Área Natural Protegida en 1998 y sustenta un conjunto de

ecosistemas que presentan un alto valor ecológico, económico, recreativo, comercial, histórico, educativo, estético y para la investigación; tanto a nivel regional como a nivel nacional. El acceso es a través de la carretera federal 307, la cual tiene una desviación al poblado de Puerto Morelos; o a través de embarcaciones menores, que generalmente parten de la ciudad de Cancún, Playa del Carmen o del poblado de Puerto Morelos (CONANP, 2000). El PNAPM cuenta con una laguna arrecifal con una extensión variable que va desde 60 m en Punta Nizuc hasta casi 2.5 km en La Bonanza, siendo en general más amplia al norte de Punta Tanchacté (2000 a 3000 m) que al sur (100 a 1200 m). La profundidad de la laguna varía entre 2 y 8 m; el fondo está cubierto principalmente por arena calcárea, que es estabilizada por praderas de pastos marinos (Sánchez-Jiménez, 2016).

Las localidades de colecta del área de estudio abarcaron la zona Norte, Centro y Sur del PNAPM; donde se encuentran sitios como Ollanquitas, Cueva del tiburón, Canalito, Las gatas, Troncos, Muelle de pescadores, entre otras; además de nacimientos de agua (ojos de agua) más conspicuas del polígono del ANP; abarcando los diferentes tipos de hábitats existentes en el parque (Tabla 1), los cuales tienen sustratos particulares.

**Tabla 1.** Hábitats y sustratos presentes en el PNAPM, identificados y clasificados en función de la invasión del pez león (Tomada de Caballero-Vázquez *et al.*, 2015).

Hábitat	Sustrato
Sistema arrecifal	Arrecife de coral
	Pradera de gorgóneas
	Arrecife rocoso
	Fondo rocoso
	Arrecife artificial
Pastos marinos	Parches de pastos
	Zona de arenales
Sistemas de manglar	Zona de manglar
Muelles y arenales	Embarcaderos
	Zonas someras de la laguna
Ojos de agua	Fondo rocoso
	Fondo de coral

## **6.1 Clima**

La temperatura media anual en el PNAPM es de 27° C con una oscilación térmica menor de 5° C. Las mareas son mixtas y semi-diurnas con un promedio entre 10 y 20 cm de amplitud (CONANP, 2000). Dado que el clima del área es tropical, no se presenta una variación estacional muy marcada, pero se distinguen tres épocas con relación a la precipitación: 1) época de secas de febrero a mayo, 2) época de lluvias persistentes de junio a septiembre y 3) época de nortes con lluvias ocasionales de octubre a febrero (Merino, 1986). El periodo de precipitación invernal es superior al 7% con relación al anual (CONANP, 2000) y la temperatura del aire más alta que se ha registrado fue de 34.5° C en el verano; y la mínima de 12.5° C en el invierno (Merino y Otero, 1991).

## **6.2 Salinidad**

Los valores de salinidad registrados en el arrecife de Puerto Morelos entre 1993 y 1995, tuvieron un intervalo de 35 a 36.3 ppm con una media de 36.0 ppm. Estos valores indican un marcado carácter oceánico de la zona, con una influencia continental prácticamente inapreciable (Merino y Otero, 1991).

## **6.3 Oxígeno disuelto**

Determinaciones realizadas por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) (1984), durante el periodo marzo de 1982 a julio 1983, indican un valor promedio de oxígeno disuelto de 4.99 ml/l (CONANP, 2000).

## **6.4 Nutrientes**

Las aguas costeras presentan un carácter oceánico y oligotrófico, con gran estabilidad vertical, elevada transparencia y bajos niveles de nutrientes (Merino y Otero, 1991).

## **6.5 Corrientes**

La corriente oceánica principal en el área es el ramal de la corriente de Yucatán, que fluye paralela al borde de la plataforma continental en dirección al Norte. Su flujo es hacia el



Estrecho de Yucatán con velocidades máximas de 4-5 nudos (CONANP, 2000). El patrón de circulación del agua es afectado por el viento y las mareas principalmente (Merino, 1986), pero suele cambiar en velocidad y dirección, debido a la combinación de variables tales como: la influencia de la corriente de Yucatán, el viento y el rompimiento de las olas sobre el arrecife (CONANP, 2000); presentándose un flujo neto de Sur a Norte paralelo a la costa, con una dominancia de las corrientes en las direcciones Norte-Noreste y Sur-Sureste (Merino, 1986).

Ruíz Rentería (1979) determina que la dirección e intensidad de la corriente cambia con las temporadas y Merino y Otero (1991) sugieren un sistema de contracorrientes profundo a lo largo del talud, que puede provocar invasiones de agua profunda en el sistema arrecifal. En la laguna arrecifal específicamente, la circulación es principalmente paralela a la costa (Ruíz-Rentería, 1979), con velocidades de aproximadamente 10 cm/s que pueden alcanzar valores superiores a los 50 cm/s en las aberturas (“bocanas”) que se forman en la barrera arrecifal, o entre ésta y la playa (Merino y Otero, 1991).

## **6.6 Vegetación marina**

Entre la vegetación marina reportada para el Parque Nacional, se encuentran de manera general tres especies de pastos marinos y 264 especies de algas (CONANP, 2000), pero se considera un sistema con una diversidad de media a alta y con componentes netamente tropicales; con una abundancia mayor de algas rojas, una abundancia intermedia de verdes y finalmente las pardas (Díaz-Ruiz *et al.* 2002). Dentro de las especies más representativas y que resalta su presencia durante todo el año se encuentran: *Caulerpa verticillata*, *Stipopodium zonale*, *Hydrolithon farinosum*, *Jania adhaerens*, *Jania capillacea*, *Gelidiopsis intricata*, *Centroceras clavulatum*, *Ceramium flaccidum*, *Herposiphonia tenella* y *Laurencia intricata* (Díaz-Ruiz *et al.* 2002), sin embargo cada zona muestra especies representativas.

La franja litoral que mide entre 20 y 50 m de ancho que está dominada por *Thalassia testudinum* y por *Syringodium filiforme*; acompañadas por algas rhizofíticas y ocasionalmente matas de *Halodule wrightii* o *Caulerpa sp* (CONANP, 2000). En la zona

intermedia que mide entre 200 y 1000 m de ancho, la vegetación del fondo consiste de *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y algas rhizofíticas, aunque en algunos sitios dominan formas de *Lobophora variegata* o *Laurencia intricata*; también es común encontrar áreas arenosas de 10 m<sup>2</sup> a 100 m<sup>2</sup> desprovistas de vegetación (CONANP, 2000). La zona del arrecife Oeste mide entre 100 y 400 m de ancho y la especie dominante es *Thalassia testudinum*; *Syringodium filiforme* y las algas rhizofíticas están prácticamente ausentes (CONANP, 2000).

### 6.7 Fauna marina

Hasta junio de 1999 se cuentan con registros y observaciones de 669 especies de organismos acuáticos que incluyen, invertebrados y vertebrados, pertenecientes a 75 ordenes (Tabla 2) y siete especies de dinoflagelados simbioses (CONANP, 2000).

**Tabla 2** Fauna marina registrada en el PNAPM (Modificada de CONANP, 2000).

Taxa	Ordenes (No.)	Grupo	Familias (No.)
Cnidarios	14	Corales	41
		Escleractineos	
		Gorgonáceos	32
		Hidrozoarios	64
		Otros	16
Esponjas	7		20
Anélidos	1		10
Crustáceos	7		172
Equinodermos	10		31
Moluscos	12		33
Vertebrados	24	Peces	226
		Reptiles	3
		Mamíferos	21
<b>Total</b>	<b>75</b>		<b>669</b>

Respecto a las comunidades ícticas presentes en el PNAPM, Caballero-Vázquez *et al.*, (2014), registraron la presencia de 75 especies divididas en 29 familias y 47 géneros (Tabla 3).

**Tabla 3.** Lista de especies ícticas registradas en el PNAPM (Modificado de Caballero-Vázquez et al., 2014).

<b>Familias</b>	<b>Especies</b>
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i> <i>Acanthurus chirurgus</i> <i>Acanthurus coeruleos</i>
Apogonidae	<i>Apogon maculatus</i>
Aulostomidae	<i>Aulostomus maculatus</i>
Blennidae	<i>Hypsoblennius exstochilus</i>
Bothidae	<i>Bothus lunatus</i>
Carangidae	<i>Caranx ruber</i> <i>Coryphopterus dicrus</i> <i>Coryphopterus hippos</i> <i>Coryphopterus ruber</i>
Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i> <i>Chaetodon ocellatus</i> <i>Chaetodon striatus</i>
Gobiidae	<i>Coryphopterus dicrus</i> <i>Coryphopterus personatus/hyalinus</i> <i>Elacatinus sp.</i>
Grammatidae	<i>Gramma Loreto</i>
Haemullidae	<i>Anisotremus surinamensis</i> <i>Anisotremus virginicus</i> <i>Haemulon album</i> <i>Haemulon aurolineatum</i> <i>Haemulon chrysargyreum</i> <i>Haemulon flavolineatum</i> <i>Haemulon parra</i> <i>Haemulon sciurus</i>
Inermiidae	<i>Inermia vittata</i>
Labridae	<i>Bodianus rufus</i> <i>Halichoeres bivittatus</i> <i>Halichoeres garnoti</i> <i>Lachnolaimus maximus</i> <i>Thalassoma bifasciatum</i>
Labrisomidae	<i>Malacoctenus triangulatus</i>
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> <i>Lutjanus apodus</i> <i>Lutjanus griseus</i> <i>Lutjanus mahogoni</i> <i>Ocyururs chrysurus</i>
Malacanthidae	<i>Malacanthus plumieri</i>
Mullidae	<i>Pseudopeneus maculatus</i>
Myliobatidae	<i>Aetobatus narinari</i>
Ostraciidae	<i>Acanthostracion quadricornis</i> <i>Lactophrys bicaudalis</i> <i>Lactophrys trichete</i>
Pempheridae	<i>Pempheris schomburgkii</i>
Pomacantidae	<i>Holacanthus ciliaris</i> <i>Holacanthus tricolor</i> <i>Pomacanthus arcuatus</i> <i>Pomacanthus paru</i>
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> <i>Chromis cyanea</i>

	<i>Chromis multilineata</i>
	<i>Microsphotodon chrysurus</i>
	<i>Stegastes leucostictus</i>
	<i>Stegastes partitus</i>
	<i>Stegastes planifrons</i>
Priacanthidae	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>
Rhincodontidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i>
Scaridae	<i>Scarus iserti</i>
	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>
	<i>Sparisoma automarium</i>
	<i>Sparisoma rupripinne</i>
	<i>Sparisoma vetula</i>
	<i>Sparisoma viride</i>
Scianidae	<i>Pareques sp.</i>
Scorpaenidae	<i>Scorpena plumieri</i>
	<i>Pterois volitans</i>
Serranidae	<i>Cephalopolis cruentatus</i>
	<i>Epinephelus striatus</i>
	<i>Hypoplectrus puella</i>
	<i>Mycteroperca acutirostris</i>
	<i>Mycteroperca venenosa</i>
	<i>Serranus tirgrinus</i>
Synodontidae	<i>Synodus synodus</i>
Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i>

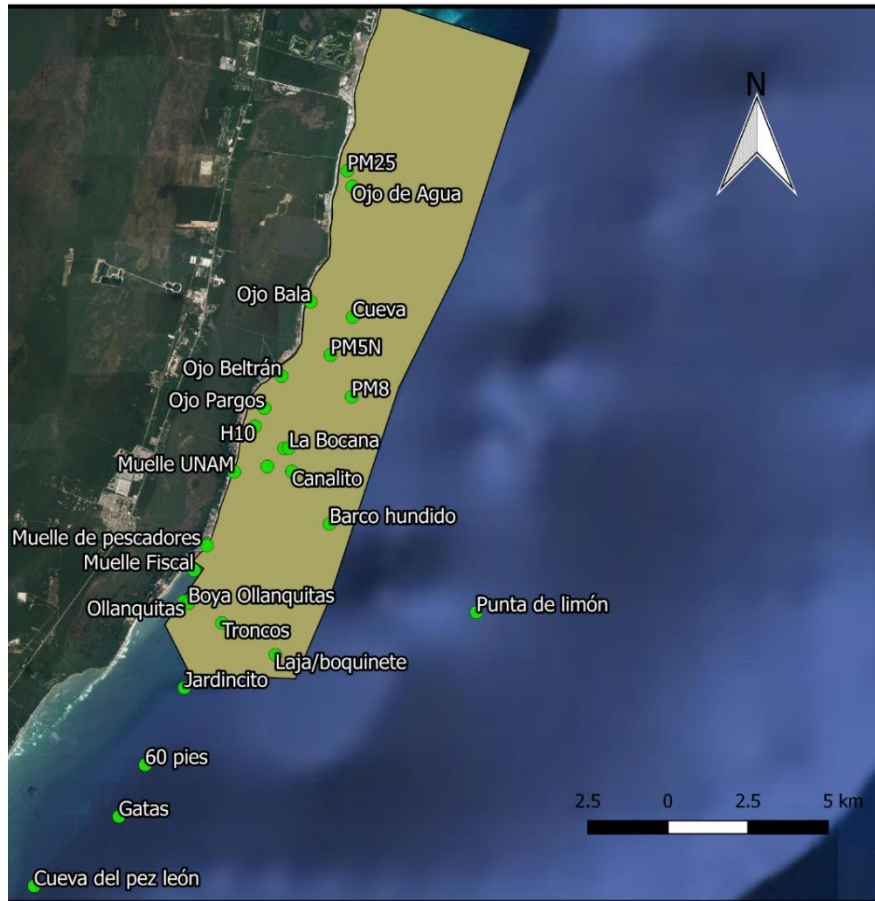
---

## 7 MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 7.1 Trabajo de campo

Con la finalidad de realizar el mayor número de colectas de pez león en los sitios más representativos dentro del PNAPM, se eligieron 27 sitios de muestreo (Figura 3) de acuerdo al conocimiento previo de la zona y los hábitats presentes en el PNAPM, clasificados conforme al uso dado por el pez león (Tabla 1) y las áreas con mayor cantidad de refugios.

Adicionalmente, se contempló la sugerencia de los pescadores pertenecientes a La Sociedad Cooperativa Pesquera de Puerto Morelos (S.C.P.P) para confirmar las localidades de colecta, dado el conocimiento y la experiencia que poseen.



**Figura 3.** Localización de los sitios de muestreo dentro del PNAPM.

Las fechas de colecta, sitios, coordenadas, profundidad del sitio y número de organismos (colectados, observados y total), se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Sitios de muestreo, fechas de colecta y abundancias de peces leones (colectados, observados y totales) dentro del PNAPM.

Colecta 1: Del 19 al 22 de septiembre 2016						
Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Colectas	Observados	Total
Ollanquitas	20° 49' 54"	86° 52' 54.06"	12.1	2	0	2
Gatas	20° 46' 15.4"	86° 54' 4.62"	30.5	3	0	3
60 pies	20° 47' 07.9"	86° 53' 36.2"	18	8	2	10
Laja/boquinete	20° 48' 59.53"	86° 51' 15.66"	30.5	7	5	12
Troncos	20° 49' 31.8"	86° 52' 13.2"	13	4	8	12
Cueva del pez león	20° 45' 04.8"	86° 55' 36.2"	5	0	0	0

24 15 39

**Colecta 2: 17 y 19 de octubre 2016**

Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Colectas	Observados	Total
Cueva del tiburón	20° 52' 10.98"	86° 51' 24.12"	18	0	3	3
Canalito	20° 52' 05.9"	86° 50' 57.4"	15	12	3	15
Punta de limón	20° 49' 42.6"	86° 47' 38.34"	7	0	1	1
				12	7	19

**Colecta 3: Del 7, 8 y 10 de noviembre 2016**

Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Colectas	Observados	Total
Barco hundido	20° 51' 12.6"	86° 50' 17.0"	27	1	2	3
PM8	20° 53' 21.8"	86° 49' 52.8"	15	0	1	1
PM5N	20° 54' 04.2"	86° 50' 15.6"	16	0	1	1
PM27	20° 52' 29.3"	86° 51' 06.0"	17	0	1	1
				1	5	6

**Colecta 4: 2 y 3 de mayo 2017**

Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Colectas	Observados	Total
Cueva de tiburón	20° 52' 10.98"	86° 51' 24.12"	18	1	0	1
Canalito	20° 52' 05.9"	86° 50' 57.4"	15	2	5	7
Ojo Pargos	20° 53' 10.3"	86° 51' 27.2"	8	0	0	0
Muelle de pescadores	20° 50' 50.7"	86° 52' 29.46"	5	7	0	7
Troncos	20° 49' 31.8"	86° 52' 13.2"	13	8	3	11
				18	8	26

**Colecta 5: 29 de noviembre al 1 de diciembre 2017**

Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Colectas	Observados	Total
Cueva de tiburón	20° 52' 10.98"	86° 51' 24.12"	18	2	0	2
PM25	20°57' 11.46"	86°49' 57.18"	4	1	1	2
Ojo Beltrán	20° 53' 42.84"	86° 51' 8.64"	12	8	5	13
H10	20° 52' 51.84"	86° 51' 37.38"	15	11	2	13
Muelle UNAM	20° 52' 5.46"	86° 52' 0"	7	1	0	1
Muelle de pescadores	20° 50' 50.7"	86° 52' 29.46"	5	5	1	6
60 pies	20° 47' 07.9"	86° 53' 36.2"	18	2	2	4
Troncos	20° 49' 31.8"	86° 52' 13.2"	13	1	2	3

Boya Ollanquitas	20° 49' 52.0"	86° 52' 49.5"	8	3	0	3
Muelle Fiscal	20° 50' 25.56"	86° 52' 43.5"	13	6	2	8
Canalito	20° 52' 5.9"	86° 50' 57.4"	15	1	1	2
La Bocana	20° 52' 29.7"	86° 51' 0.69"	8	0	0	0
Cueva	20° 54' 42.6"	86° 49' 51.7"	8	5	3	8
				46	19	65

**Colecta 6: Del 7 al 9 de mayo 2018**

Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Colectas	Observados	Total
Gatas	20° 46' 15.4"	86° 54' 4.62"	30.5	6	0	6
Jardincito	20° 48' 26.2"	86° 52' 53.9"	8	0	0	0
60 pies	20° 47' 07.9"	86° 53' 36.2"	18	2	0	2
Boya Ollanquitas	20° 49' 52.0"	86° 52' 49.5"	8	0	0	0
Muelle de pescadores	20° 50' 50.7"	86° 52' 29.46"	5	2	0	2
PM25	20°57' 11.46"	86°49' 57.18"	4	0	0	0
Ojo de Agua	20°56' 55.4"	86°49' 52.0"	3	4	2	6
Ojo de Agua 2	20°03' 21.0"	86°49' 40.0"	12	5	0	5
Ojo Beltrán	20° 53' 42.84"	86° 51' 8.64"	12	0	0	0
Ojo Pargos	20° 53' 10.3"	86° 51' 27.2"	8	0	0	0
H10	20° 52' 51.84"	86° 51' 37.38"	15	0	0	0
Cueva de tiburón	20° 52' 10.98"	86° 51' 24.12"	18	1	1	2
Cueva	20° 54' 42.6"	86° 49' 51.7"	8	1	3	4
Ojo Bala	20° 54' 58.1"	86° 50' 37.0"	8	5	2	7
Canalito	20° 52' 5.9"	86° 50' 57.4"	15	3	0	3
Troncos	20° 49' 31.8"	86° 52' 13.2"	13	0	0	0
				29	8	37

Para el traslado a cada uno de los sitios de colecta, se utilizó una embarcación de 24 ft con un motor fuera de borda de 150 Hp y después de ubicar cada localidad mediante un geoposicionador (GPS), se determinaron las variables físico-químicas de profundidad, temperatura, conductividad, salinidad y oxígeno disuelto, en la parte más profunda de cada uno de los sitio, estas mediciones se obtuvieron mediante el uso de una sonda multiparamétrica Hydrolab DS5.

Para las colectas de los organismos, se realizaron al menos tres inmersiones por día, mediante buceo autónomo SCUBA y buceo libre (Snorkel), dependiendo de la profundidad de cada uno de los sitios. En cada sitio, de manera paralela a la costa un buzo colocó un

transecto de 25 metros, graduado cada metro, e inició la búsqueda de peces león a cada metro del transecto (25cm x 2) teniendo un área de muestreo de 50 m<sup>2</sup> (Caballero-Vázquez *et al.* 2014). Esta metodología abarcó grietas, paredes, cañones y oquedades propias de la complejidad topográfica de los arrecifes; donde suelen refugiarse los peces león. Para la captura de los organismos se utilizaron arpones de liga comúnmente conocidos como hawaianas de tres puntas (Figura 4 izquierda); especializadas para no destruir al pez al recibir el arpón y para capturar ejemplares de tallas juveniles. Los peces capturados fueron colocados en un dispositivo colector (Figura 4 derecha), especialmente diseñado para evitar que el buzo entre en contacto con el veneno de las espinas dorsales, ventrales y anales del pez león, durante su captura. En superficie, los peces se separaron por sitio de colecta y se depositaron en una hielera para su traslado al laboratorio.

Adicionalmente, se registró el tipo de sustrato presente en cada sitio y se tomó nota del número de organismos que no fueron capturados.



**Figura 4.** Arte de pesca: arpón tipo hawaiana de tres puntas (izquierda) y dispositivo colector (derecha); utilizados para la captura de pez león.

## 7.2 Trabajo de laboratorio

Dentro del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Organismos Acuáticos (LEBOA), de la Unidad de Ciencias del Agua (UCIA), del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) A. C., se procesaron los organismos colectados. Se contabilizó el número de radios de la aleta dorsal, así como la presencia o ausencia de antenas en la cabeza. Se obtuvo el peso de cada ejemplar en gramos (PE), mediante una balanza analítica electrónica marca Velab Balances Modelo VE-5000. Además se tomaron las medidas morfo métricas



básicas: longitud total (LT) y longitud patrón (LP); con una cinta métrica graduada en cm.

Se evisceraron todos los ejemplares colectados con tijeras de tipo quirúrgico, se abrió primero la cavidad abdominal (desde la región anal y con dirección hacia la aleta pélvica), posteriormente se abrió en dirección a la aleta pectoral y finalmente se abrió por la parte superior de la aleta pectoral para la extracción de los órganos internos (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema de disección de pez león para la obtención y revisión de estructuras internas.

### **7.2.1 Determinación del sexo y Fases de Desarrollo Gonadal FDG**

Dado que el pez león no presenta dimorfismo sexual, se extrajeron las gónadas para ser pesadas (PG) y se identificó tanto el sexo como las FDG en las que se encontraban los ejemplares al ser colectados; la identificación se realizó por medio de la observación macroscópica y con base en la tabla propuesta por Green *et al.*, (2012). Las FDG se clasificaron en dos fases para machos: Desarrollo temprano (M1) y Desarrollo maduro (M2); y 4 fases para hembras: Desarrollo temprano (H1), Maduro (H2), Capaz de desovar (H3) y Desovando (H4) según Green *et al.* (2012).

Debido que las características morfológicas más importantes para la determinación del sexo y las FDG difieren entre los peces león del Caribe mexicano y los peces del Atlántico Norte, se fotografiaron las gónadas de hembras y machos con la finalidad de actualizar la tabla propuesta por Green *et al.* (2012), construyendo una guía de campo con fotografías de las gónadas in situ y fijadas, las cuales presentan las principales características morfológicas observadas a simple vista, lo que facilita la identificación

macroscópica del sexo y de las FDG del pez león para la zona del Caribe mexicano.

### 7.2.2 Determinación de la dieta

Para determinar la dieta del pez león, se extrajeron los estómagos de cada ejemplar colectado, cortando con tijeras de tipo quirúrgico desde el esófago hasta la cavidad abdominal. Posteriormente los estómagos fueron pesados y por medio de la apertura de la membrana estomacal, fue extraído el contenido para su posterior identificación (Figura 6).



**Figura 6.** Técnica de extracción del estómago y obtención del contenido estomacal en el pez león.

Las presas se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible, utilizando un microscopio estereoscópico marca IROSCOPE, modelo ES-24 PLIT. Para la identificación de peces, se utilizaron las claves de identificación de McEachran y Fechelm (1998), Humann y Deloach (2002), la guía de la FAO (2002), la guía de Nelson (2016), la guía Robertson *et al.* (2015) Versión 1.0 en línea y la página electrónica FishBase. Para los crustáceos se utilizó la clave de la FAO (2002) y para el ejemplar molusco se utilizó el Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del golfo de México y Mar Caribe (2004).

## 7.3 Trabajo de gabinete

### 7.3.1 Relación entre las variables físico-químicas con la distribución y abundancia del pez león

Para determinar el grado de similitud entre los diferentes sitios de colecta y analizar la distribución espacial del pez león, se realizó un Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (N-MDS) mediante el paquete estadístico PERMANOVA 6+ PRIMER versión 1.0.1 (Clarke y Warwick, 2001), con las variables físico-químicas (incluyendo el tipo de sustrato) y la abundancia de los organismos por sitio de colecta. Se utilizó el índice de similitud de Bray Curtis como medida de distancia para realizar la matriz triangular y la bondad de ajuste se verificó teniendo en cuenta el valor de stress (Bray y Curtis, 1957).

Se calculó la biomasa por individuo capturado de pez león por medio de la siguiente fórmula:

$$W=aL^b$$

Donde:

W=Peso

L=Longitud

a= 0.10400 (constante de relación peso-longitud)

b= 3.300 (constante de relación peso-longitud)

Las constantes a y b son específicas para el pez león y fueron obtenidas de página electrónica FishBase.

### **7.3.2 Determinación de clases de tallas y su frecuencia**

Para determinar las clases de tallas de los ejemplares colectados, se estimaron los intervalos de confianza y el número de clases mediante el programa JMP versión 6.0 (SAS, 1996) y se graficaron las frecuencias mediante Excel 2013.

### **7.3.3 Proporción de sexos y FDG**

Para todos los organismos se calculó la proporción total de sexos y las FDG por cada sitio de colecta y por talla, mediante la prueba Chi-cuadrada; con ello se determinó si la proporción sexual observada, se aleja significativamente de la unidad. Los datos se

agruparon por frecuencia de tallas y se generaron histogramas como gráficas de frecuencias.

### **7.3.4 Análisis de la variación cualitativa y cuantitativa de la dieta**

Con la abundancia de los grupos presentes en todos los estómagos revisados se realizaron histogramas. La identificación de las presas se realizó al nivel taxonómico más bajo posible; aquellos ítems alimenticios que no pudieron identificarse por su amplio grado de descomposición, se les determinó como materia orgánica no identificada (MONI).

En la variación cuantitativa, para determinar si la muestra de estómagos analizada fue representativa, se realizó una curva de rarefacción basada en individuos, con el software EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013) y se comparó con el estimador Chao 2 de riqueza (Gotelli y Colwell, 2011). La curva se ajustó con el modelo de Clench. Este modelo es utilizado por su eficiencia para estimar la riqueza de especies en la mayoría de los taxa estudiados (Jiménez-Valverde y Lobo, 2004), y en donde a mayor esfuerzo de muestreo, mayor probabilidad de añadir nuevas especies al inventario (Soberón y Llorente, 1993).

#### **7.3.4.1 Índice de vacuidad**

Se determinó la actividad alimenticia que generaron los organismos colectados, mediante el cálculo del índice de vacuidad, de acuerdo con lo descrito en Franco y Bashirullah (1992), utilizando la fórmula:

$$IV = (N_{ev}/N_{ex}) * 100$$

Donde:

IV=Índice de vacuidad

N<sub>ev</sub>= Número de estómagos vacíos

N<sub>ex</sub>= Número de estómagos examinados

#### **7.3.4.2 Índice de repleción gástrica**

Para conocer el grado de saturación alimenticia de los estómagos, se determinó el índice de repleción gástrica, mediante el peso en gramos del bolo alimenticio según lo descrito por Gallardo-Cabello *et al.*, (1991) y considerando la fórmula de Franco y Bashirullah (1992):

$$IR = (Pce/Pp) * 100$$

Donde:

IR= Índice de repleción gástrica

Pce= Peso de contenido estomacal

Pp= Peso del pez león

Se emplearon las tres escalas propuestas por Franco y Bashirullah (1992):

I. Lleno  $IR \geq 1.1$

II. Semi lleno  $IR \geq 0.51$  a  $IR \leq 1.0$

III. Vacío  $IR \leq 0.5$

## 8 RESULTADOS

Se realizaron un total de seis salidas de colecta y fueron visitados 27 sitios dentro del PNAPM. Se observaron en total 192 peces león, de los cuales 130 ejemplares fueron colectados y 62 solo fueron registrados al no poder ser capturados. Adicionalmente se analizaron 132 ejemplares que fueron donados por parte de la Sociedad Cooperativa de Puerto Morelos (S.C.P.P.) para este estudio.

### 8.1 Características ambientales de los sitios de colecta

Se describen a continuación las características diferenciales que presentaron los sitios de colecta en la zona de estudio dentro del PNAPM.

**PM25.** Este sitio cuenta con una profundidad de 4 m donde predominan las praderas de pastos marinos. Su nombre le fue proporcionado por los guarda parques pertenecientes a la

CONANP, debido a que era un punto de avistamiento constante de pez león, sin embargo sólo se colectó un ejemplar y un segundo fue avistado durante el periodo de colecta.

**PM27.** Presenta una profundidad de 17 m y se caracteriza por la presencia esporádica de corales constructores. En el sitio sólo se registraron peces león pero no fueron capturados.

**Ojo de agua.** Pertenece a la zona de afloramientos de agua en el PNAPM. Es el sitio con la menor profundidad registrada para esta investigación (3 m) y donde el fondo se constituye de zonas de arenal asociadas con pastos marinos.

**Ojo de agua 2.** Se ubica en la zona Norte del polígono del PNAPM. Presenta una profundidad máxima de 12 m y un sustrato compuesto de zonas de arenal con pastos marinos.

**Ojo bala.** Se ubica en la zona Norte del polígono del ANP. Presenta una profundidad máxima de 8 m y un sustrato compuesto de zonas de arenal y pastos marinos. En el sitio se registró el valor más alto de salinidad con 36.86 ppm.

**Cueva.** Este sitio presenta una profundidad de 8 m y se constituye de arrecifes de coral, alternados con pequeños canales de arena; por lo que representa una complejidad de hábitats que permite una alta diversidad de peces.

**PM5N.** Pertenece al complejo de sitios para captura y monitoreo de pez león propuestos por la CONANP. Tiene una profundidad de 16 m y se caracteriza por tener un sustrato de lajas asociado con gorgonias. En el sitio se registraron peces león, pero no se pudieron colectar.

**Ojo Beltrán.** Tiene una profundidad máxima de 12 m y predominan los pastos marinos como sustrato en el contorno del ojo. En el sitio se registró el valor más alto de conductividad, comparado con los demás sitios de muestreo, debido potencialmente a los

afloramientos de agua que hay en el entorno, ya que el sitio pertenece a uno de los muchos complejos de este tipo presentes en el ANP.

**PM8.** Es el sitio donde se registró el valor de temperatura más bajo dentro del PNAPM. Presenta una profundidad máxima de 15 m y pertenece al grupo de localidades que fueron nombradas por los guarda parques de la CONANP, para identificarlas como zonas de avistamiento constante de pez león, sin embargo, sólo se avistaron ejemplares y no se logró ninguna captura.

**Ojo pargos.** El sitio tiene el mayor afloramiento de agua dulce registrado en el ANP, se ubica en la laguna arrecifal cercano a la costa y se caracteriza por la presencia de algunos corales calcáreos y corales blandos. En el entorno y dentro del ojo de agua, el sustrato que predomina es el pastizal. Cuenta con una profundidad máxima de 8 m y se tiene el registro de peces león juveniles y otras especies arrecifales de tamaño pequeño.

**H10.** Este sitio se ubica a la altura del hotel con el mismo nombre. Tiene una profundidad máxima de 15 m y predomina una mezcla de corales blandos y duros; en el sitio se mantiene una alta actividad de buceo y snorkel recreativo.

**La Bocana.** Esta localidad conforma un complejo arrecifal compuesto de corales duros principalmente, que se ubican en dirección perpendicular a la costa. Tiene una profundidad máxima de 8 m y es uno de los tres sitios donde no se registró presencia de pez león.

**Muelle UNAM.** El sitio ubicado en el muelle de la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales (UASA) de la UNAM tiene una profundidad de 7m y presenta un fondo con manchones de pastos marinos y zonas de arenal asociado con algunos corales pétreos.

**Canalito.** Se ubica dentro de los límites del polígono que forma el PNAPM en la zona Sur; cuenta con una profundidad máxima de 15 m y en esta localidad se obtuvo la mayor abundancia de pez león (27 ejemplares). El sitio representa estructuras de corales anchos y los canales de arena que se forman, sirven como refugio para muchas especies de peces;

características que son también aprovechadas por el pez león para su mantenimiento y sobrevivencia.

**Barco hundido.** Este sitio presenta una profundidad máxima de 27 m y en la zona se encuentra una nave C-56 Minesweeper, conocida por el nombre de Juan Escutia; la cual perteneció a la Marina de EUA y posteriormente la Armada de México la hundió en 1996 para ser utilizada con fines de buceo recreativo. El barco se encuentra colonizado por varios organismos marinos y es usado como refugio ante depredadores. En el sitio se registró el valor más bajo de conductividad y la menor cantidad de oxígeno disuelto.

**Cueva del tiburón.** Este sitio es utilizado por diferentes organismos como refugio, incluyendo tiburones y peces; lo que representa para el pez león, una fuente importante de alimentación. Aquí se registraron los peces león con mayores pesos, tallas y biomasa de todos los sitios de colecta. En este sitio se encuentra una cueva a 18 m de profundidad, compuesta principalmente de lajas y corales de tipo gorgóneo y es donde se registró el mayor valor de salinidad de la zona.

**Muelle de pescadores.** Se ubica frente al poblado de Puerto Morelos, el muelle funciona como un sustrato de tipo artificial que tiene una profundidad máxima de 5 m. Es el muelle de embarque de los pescadores de la S.C.P.M. y de los prestadores de servicios turísticos. Es el lugar donde se registró el mayor valor de temperatura de los sitios muestreados además de una alta abundancia de peces león (15 ejemplares).

**Muelle fiscal.** Presenta una profundidad máxima de 13 m. En el sitio se encuentran estructuras artificiales de concreto que han sido colonizadas por diferentes organismos marinos. Se registró el valor de temperatura más alto de los sitios de muestreo y existe un registro importante de pez león, sobre todo de organismos juveniles. Debido a que el muelle de carga de Puerto Morelos (como también se le conoce) presenta una alta influencia antropogénica y una alta descarga de agua de lastre, el sitio se considera de características particulares.



**Boya Ollanquitas.** El sitio presenta una profundidad máxima de 8 m. Se caracteriza por la presencia de arrecifes artificiales en forma de boya, que han sido colonizados por diversos organismos marinos (tanto vertebrados como invertebrados), ya que brindan refugio y protección ante los depredadores. Las boyas también sirven como anclaje y como señalamiento para los diferentes tipos de embarcaciones.

**Ollanquitas.** Se localiza en el límite Sur del polígono del ANP. Presenta 12m de profundidad y se constituye de coral blando con presencia de zonas con coral duro.

**Punta del limón.** Sitio ubicado hacia el Oeste y fuera del límite del polígono del ANP, tiene una profundidad máxima de 7 m y presenta una pequeña cordillera con fondo de arenas donde sólo se observaron peces león, pero no se lograron capturar.

**Troncos.** Se ubica al Sur y dentro de los límites del polígono que conforma el ANP, está compuesto principalmente de sustrato arenoso (conocido también como blanquizal), con parches de arrecife. Su nombre fue dado por los pescadores de la S.C.P.M. debido a que en su profundidad se encuentran troncos de árboles que fueron arrastrados por la corriente marina, desde la playa hasta el sitio y permanecen ahí desde entonces. Presenta una profundidad máxima de 13 m, y es el sitio donde se registró el mayor valor de oxígeno disuelto dentro del ANP y el segundo sitio con más abundancias de peces león (tanto colectados como registrados).

**Laja/Boquinete.** El sitio presenta una profundidad máxima de 30.5 m y fue uno de los sitios más profundos donde se colectó pez león; se caracteriza por la presencia de coral duro de la especie denominada como cuerno de alce, que asemejan formas de lajas y que brindan soporte a corales gorgóneos, con los que crecen de forma asociada. Dichas formaciones le dan el nombre al sitio y le confieren la preferencia por los peces de la familia Labridae; especialmente la especie *Lachnolaimus maximus*, que es comúnmente conocido como boquinete y que es común avistarlo en este sitio.

**Jardincito.** Este sitio presentó 8 m de profundidad máxima y sustrato de cabezos de coral principalmente. El sitio se localiza en la zona Sur, en el límite del polígono que forma el PNAPM. Su nombre se debe a la presencia y diversidad de corales, algas, invertebrados y comunidades de peces asociados.

**60 pies.** Sitio denominado así por la profundidad máxima que se registró (18 m). Se ubica al Sur fuera de los límites del polígono que forma el ANP y está compuesto principalmente por corales tanto duros como blandos.

**Gatas.** Localidad que se encuentra fuertemente influenciada por las corrientes marinas. Es uno de los sitios de mayor profundidad donde se colectaron peces león (30.5 m). Se ubica hacia la zona Sur y está influenciada por el PNAPM; el sustrato que presenta forma una cordillera de arena (blanquizal) en el fondo y por sus características, tanto los pescadores como los prestadores de servicios turísticos, no lo recomiendan para buceos o deportes acuáticos recreativos.

**Cueva del pez león.** Esta localidad es la más alejada de la zona Sur del PNAMP y se encuentra adyacente en la zona de influencia del polígono del ANP. Se seleccionó el sitio debido a la presencia de una cordillera de arena (blanquizal), que forma unas estructuras parecidas a cuevas y en donde los pescadores de la S.C.P.M. infieren la presencia de pez león. Durante las visitas al sitio no se avistaron ni se colectaron organismos.

## **8.2 Variables físico-químicas de los sitios de colecta**

Los parámetros de profundidad y físico-químicos de temperatura, conductividad, salinidad y oxígeno disuelto, fueron tomados en la profundidad máxima de cada sitio y en general registraron poca variación entre sitios de colecta. De los 27 sitios, 13 se consideran como someros ( $\leq 13$ m) y 14 son considerados como profundos ( $\geq 14$ m). El sitio con la menor profundidad fue Ojo de agua con 3 m, mientras que las localidades de mayor profundidad son Gatas y Laja/Boquinete con 30.5 m respectivamente. La profundidad media de las localidades fue de 12.7 m. En la zona de estudio las capturas de pez león se realizaron en una temperatura que osciló entre los 26.5 y los 28.7° C, con una media de 27.6° C. Los sitios que

registraron los valores más altos de temperatura fueron Muelle de pescadores con 28.77° C y Muelle fiscal con 28.72° C. El sitio de menor valor registrado es PM8 con 26. 53° C.

El valor de la salinidad osciló entre 34.27 a 36.86 ppm, con una media de 36.7 ppm. La localidad con el valor más bajo fue Cueva de tiburón con 34.27 ppm y el de valor más alto fue el sitio Ojo bala con 36.86 ppm. La conductividad osciló de 54.1 a 58.21 mS/cm, con una media de 56.1 mS/cm; el sitio de menor valor fue Barco Hundido con 54.10 mS/cm mientras que el de mayor fue Ojo Beltrán con 58.21 mS/cm.

El oxígeno disuelto presentó un rango de 3.85 a 6.9 mg/l y una media de 5.37 mg/l. El valor más bajo fue en el sitio Barco hundido con 3.85 mg/l y el de valor más alto fue el sitio Troncos con 6.9 mg/l.

En los 27 sitios de colecta, se identificaron siete tipos de sustratos: Arrecife, Blanquizal/arrecife, Blanquizal/pastizal, Cordillera/blanquizal, Laja/gorgonias, Pastizal y Sustrato artificial con base en la clasificación propuesta por Caballero-Vázquez *et al.*, 2014 (Tabla 1).

En la tabla 5 se muestran los parámetros físico-químicos, el tipo de sustrato y la biomasa de peces león obtenidos por sitio de colecta.

**Tabla 5.** Valores medios de los parámetros físico-químicos en cada sitio de colecta, asociados a la profundidad, tipo de sustrato y biomasa determinados.

Sitios	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Salinidad (ppm)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Tipo de sustrato	Biomasa (gm <sup>2</sup> )
PM25	4	27.55	57.43	36.20	4.90	Pastizal	3200.0
PM27	17	26.88	54.20	35.91	5.50	Arrecife	0
Ojo de agua	3	27.35	57.04	35.73	4.62	Blanquizal/pastizal	4175.0
Ojo de agua 2	12	28.15	57.97	36.14	4.42	Blanquizal/pastizal	1787.6
Ojo bala	8	27.64	57.66	36.27	4.93	Blanquizal/pastizal	1775.7
Cueva	8	27.73	57.34	35.98	5.34	Arrecife	4116.6
PM5N	16	26.77	54.20	35.91	4.93	Laja/gorgonias	0
Ojo Beltrán	12	28.32	58.21	36.19	5.00	Pastizal	2743.7
PM8	15	26.53	54.30	36.00	4.62	Laja/gorgonias	0

Ojo pargos	8	28.58	55.63	35.63	6.85	Arrecife	0
H10	15	27.92	57.59	36.01	5.45	Arrecife	3371.0
La Bocana	8	27.50	56.33	35.44	4.44	Arrecife	0
Muelle UNAM	7	28.37	58.10	36.06	6.20	Sustrato artificial	773.6
Canalito	15	27.69	55.62	35.75	6.15	Cordillera/Blanquizal	4658.3
Barco Hundido	27	26.90	54.10	35.86	3.85	Sustrato artificial	5300.0
Cueva del tiburón	18	27.71	56.30	34.27	5.87	Laja/gorgonias	6075.0
Muelle pescadores	5	28.77	56.30	35.60	6.61	Blanquizal/pastizal	2346.5
Muelle fiscal	13	28.72	58.19	35.83	4.30	Sustrato artificial	1950.0
Boya Ollanquitas	8	27.74	57.31	35.96	5.19	Blanquizal/pastizal	3179.6
Ollanquitas	12.1	26.93	54.40	36.06	5.62	Arrecife	2400.0
Punta del limón	7	26.73	54.40	36.04	5.34	Cordillera/Blanquizal	0
Troncos	13	27.78	55.73	35.73	6.90	Blanquizal/arrecife	2730.8
Laja/boquinete	30.5	26.79	54.20	35.91	5.45	Laja/gorgonias	4228.5
Jardincito	8	28.03	57.85	36.11	5.53	Arrecife	1407.2
60 pies	18	27.68	56.35	35.76	6.63	Arrecife	4084.4
Gatas	30.5	27.51	55.87	36.02	5.16	Cordillera/Blanquizal	3463.0
Cueva de pez león	5	26.86	54.30	35.97	5.13	Cordillera/Blanquizal	0

### 8.3 Abundancia de peces león por sitio de colecta

Considerando los organismos colectados y observados, se determinó que el sitio de mayor abundancia fue Canalito con 27 peces león, seguido de Troncos con 24 ejemplares. En cuatro sitios (Punta del limón, PM8, PM5N y PM27) de los 27 totales, sólo se observaron peces león, pero no se capturaron. En tres sitios: Cueva del pez león, La bocana y Ojo Pargos, no se registró presencia ni captura de pez león (Figura 7).

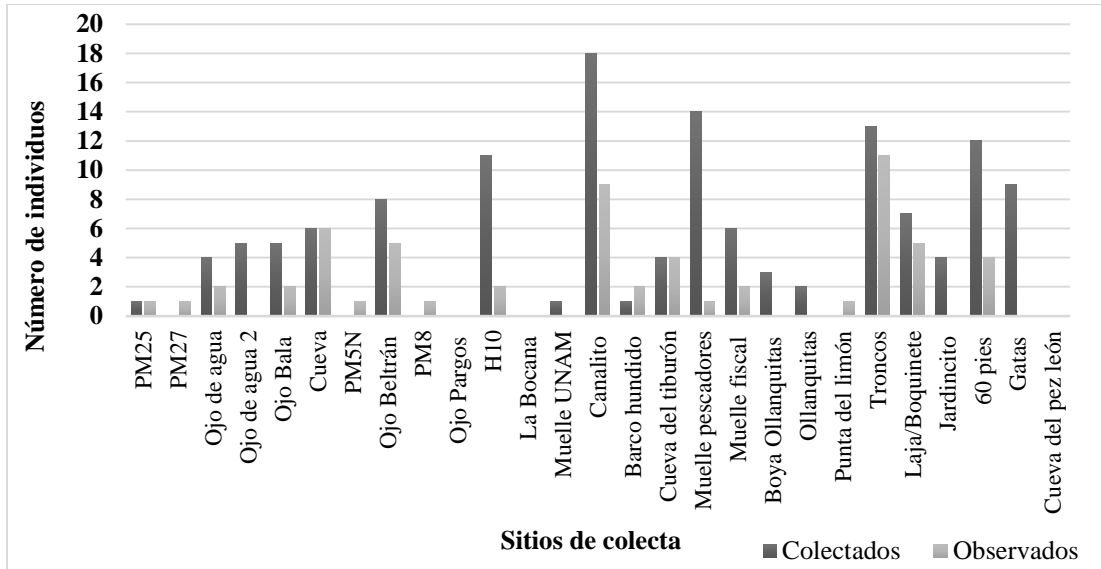
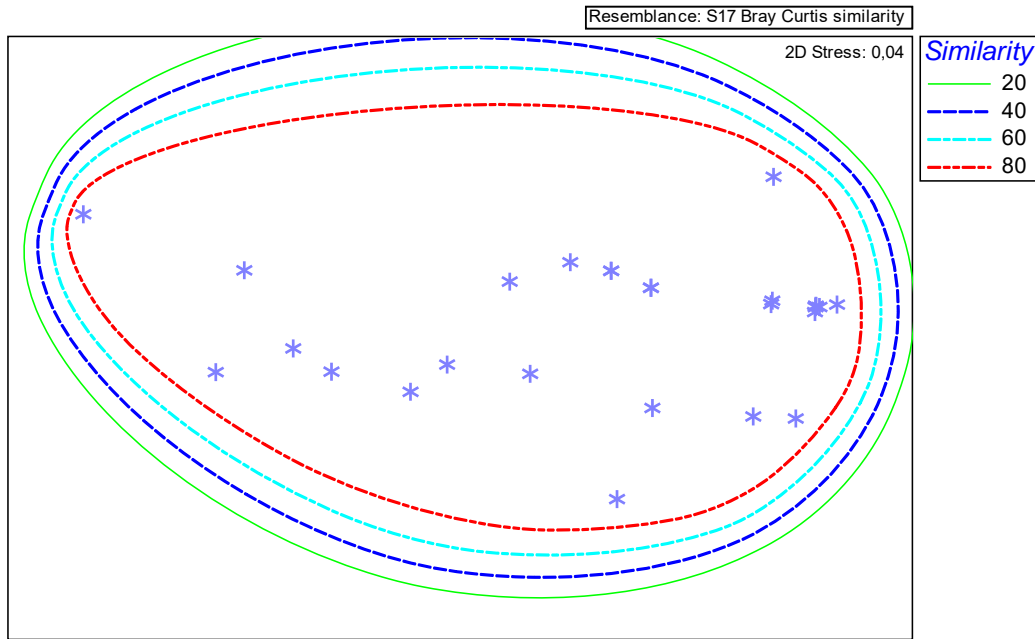


Figura 7. Abundancia de peces león por sitio de colecta en el PNAPM.

#### 8.4 Relación entre las variables físico-químicas con la distribución y abundancia del pez león

Para determinar patrones de distribución de los peces león, se realizó el análisis N-MDS, el cual con un nivel de estrés de 0.04, agrupó en un conjunto a todas las localidades de colecta sin denotar algún patrón de atribución. Los resultados muestran que no hay una agrupación entre los sitios de colecta con base con base en las variables físico-químicas registradas. De acuerdo al análisis N-MDS se determinó que los sitios comparten una similitud del 80% entre ellos, representada por la línea color rojo en la figura 8.



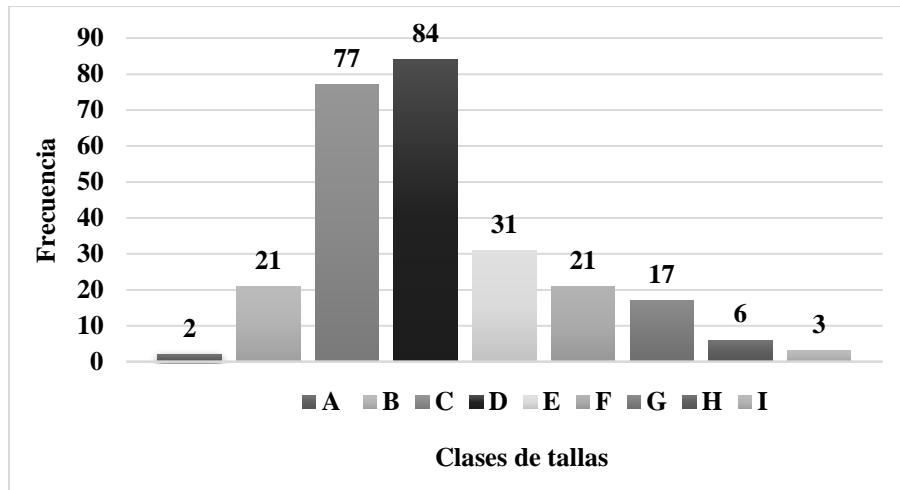
**Figura 8.** Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS), donde se muestra en un conjunto a todos los sitios de colecta, con 80% de similitud entre ellos representado por línea color rojo.

### 8.5 Análisis de frecuencia de tallas

Se obtuvieron nueve clases de tallas del total de la muestra, con una amplitud de tres por intervalo de confianza (Tabla 6). La clase D es la mejor representada, con una frecuencia de 84 ejemplares. La mayoría de los ejemplares capturados se encuentran entre 128 a 158 mm de talla. (Figura 9).

**Tabla 6.** Clases de tallas registradas del pez león y su frecuencia dentro del PNAPM.

Clases	Intervalos (mm)	Frecuencia
A	35-65	2
B	66-96	21
C	97-127	77
D	128-158	84
E	159-189	31
F	190-220	21
G	221-251	17
H	252-282	6
I	283-313	3

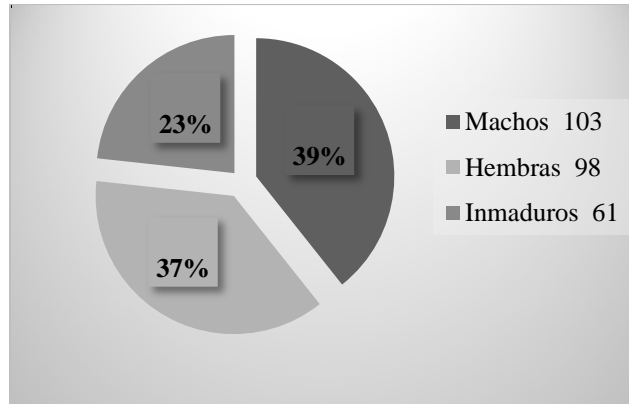


*Figura 9.* Frecuencia de tallas de los ejemplares de pez león dentro del PNAPM.

En cuanto a la longitud patrón (LP) mínima registrada fue de 35 mm, con un peso de 0.1 gramos, en el sitio Ojo de agua 2, mientras que la máxima es de 293 mm, con un peso de 707 gramos; proveniente de un ejemplar hembra. El mayor peso registrado es de 842.4 gramos en un ejemplar macho con LP de 275 mm colectado en el sitio H10.

### 8.6 Proporción de sexos y FDG

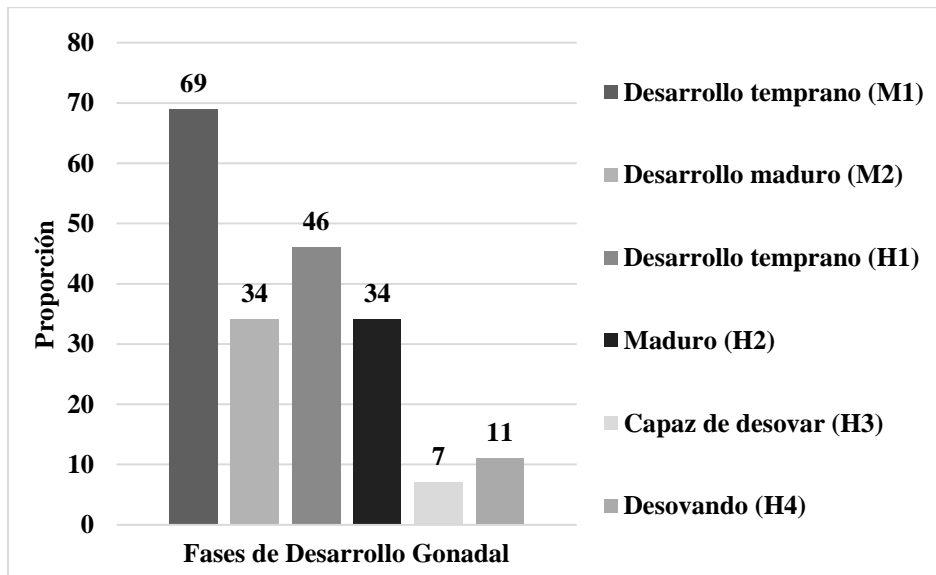
La prueba de la  $X^2$  con una  $p=0.08$ , mostró que la proporción sexual de los organismos durante todo el periodo de muestreo es diferente en mayor número de machos (M:H=1:0.95); lo que difiere de la proporción balanceada 1:1. La proporción de sexos se realizó con 262 individuos, de los cuales 103 (39%) corresponden a machos, 98 ejemplares (38%) corresponden a hembras y 61 (23%) son individuos inmaduros, es decir, que no han desarrollado su madurez sexual a simple vista (Figura 10).



**Figura 10.** Porcentaje de la proporción de sexos del pez león en el PNAPM.

De los ejemplares machos; 69 (34%) se encontraron en fase M1 o de gónadas inmaduras y 34 (17%) se determinaron con la capacidad de fecundar, es decir en la fase M2.

De los ejemplares hembras, 34 (23%) se encontraron en fase H1, 7 (17%) en fase H2, 6 (4%) en fase H3 y 11 (5%) en fase H4 al momento de su captura (Figura 11).



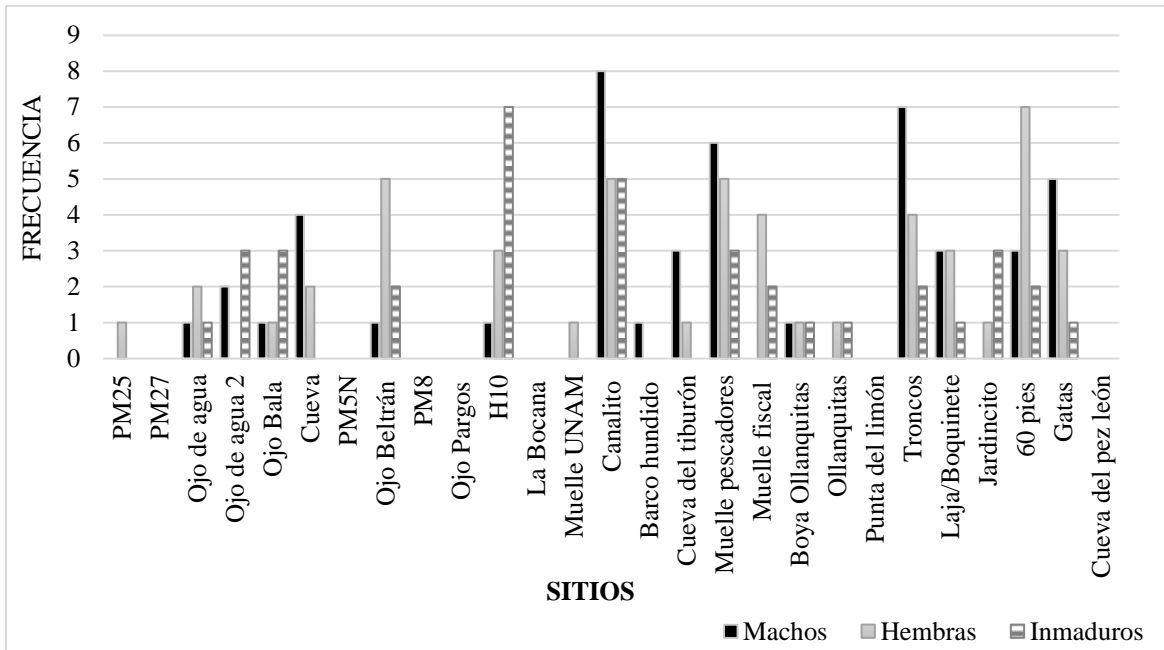
**Figura 11.** Proporción de las FDG para hembras y machos de pez león dentro del PNAPM.

### 8.6.1 Proporción de sexos y FDG por sitio de colecta

Respecto a la proporción de sexos por sitio de colecta, Canalito fue el lugar donde se obtuvo la mayoría de ejemplares machos (8 organismos), seguido del sitio Troncos con



siete ejemplares. Para el caso de las hembras, el sitio de mayor abundancia fue 60 pies con siete hembras; seguido de Canalito y Ojo Beltrán con cinco hembras para cada uno. El lugar que presentó el mayor número de organismos inmaduros fue H10 con siete ejemplares (Figura 12).



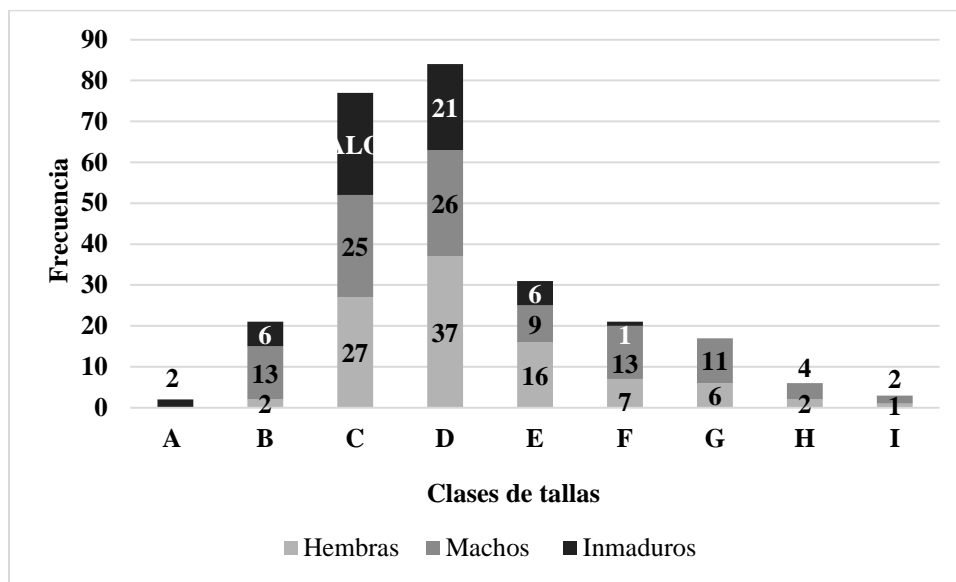
*Figura 12.* Frecuencia de sexos por sitio de colecta.

### 8.6.2 Proporción de sexos y FDG por tallas

La mayoría de los ejemplares se encontraron en un intervalo de talla de 128-158 mm; los individuos que no se pueden definir sexualmente (es decir la FDG “N” del pez león), se encontró en un intervalo de 35-197 mm, mientras que las hembras de manera general, se encontraron en un rango de 83-293 mm. Los machos de manera general, se encontraron en un intervalo de talla de 76-292 mm.

Los organismos con una FDG inmadura para ambos sexos, presentaron un rango de tallas amplio, es decir la FDG H1 para hembras, se encuentra en el rango de 83-175 mm y la FDG M1 para machos se encuentra bajo el rango de 76-255 mm.

Las hembras maduras con capacidad de desovar y donde se pueden observar huevecillos dentro de las gónadas de manera macroscópica, o bien las fases H3 y H4; se encuentran bajo el rango de 145-229 mm y 159-265 mm respectivamente, mientras que los machos en su etapa equivalente (M2), presentaron un rango de talla de 89-292 mm (Figura 13).



*Figura 13.* Frecuencia de sexos y FDG por clases de tallas del pez león.

Se fotografiaron las gónadas de hembras y machos, para tener una referencia del nivel de madurez en las estructuras y un comparativo entre ambos sexos debido a que las características morfológicas más importantes para la determinación del sexo y las FDG difieren entre los peces león del Caribe mexicano y los peces del Atlántico Norte. Con las imágenes se realizó una guía de identificación macroscópica de los sexos y las FDG para el pez león para el Caribe mexicano (Anexo 1).

### 8.7 Análisis de la variación cualitativa de la dieta

De los 262 estómagos revisados se obtuvo un total de 254 presas en total. Estas presas pertenecen a tres grupos taxonómicos distintos: peces, crustáceos y moluscos. El grupo más abundante fueron los peces, con 152 presas; seguido del grupo de los crustáceos,

compuesto por 96 camarones, cuatro cangrejos y un estomatópodo. Se registró también un ejemplar de molusco gasterópodo (Figura 14).

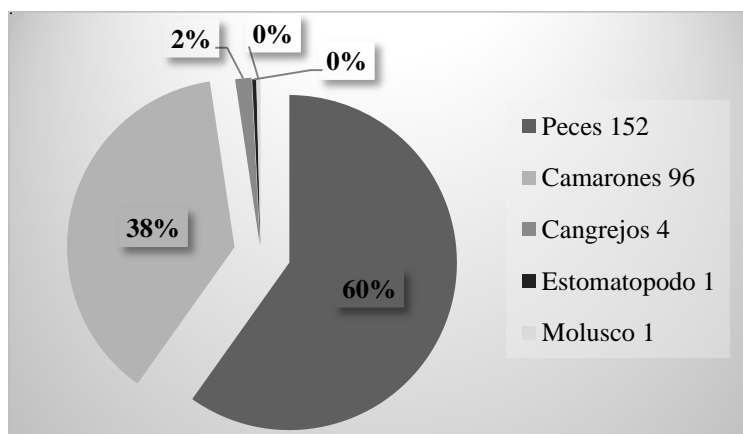


Figura 14. Porcentaje de los grupos que componen la dieta del pez león.

Del grupo de los peces se clasificaron 89 organismos pertenecientes a 19 especies y 10 familias. La familia *Scaridae* fue la más representativa con 32 ejemplares y 4 especies, seguida de la familia *Labridae* con 28 organismos y 4 especies distintas (Figura 15).

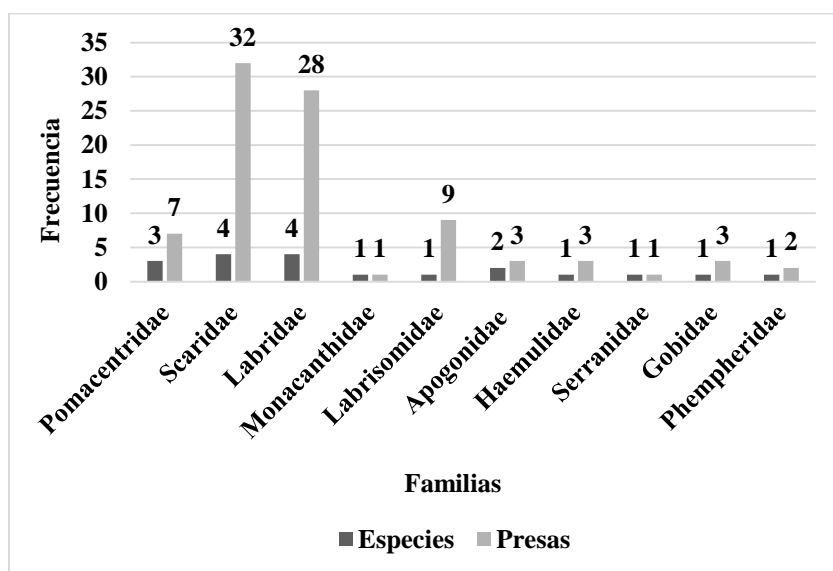


Figura 15. Frecuencia de aparición de presas totales y de especies por familia, del grupo de peces que componen la dieta del pez león en el PNAPM.

Del segundo grupo de presas registrado en orden de abundancia (crustáceos) se registraron 96 camarones, pertenecientes a tres géneros y tres familias distintas; cuatro cangrejos, de los cuales sólo uno fue identificado como la especie *Calappa flammea*, perteneciente a la familia *Calappidae*. Los organismos presa que no se lograron identificar, fue debido a que se encontraron incompletos o en un avanzado grado de digestión (Figura 16). El único ejemplar estomatópodo encontrado, fue identificado como *Neogonodactylus oerstedii* perteneciente a la familia *Gonodactylidae*.



**Figura 16.** Ejemplo de partes incompletas de crustáceos, del contenido estomacal presente en el pez león.

Dentro del contenido estomacal, también se identificó un molusco de la especie *Nassarius albus*, perteneciente a la familia *Nassariidae* (Tabla 7).

**Tabla 7.** Lista de especies y familias del grupo de peces, crustáceos y molusco, registrados como parte de la dieta del pez león en el PNAPM.

<b>Peces</b>	
Familia	Especie
Scaridae	<i>Paranthias furcifer</i>
	<i>Sparisoma</i>
	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>
	<i>Sparisoma radians</i>
Labridae	<i>Halichoeres garnoti</i>
	<i>Halichoeres bivittatus</i>
	<i>Halichoeres maculipinna</i>
	<i>Thalassoma bifasciatum</i>
Pomacentridae	<i>Chromis cyanea</i>
	<i>Stegastes</i>
	<i>Stegastes diencaeus</i>

Apogonidae	<i>Apogon towsendi</i> <i>Apogon maculatus</i>
Labrisomidae	<i>Malaccoctenus triangulatus</i>
Gobidae	<i>Coryphopterus dicrus</i>
Monacanthidae	<i>Monacanthus tuckeri</i>
Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i>
Serranidae	<i>Serranus baldwini</i>
Pempheridae	<i>Pempheris Schomburgki</i>

---

### Crustáceos (Camarones)

---

Familia	Género
Penaeidae	<i>Metapenaeopsis</i>
Palaemonidae	<i>Penaeus</i> <i>Palaemonetes</i>
Hippolytidae	

---

### Crustáceos (Cangrejo)

---

Familia	Especie
Calappidae	<i>Calappa flammea</i>

---

### Crustáceos (Estomatópodo)

---

Familia	Especie
Gonodactylidae	<i>Neogonodactylus oerstedii</i>

---

### Molusco

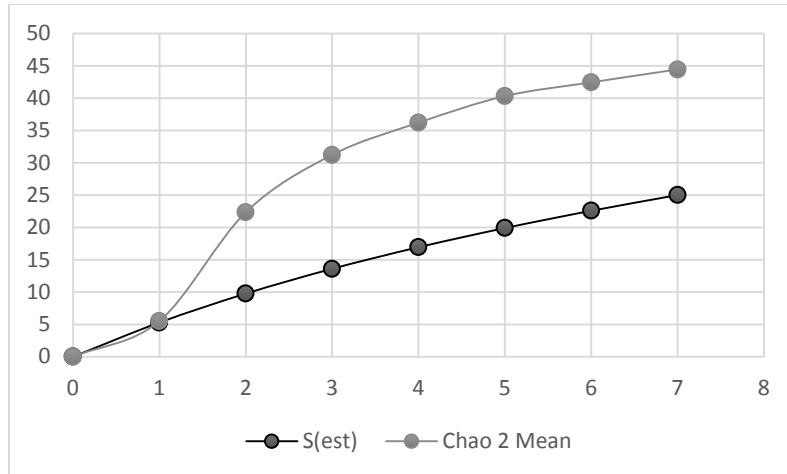
---

Familia	Especie
Nassariidae	<i>Nassarius albus</i>

---

## 8.8 Análisis de la variación cuantitativa de la dieta

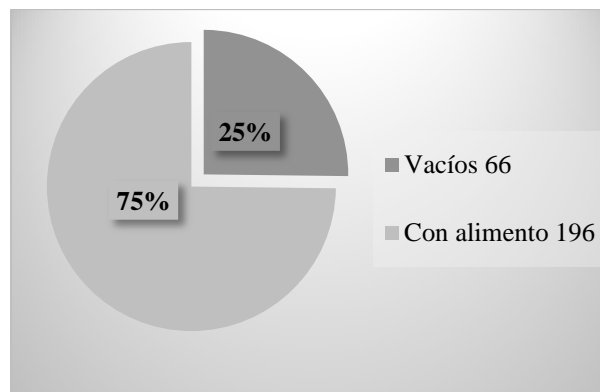
Se realizó una curva de rarefacción con las presas registradas para determinar la representatividad del registro del contenido estomacal. La curva determinó que se requiere aún incrementar el esfuerzo de colecta y de revisión del número de estómagos para tener mayor robustez en la composición de la dieta de la especie *Pterois volitans*. (Figura 17).



**Figura 17.** Curva de rarefacción donde se establece que el valor estimado (círculo negro) y el valor calculado con el estimador de riqueza Chao 2 (círculo gris) no llegaron aún a la asíntota.

### 8.8.1 Índice de vacuidad

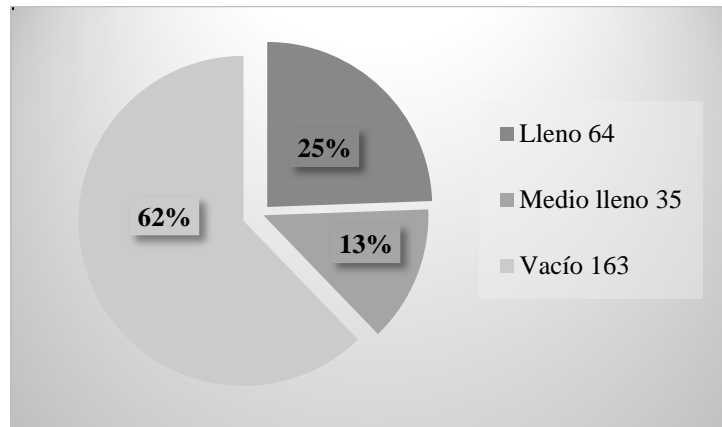
El índice de vacuidad con la actividad alimenticia determinada para del pez león durante el periodo de muestreo fue de 25.19%. Del total de estómagos revisados, el 75% mostraron la presencia de alimento; mientras que el 25% (66 estómagos) se presentaron vacíos (Figura 18).



**Figura 18.** Porcentaje de saturación estomacal del pez león en el PNAPM.

### 8.8.2 Índice de repleción gástrica

El índice de repleción gástrica determinó que el 62% del total de estómagos revisados, corresponde a los estómagos vacíos; mientras que el 25% comprende los estómagos llenos y los estómagos medio llenos representaron el menor porcentaje (13%) (Figura 19).



**Figura 19.** Porcentaje del índice de repleción gástrica del pez león con el total de estómagos analizados en la zona de estudio.

## 9 DISCUSIÓN

El pez león *Pterois volitans*, se distingue de otras especies invasoras por su tolerancia a diferentes factores ambientales. En la presente investigación, se analizaron seis variables físico-químicas en 27 localidades dentro del PNAPM, las cuales presentaron poca variación entre los sitios de colecta. Las capturas del pez león se realizaron en un rango de temperatura de 26.5 a 28.7° C, lo cual se ajusta al rango de tolerancia térmica registrada para la especie en las zonas de invasión, que es de 14 a 30° C, (Reyes-Bonilla *et al.*, 2014) y con la tolerancia mínima de 10<sup>0</sup> C registrada por Kimball *et al.*, (2004). Dada la poca variación en la temperatura que se presentó en los sitios de colecta, se determina que la temperatura no tiene una influencia directa sobre la distribución y abundancia del pez león en la zona. Esto es similar a lo reportado por Reyes-Bonilla *et al.*, (2014), donde la temperatura tiene escasa relevancia y no es un factor determinante para la distribución de esta especie. Rojas-Cobián *et al.*, (2017) destacan que la temperatura si puede favorecer la abundancia, pero no es un factor determinante; a diferencia de la reproducción (Fishelson, 2006), el crecimiento y el consumo de presas, que son variables que dependen directamente de la temperatura (Coté y Green, 2012).

Los sitios donde se registraron los valores más altos de temperatura (Muelle Fiscal y Muelle de Pescadores), se encuentran influenciados por una gran presión antropogénica,

debido a que son muelles de embarque y desembarque, lo que genera como consecuencia una posible concentración alta de nutrientes como fosfatos y silicatos, aunque estas variables no fueron obtenidas en esta investigación, su concentración puede ocasionar un efecto indirecto en la presencia y abundancia del pez león (Reyes-Bonilla *et al.*, 2014). Cabe mencionar que en estos sitios también se registró una alta incidencia de la especie.

Kimball *et al.* (2004) determinaron que la combinación entre la tolerancia de temperatura y la profundidad limitan la distribución del pez león. En esta investigación, la profundidad máxima de colecta registrada fue de 30.5 m, misma que coincide con la mayoría de las investigaciones realizadas para el Caribe, debido a que se encuentra dentro del límite de profundidad para la captura de peces con equipo de buceo autónomo; sin embargo, se determinó que la profundidad no es una variable que determine la distribución y abundancia del pez león en la zona de estudio, ya que el límite de profundidad donde la especie se ha registrado es hasta 300 m (Bolaños-Cubillos *et al.*, 2013).

Para esta investigación se determinaron siete tipos de sustrato con presencia de pez león en el PNAPM (Tabla V), pero a diferencia del trabajo de Sheppard *et al.* (2009) que indica que la especie prefiere habitar zonas de arrecifes coralinos, en esta investigación se determinó que la distribución y abundancia de la especie no están determinadas por el tipo de sustrato, ya que tanto el sitio de mayor abundancia (Canalito), como uno de los sitios donde no se registró la especie (La bocana), cuentan con un tipo de sustrato similar, es decir un complejo arrecifal compuesto de corales constructores (en moderado estado de conservación), que podría ser utilizado como refugio. Sin embargo, el pez león no presentó una preferencia por un solo tipo de sustrato y actualmente la especie se encuentra presente en diferentes tipos de hábitat y sustratos arrecifales (Jud *et al.*, 2011), manglares (Barbour *et al.*, 2010), pastos marinos y estructuras artificiales (Smith, 2010). Debido a que el pez león es nativo de arrecifes de coral tropicales (Schultz, 1986), probablemente utiliza el mismo comportamiento que en general presentan los peces arrecifales, para utilizar los sustratos como guarderías y posteriormente migrar a mayores profundidades cuando alcanzan la edad adulta (Sabido-Itzá *et al.*, 2011); lo cual contribuye a incrementar la



capacidad de adaptación que presenta el pez león para colonizar nuevos hábitats (Schofield, 2010).

Con base en el Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS) se ratifica que los peces león en el área de estudio, no muestran una distribución ni son más abundantes o escasos en zonas con alguna característica abiótica específica, por lo que no se puede predecir la distribución ni la abundancia del pez león mediante los parámetros físico-químicos obtenidos en este estudio. En general estas variables no mostraron diferencias significativas entre los sitios de colecta, lo que coinciden con los resultados obtenidos por Reyes-Bonilla *et al.* (2014), donde las 13 variables que determinaron en su investigación, se comportaron de manera independiente entre sí. El éxito de las especies invasoras depende en gran medida de que encuentre las condiciones ambientales similares a la zona de distribución natural, pero el primer sitio de registro de pez león (Costa Este al Sur de Florida) en aguas del Atlántico (Morris y Akins, 2009; Schofield, 2009), no presenta las condiciones ambientales similares a la zona de distribución natural, debido a que la zona de invasión pertenece a la zona biogeográfica Neo-tropical y la zona de distribución natural pertenece a la zona biogeográfica Tropical, es decir, después de 20 años el pez león se adaptó de una zona biogeográfica a otra y le tomó sólo la mitad de tiempo (10 años) para la invasión actual (Hamner *et al.*, 2007).

El pez león desarrolló las adaptaciones necesarias para vivir bajo las condiciones de las zonas de invasión y se espera que dichas adaptaciones sean heredadas a las nuevas generaciones para mantener el éxito que ha tenido en esta área. Potencialmente la distribución y abundancia de la especie dependen principalmente de sus adaptaciones biológicas, lo cual explica el hecho de que las características morfológicas que presentan los peces león del Caribe, difieren de las características de los peces león del Atlántico Norte, principalmente en cuestión de tallas (Salazar *et al.*, 2012; Zaldívar-Campos, 2013).

Para el PNAPM se determinaron nueve clases de tallas; la de mayor frecuencia se encontró en el rango de 128-158 mm y ambos sexos muestran similitud en sus tallas, lo cual se asemeja a los resultados de Salazar *et al.*, (2012) al puntualizar que las tallas de las hembras

en Venezuela oscilaron entre 90-290 mm y las de los machos oscilaron entre 90-287 mm y a los resultados de Aguilar-Perera *et al.*, (2012) quienes reportaron tallas de 90-274 mm para los individuos de manera general; mientras que existe un contraste con los resultados de Morris, (2009) al reportar tallas más pequeñas de 66-256 mm para la especie en general, en las Bahamas.

Se presentó una relación de 1:095 MH, resultado similar a lo reportado por Morris (2009) al obtener también una relación ligeramente mayor de machos con respecto a las hembras. La proporción de sexos en el PNAPM es relativamente similar a la proporción balanceada (1:1), lo que tiende al equilibrio sexual, permite una alta probabilidad de reproducción y justifica al mismo tiempo la alta tasa de fecundidad que presenta la especie en la zona.

En el área de distribución natural del pez león, se desconoce la talla exacta de madurez sexual (Morris, 2009; Salazar *et al.*, 2012). En el presente estudio se sugiere un desarrollo sexual temprano de la especie, los machos comienzan su diferenciación sexual a partir de los 76 mm, mientras que las hembras a partir de los 83 mm, resultados similares a los reportados por Salazar *et al.*, (2012) que indican que la madurez gonádica de los peces león del Caribe mexicano, es más rápida que la madurez de los peces león de otras regiones tales como Carolina del Sur y Norte. Sin embargo los individuos que se encuentran dentro de las FDG N H1 y M1 suelen superponerse en talla, lo cual indica que algunos ejemplares pueden definir su sexo hasta después de los 197 mm. Morris (2009) sugiere que encontrar tallas pequeñas con madurez sexual, indica que la especie aún no ha llegado a su capacidad de carga en la zona de invasión; por lo que se requiere realizar análisis similares en otras regiones, que confirmen la causa que permite a unos individuos diferenciarse sexualmente más rápido o a menores tallas que otros.

A partir de las fases donde los organismos pueden reproducirse (H3, H4 en hembras y M2 en machos), las hembras pueden desovar a partir de los 145 mm y los machos a partir de los 89 mm lo que apoya la aseveración de Salazar, *et al.*, (2012) que indica que la biología

reproductiva del pez león presenta características diferentes a las encontradas en otras regiones fuera del Caribe.

El pez león no presenta dimorfismo sexual (Morris y Whitfield, 2009; Salazar *et al.*, 2012; Morris, 2013), por lo que el sexo y las FDG se determinaron mediante la identificación y el análisis macroscópico de las gónadas. La evaluación del dimorfismo sexual se debe realizar con organismos frescos y/o congelados, ya que la previa fijación de las gónadas (en alcohol y formol) puede alterar los tejidos. Dada la inconsistencia para poder realizar comparaciones con otros estudios, se elaboró una clave de identificación de sexos y FDG a nivel macroscópico para peces león en la zona de estudio, con imágenes de las estructuras tanto fijadas como frescas. Esta clave será una herramienta para la identificación macroscópica del sexo y las FDG del pez león en otras localidades del Caribe.

La especie *Pterois volitans* es considerada como depredador carnívoro generalista (Coté *et al.*, 2013). En este estudio se registraron 254 presas del pez león, siendo el grupo de peces el más abundante con un 60%, mientras que el 40% restante corresponde a crustáceos (38% camarones y 2% cangrejos); resultados similares son reportados por Morris y Akins (2009), donde muestran que la alimentación del pez león consiste 78% de peces, 14% de crustáceos y 8% de otras presas.

En la revisión del contenido estomacal se registró un estomatópodo de la especie *Neogonodactylus oerstedii*, perteneciente a la familia Gonodactylidae y un gasterópodo de la especie *Nassarius albus*, perteneciente a la familia Nassariidae. Estos registros no se consideran pesca incidental, debido a que también se han documentado en otros estudios como parte de la dieta del pez león. Valdez-Moreno *et al.*, (2012) registraron estomatópodos de la misma familia (Gonodactylidae), al utilizar técnicas moleculares para identificar presas en el Caribe mexicano; mientras que los moluscos, han sido reportados por: Morris y Akins (2009); Valdez-Moreno *et al.*, (2012); Cure *et al.*, (2012); Coté *et al.*, (2013) y Caballero-Vázquez *et al.* (2014-2016) como parte de la dieta del pez león.

Dentro de las especies de peces presas identificadas, se registraron 10 familias distintas, siendo Scaridae y Labridae las de mayor abundancia; estas dos familias cumplen un papel ecológico muy importante y su depredación representa un alto riesgo para el sistema arrecifal del PNAPM, ya que entre otras funciones, los Scaridos son peces herbívoros que controlan el crecimiento desmedido de las algas en la zona, ayudando al crecimiento y buen funcionamiento de los ecosistemas arrecifales (Robertson *et al.*, 2015); mientras que los Labridos son limpiadores de ectoparásitos en otros organismos (Nelson, 2016). La reducción de las especies de estas dos familias podría propiciar un incremento en la cantidad de las algas, al grado de interferir con el desarrollo y disminuir el crecimiento de los corales formadores de arrecifes (Molina, 2009). Estas familias han sido reportadas también en la dieta del pez león en el Caribe por otros autores: Valdez-Moreno *et al.*, 2012; Arredondo-Chávez, 2012; Sánchez-Jiménez, 2013; Torres-Chávez, 2014, Zaldivar-Campos, 2013, Villaseñor-Derbez y Herrera-Pérez, 2014 y Caballero-Vázquez *et al.* (2014-2016). En el Atlántico no se ha reportado el consumo de la familia Scaridae para el pez león (Cure *et al.*, 2012).

La curva de rarefacción determinó que se requiere incrementar el esfuerzo de muestreo y el número de estómagos a revisar, para tener mayor certeza en la composición de la dieta de la especie. La curva no muestra aún una asíntota, no obstante, este resultado coincide con los trabajos de Arredondo-Chávez, 2012; Sánchez-Jiménez, 2013; Ávila-Morales, 2014, Torres-Chávez, 2014 y Sánchez-Jiménez, 2016 realizados en el sitio de estudio y en otras zonas del caribe mexicano. Morris y Akins (2009) sugieren que se podría llegar a la asíntota a partir de los 706 estómagos analizados.

La actividad alimenticia del pez león determinada mediante el índice de vacuidad fue de 25.19% y considerando la capacidad de adaptación al consumo de nuevas presas y la capacidad de expansión estomacal que presenta el pez león (Fishelson, 1997), la actividad alimenticia se considera relativamente baja y es a consecuencia de la talla de la mayoría de organismos colectados (128-158 mm); ya que el consumo de presas, depende entre otros factores, del peso corporal y de la talla (Fishelson, 1997).

El índice de vacuidad también reveló que la mayoría de estómagos analizados, registró presas al momento de ser capturados, debido probablemente a la característica de consumidor oportunista que se le confiere a la especie, ya que Fishelson (1997) sugiere que cazan selectivamente; pero en el análisis de repleción gástrica el 62% de los estómagos se encontraron vacíos, probablemente se debe a que el pez león tiende a alimentarse en el crepúsculo (Green *et al.*, 2011) y los ejemplares para este estudio fueron colectados en un horario entre las 08:00 y las 17:00 horas.

## 10 CONCLUSIONES

- ✓ Las variables físico-químicas registradas dentro del PNAPM (temperatura, profundidad, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto), registraron un 80% de similitud entre los sitios de colecta.
- ✓ No se registró una relación entre las seis variables determinadas, con la distribución y abundancia del pez león en el PNAPM.
- ✓ En relación a la estructura de tallas, se determinaron nueve clases de tallas dentro del PNAPM, registrando a la mayoría de los ejemplares entre los 128-158 mm.
- ✓ La proporción de sexos fue de 1:095 MH y ambos sexos muestran similitud en el rango de talla.
- ✓ Se sugiere un desarrollo sexual temprano del pez león dentro del PNAPM, debido a que los machos comienzan su diferenciación sexual a partir de los 76 mm, mientras que las hembras a partir de los 83 mm. Existen ejemplares que definen su sexo hasta después de los 197 mm.
- ✓ Las hembras inician a desovar a partir de los 145 mm, mientras que los machos a partir de los 89 mm.

- ✓ La dieta del pez león consistió en 60% de peces, 38% de camarones y 2% de cangrejos.
- ✓ Se identificó un ejemplar estomatópodo de la especie *Neogonodactylus oerstedii* y un ejemplar gasterópodo de la especie *Nassarius albus* como parte de la dieta del pez león.
- ✓ Se registraron 10 familias de peces en la dieta del pez león, siendo las más abundantes: Scaridae y Labridae, la reducción de las especies de estas familias representa un alto riesgo para el sistema arrecifal del PNAPM, dado el papel ecológico que juegan, ya que los Scaridos son peces herbívoros que controlan el crecimiento desmedido de las algas en la zona, mientras que los Labridos son limpiadores de ectoparásitos en otros organismos.
- ✓ La actividad alimenticia durante el periodo de muestreo es relativamente baja (21.19%) considerando las estrategias y adaptaciones alimenticias que presenta la especie.
- ✓ De acuerdo al índice de vacuidad, el mayor porcentaje de estómagos analizados contó con presas al momento de ser capturados.
- ✓ La mayoría de los estómagos analizados (62%), se registraron como vacíos en la escala de repleción gástrica.

## **11 RECOMENDACIONES**

- ✓ Se recomienda el empleo de artes de pesca adicionales o el uso de tecnología submarina, que permitan el monitoreo y captura del pez león a mayores profundidades.

- ✓ Determinar la concentración de nutrientes en zonas con alta influencia antropogénica y/o turística en el PNAPM, para determinar si tiene una relación significativa con la abundancia y distribución del pez león.
- ✓ Se sugiere el monitoreo constante de la especie en la zona para confirmar si se presentará una relación entre el sargazo y el pez león.
- ✓ Estudios que permitan entender la preferencia del pez león por diferentes hábitats y que permitan conocer los sitios de reproducción y/o reclutamiento de la especie.
- ✓ Se recomiendan investigaciones que confirmen y ratifiquen los resultados aquí presentes acerca de la diferenciación sexual temprana y las posibles causas de ello en algunos individuos.
- ✓ Incrementar la revisión del número de estómagos, para tener mayor certeza en la composición de la dieta del pez león en la zona.

## 12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acero, P. y A. L. Serrat. (2011). Caracterización taxonómica de la población del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe colombiano: merística y morfometría. *Biota Colombiana*, 15-22.

Acuña R. (2009). Alerta: el Pez león (*Pterois volitans*) arriba al Caribe Mexicano. *Cirujano General*. Vol. 31 No. 4,1-2 pp.

Aguilar-Perera, A., Quijano-Puerto, L., Carrillo-Flota, E. (2015). Manual de técnicas para disección del pez león, *Pterois volitans*, del Sureste del Golfo de México. Fundación UADY-CONANP-CCBA. Universidad Autónoma de Yucatán 36 pp.

Aguilar-Perera, A. y A. Tuz-Sulub. (2010). Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758]: Scorpaenidae) is first recorded in the southern Gulf of Mexico, off the northern Yucatan Peninsula, Mexico. *Aquatic Invasions* 5: S9-S12.

Albins, M. A. y M. A. Hixon. (2008). Worst-case scenario: potential long-term effects of invasive predatory lionfish (*Pterois volitans*) on Atlantic and Caribbean coral-reef

communities. *Environmental Biology of Fishes* 96 (10-11): 1151-1157 DOI: 10.1007/s10641-011-9795-1.

Ahrenholz D, Morris JA Jr (2010) Larval duration of the lionfish, *Pterois volitans* along the Bahamian Archipelago. *Environ Bio. Fish* 88: 305–309.

Arredondo-Chávez. A. T. (2012). Hábitos alimentarios de la especie introducida *Pterois volitans* (Scorpaeniformes) en la región de Xpu-ha, Caribe Mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 80 pp.

Arredondo-Chávez A. T. (2016). Comparación trófica del pez león, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) con tres especies de peces arrecifales del Caribe mexicano: a través del uso de isótopos estables y contenido estomacal. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Cancún, Quintana Roo, México, 94 pp.

Arredondo-Chávez A. T., Sánchez- Jiménez J. A., Ávila-Morales O. G., Torres-Chávez P., Herrerías-Diego Y., Medina-Nava M., Caballero-Vázquez J. A., *et al.*, (2016). Spatiotemporal variation in the diet composition of red lionfish, *Pterois volitans* (Actinopterygii: Scorpaeniformes: Scorpaenidae), in the Mexican Caribbean: Insights into the ecological effect of the alien invasion. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 46(3): 185-200.

Ávila-Morales, O. G. (2014). Hábitos Alimentarios de la Especie Introducida *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) en el Parque Nacional Contoy, Zona Norte del Caribe Mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 80 pp.

Barbour, A. M., L., A. A. Montgomery., E. Adamson., Díaz-Ferguson y B. R. Silliman. (2010). Mangrove use by the invasive lionfish *Pterois volitans*. *Marine Ecology Progress Series*, 401: 291-294.

Bolaños-Cubillos W. N., J. A. Abril-Howard y Y.C. Llano-Ruíz (2013). Protocolo para la captura, extracción y disposición final del pez león (*Pterois volitans*) en Colombia. Convenio No. 023-2012, San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia, 38 pp.

Bray, J. R. y J. T. Curtis. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monograph*, 27: 325-349.

Caballero-Vázquez, J.A., V. Ruiz, J. Sánchez, A. Arredondo, Y. López, J. Sánchez y O. Ávila. (2014). Evaluación del efecto ecológico del pez león sobre las comunidades ícticas naturales del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. Centro de Investigación



Científica de Yucatán – Unidad de Ciencias del Agua. Informe Final PROCER/CCER/PNAPM/2014.

Caballero-Vázquez, J. A., R. Moreno, A. Cervantes, O. Melo, J. Sánchez, A. Arredondo y E. Gómez. (2015). Distribución y abundancia del pez león en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. Centro de Investigación Científica de Yucatán – Unidad de Ciencias del Agua. Informe Final PROCER/CCER/PNAPM/2015.

Caballero-Vázquez, J. A., G. Acosta-González, A. Tuz, J. Valdez, D. Arceo, R. Mendoza, J. Sánchez, A. Arredondo. (2016). Fortalecimiento para el control de pez león en el Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos. Centro de Investigación Científica de Yucatán –Unidad de Ciencias del Agua. Informe Final PROCER/CCER/PNAPM/04/2016.

Chevalier, P., E. Gutiérrez, D. Ibarzabal S. Romero, V. Isla, J. Calderón y E. Hernández. (2008). Primer registro de *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae) para aguas cubanas. *Solenodon*, 7: 37-40 pp.

Clarke, K. R. y R. M. Warwick. (2001). *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd edition. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth U.K. *Natural Environment Research*, 118:167-176.

Cohen, A.S. y A. J. Olek, (1989). An extract of lionfish (*Pterois volitans*) spine tissue contains acetylcholine and a toxin that affects neuromuscular-transmission. *Toxicon* 27, 1367-1376.

Colwell, R.K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Vers. 9.: <http://purl.oclc.org/estimates>

Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 91 p.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2000). *Programa de manejo del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 1a edición. 224 p.

Coté, I. M., S. Green, J. A. Jr. Morris., J. L. Akins y D. Steinke. (2013). Diet richness of invasive Indo-Pacific lionfish revealed by DNA barcoding. *Marine Ecology, Progress Series*, 472: 249-256.

Coté, I. M., S. J., Green y M. A. Hixon. (2013). Predatory fish invaders: insights from Indo-Pacific lionfish in the western Atlantic and Caribbean. *Biological Conservation*, 164:50-61.

Coté, I. M. y A. Maljkovic. (2010). Predation rates of Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 404:219-225.

Coté, I. M., y Green, S. J. (2012). Potential effects of climate change on a marine invasion: The importance of current context. *Current Zoology*, 58, 1-8.

Courtenay, W. R. (1995). Marine fish introductions in southeastern Florida. *American Fisheries Society Introduced Fish Section Newsletter*. 14: 2-3.

Cure, K., C. E. Benkwitt., T. L. Kindinger., E. A. Pickering., T. J. Pusack., J. L. McIlwain y M. A. Hixon. (2012). Comparative behavior of red lionfish *Pterois volitans* on native Pacific versus invaded Atlantic coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 467:181-192.

Díaz, R. S., E.Q., Cano, R. B., Ortega, R. O., Martínez y A. L, Aguirre (2002). Parte peces, In: Informe Final-Segunda Etapa, Proyecto de investigación “Caracterización Ecológica del Sistema Arrecifal Coralino de Akumal, Caribe Mexicano”. LIEC-CBS-UAMI, México, 178 p.

FAO. (2002). The living marine resources of the western central Atlantic. FAO, Volume I, II y III. Department of Biological Sciences old Dominion University Norfolk, Virginia, USA.

Ferreira, C., E., O. J. Luiz., S.R., Floeter, M.-B. Lucena, M. C. Barbosa., C.R. Rocha y L. A. Rocha. (2015). First record of invasive lionfish (*Pterois volitans*) for the Brazilian coast.

Fish Base. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org). Consultada en 2018.

Fishelson, L. (1975). Ethology and reproduction of *pteroid* fishes found in the Gulf of Aqaba (Red Sea), especially *Dendrochirus brachypterus* (Cuvier), (Pteroidae, Teleostei). *Pubblicazioni del la Stazione zoologica di Napoli*, 39:635-656.

Fishelson, L. (1997). Experiments and observations on food consumption, growth and starvation in *Dendrochirus brachypterus* and *Pterois volitans* (Pteroinae, Scorpaenidae). *Environmental Biology of Fishes*, 50: 391-403.

Fishelson L (2006) Evolution in action peacock-feather like supraocular tentacles of the lionfish, *Pterois volitans* the distribution of a new signal. *Environ Biol. Fish* 75:343–348

Franco, L. y K. M. B. Bashirullah, (1992). Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco-Estado Sucre, Venezuela, *Zootecnia Tropical*, Vol. 10 (2) 219-238.

Freshwater D.W., Hines A., Parham S., Wilbur A., Sabaoun M., Woodhead J., Akins L., Purdy B., Whitfield P. E., Paris C.B., (2009) Mitochondrial control region sequence analyses indicate dispersal from the US East Coast as the source of the invasive Indo-Pacific Lionfish *Pterois volitans* in the Bahamas. *Mar Biol.* 156:1213–1221.

Gallardo-Cabello, M., Jacob-Cervantes, M., Chiappa-Carrara, X., (1991). Análisis de los hábitos alimentarios y del aporte del carbono de las presas a la dieta de la sardina crinuda, *Opisthonema libertate*, Günther 1866 (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de California. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.* 18 (1).37-40.

García-Cubas A. y M. Reguero. (2004). Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 168 pp.

Gotelli, N. y R. K. Colwell. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.

Green, S. J., J. L. Akins y I. M. Coté. (2011). Foraging behavior and prey consumption in the Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 433:159-167.

Green, S.J., Akins. J. L., A. Malijkovi, y I. M. Coté. (2012). Invasive lionfish drive Atlantic coral reef fish declines.

Guerrero, K. A. y L. A. Franco (2008). First record of the Indo-Pacific red lionfish *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) for the Dominican Republic. *Aquatic Invasions*, 3(2): 267-268.

Halstead, B., M.J. Chitwood, y F.R. Modglin. (1955). The anatomy of the venom apparatus of the zebrafish, *Pterois volitans* (Linnaeus). *Anatomical Record*: 122:317-333

Hamner, R. M., D. W. Freshwater y P. E. Whitfield. (2007). Mitochondrial cytochrome b analysis reveals two invasive lionfish species with strong founder effects in the Western Atlantic. *Journal of Fish Biology*, 71(sb): 214-222.

Hare, J. A. y P. E. Whitfield. (2003). An integrated assessment of the introduction of lionfish (*Pterois volitans/miles complex*) to the western Atlantic Ocean. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 2. 21 p.

Humann, P. (2002): Reef Fish Identification Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc. 3ra. Edition. 481pp.

Jiménez-Valverde, A. y J. M. Lobo. (2004). Determining a combined sampling procedure for a reliable estimation of Araneidae and Thomisidae assemblages (*Arachnida araneae*). Journal of Arachnology, 33(1): 33-42.

Jud, Z. R., C. A. Layman., J. A. Lee y D. A. Arrington. (2011). Recent invasion of a Florida (USA) estuarine system by lionfish *Pterois volitans/P. miles*. Aquatic Biology, 13: 21-26.

Kimball, M. E., J. M. Miller, P. E. Whitfield y J. A. Hare. (2004). Thermal tolerance and potential distribution of invasive lionfish (*Pterois volitans/miles complex*) on the East Coast of the United States. Marine Ecology Progress Series, 283:269–278.

Lasso, A. O. y J. Posada. (2010). Presence of the invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), on the coast of Venezuela, southeastern. Caribbean Sea. Aquatic Invasions. 5: S53-S59.

Mack, R. N., D. Simberloff, W.M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout y M. A. Bazzaz. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications 10: 689-710.

MacEachran, J. D., y Fechhelm, J. D. (1998). Fishes of the Gulf of Mexico: Scorpaeniformes to tetraodontiformes (Vol. 2). University of Texas Press.

Madrid, J., Sánchez, P. y A. A. Ruiz (1997). Diversity and abundance of a tropical fishery on the Pacific shelf of Michoacán México. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 45: 485-495 pp.

Merino, M. (1986). Aspectos de la circulación superficial del Caribe mexicano con base a observaciones utilizando tarjetas de deriva. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 13 (2): 31-45.

Merino, M. y L. Otero. (1991). Atlas Ambiental Costero, Puerto Morelos, Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 pp.

Molina, H. (2009). El pez león del Indo-Pacífico: Nueva especie invasora de Costa Rica. *Biocenosis*, 22 (1-2).

Morris, J. A., Jr. (2012). *Invasive Lionfish: A Guide to Control and Management*. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series Number 1, Marathon, Florida, EE. UU, 113 pp.

Morris, J. A., Jr. (2013). El pez león invasor: guía para su control y manejo. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series, No. 2, Marathon, Florida, USA. 126 pp.

Morris, J. A. y J. L. Akins. (2009). Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamian archipelago. *Environmental Biology Fish.* 86: 389-398.

Morris, J.A., J. L. Akins, A. Barse, D. Cerino, D.W. Freshwater, S. J. Green R. C. Muñoz, C. Paris y P. E. Whitfield. (2009). Biology and Ecology of the Invasive Lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*, *Environ. Biol. Fish.* 61: 409-414.

Morris, J. A. y P. E. Whitfield (2009). *Biology, Ecology, Control and Management of the Invasive Indo-Pacific Lionfish: An Updated Integrated Assessment*. NOAA Technical Memorandum. 57 pp.

Muñoz, R.C., C.A. Currin y P. E. Whitfield. (2011). Diet of invasive lionfish on hard bottom reefs of the Southeast USA: insights from stomach contents and stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series*, 432: 181-193.

Nelson, J.S., Grande, T.C. y Wilson, M.V.H. (2016) *Fishes of the world* 5ª Ed. Nueva York: John Wiley and Sons, 624 pp.

Reyes-Bonilla H., D. Petatán-Ramírez, S. M. Melo-Merino y H. Reyes-España. (2013). Análisis del nicho ecológico y la distribución geográfica del pez león *Pterois volitans/miles*, en el Atlántico Occidental. *Especies Invasoras Acuáticas: Casos de estudio en ecosistemas de México* (253-271 pp.).

Robertson R. D., Justines G. (1982). Protogynous hermaphroditism in four Caribbean reef gobies. *Evolutionary Ecology Research*, 2004. *Environmental biology of fishes*.137-142.

Rojas-Cobián, D., J. Schmitter-Soto, A. Aguilar-Perera, C. M. Aguilar-Betancourt, M. A. Ruíz-Zarate, G. González-Sansón, P. Chavalier-Montegudo, A. García-Rodríguez, R. Herrera-Pavón, S. Perera-Valderrama, H. Caballero Aragón y E. de la Guardia (2017).

Diversidad de las comunidades de peces en dos áreas marinas protegidas del Caribe y su relación con el pez león. *Biología tropical*. Vol.66-1:189-203.

Rubio-Molina J. (2017). Ecomorfología de los otolitos *sagittae* de *Pterois volitans* en el Área Natural Protegida Arrecifes de Puerto Morelos. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Sisal, Yucatán, México, 56 pp.

Ruiz-Renteria, F. (1979). Upwelling North of the Yucatan Peninsula. MSc Thesis, Texas A&M University, 86 p.

Sabido-Itzá M. M. (2013). “Dinámica poblacional del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), Caribe Mexicano. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal. 77 pp.

Sabido Itzá M.M., Gómez Poot JM, Medina Quej A, García Rivas M.C., Hadad López W. (2011). Dinámica poblacional del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), Quintana Roo, Caribe mexicano. *Proc 64th Gulf Caribb Fish Inst.* 64:67–7.

Salazar-Rangel, M.F. (2012). Aspectos reproductivos de *Pterois volitans* en Chichiriviche de la Costa, Estado Vargas. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Biología. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 42p.

Sánchez-Jiménez, J. A. (2013). Hábitos alimentarios de la especie introducida *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) en sitios de Gran Bahía Príncipe y Akumal, zona centro del Caribe Mexicano. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 75 pp.

Sánchez Jiménez, J. A. (2016). Caracterización biológica, ecológica y molecular del pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), en el Caribe mexicano. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Cancún, Quintana Roo, México, 142 pp.

Schofield, P. J. (2009). Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*, 4: 473-479.

Schofield, P. J. (2010). Update on geographic spread of invasive lionfishes (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758] and *P. miles* [Bennett, 1828]) in the Western North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Aquatic Invasions*, 5 (1): 117-122 pp.

Schultz, E. T. (1986). *Pterois volitans* and *Pterois miles*: Two valid species. *Copeia* 1986: pp 686-690.

Smith, N. (2010). Lionfish invasion in near shore waters of the Bahamas: an examination of the effects of artificial structures and invader versus native species colonization rates. M.Sc. Thesis. University of British Columbia. Vancouver, Canada.

Soberón, J. y J. Llorente. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology*, 7(3): 480-488.

Torres-Chávez, P. (2014). Hábitos alimentarios de la especie Introducida *Pterois volitans* (Linneaus 1758), en las regiones de Banco Chinchorro y X´calak, Áreas Naturales Protegidas del Caribe Mexicano. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 67 pp.

USGS-NAS, (2014). United States Geological Survey -Nonindigenous Aquatic Species database (USGS-NAS). Disponible en: <http://nas.er.usgs.gov>

Valdez-Moreno M, Quintal-Lizama C, Gómez-Lozano R, García-Rivas MdC. (2012). Monitoring an Alien Invasion: DNA Barcoding and the Identification of Lionfish and Their Prey on Coral Reefs of the Mexican Caribbean.

Vásquez-Yeomans L., Carillo L., Morales S., Malca E., Morris Jr. Schultz T., y J. T. Lamkin (2011). First larval record of *Pterois volitans* (Pisces: Scorpanidae) collected from the ichthyoplankton in the Atlantic. *Biological invasions*. 13, 12, 2635-2640.

Villaseñor-Derbez, J. C. y R. Herrera-Pérez. (2014). Scientific Note Brief description of prey selectivity and ontogenetic changes in the diet of the invasive lionfish *Pterois volitans* (Actinopterygii, Scorpaenidae) in the Mexican Caribbean. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9(2): 131-135.











Whitfield, P. E., Gardner, T., Vives, S. P., Gilligan, M.R., Courtenay, W. R., Ray, G. C. y J. A. Hare (2002). Biological invasion of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* along the Atlantic coast of North America. *Marine Ecology Progress Series*, 235: 289-297.

Whitfield, P.E., Hare, J. A., David, A. W., Harter, S. L., Muñoz, R. C. y C. M. Addison (2007). Abundance estimates of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans/miles complex* in the Western North Atlantic. *Biological Invasions*, 9: 53-64.

Zaldívar-Campos. M. (2013). Ecología y biología del pez león (*Pterois volitans*) en X´calak, zona sur de Quintana Roo. Tesis de licenciatura. División de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo. 71 pp.

### 13 ANEXO

*Anexo I.* Guía de identificación macroscópica para sexos y FDG del pez león en el Caribe mexicano.

Sexo	Fase de Desarrollo Gonadal	Gónadas In situ	Gónadas fijadas	Descripción morfológica
Inmaduro o Indiferenciado	<p><b>Inmaduro o Indiferenciado (N)</b> Los organismos de esta etapa se encuentran en estado juvenil. No están diferenciados sexualmente y por lo tanto todavía no pueden reproducirse.</p>			Forma filiforme, de máximo 1 mm de diámetro y 20 mm de longitud. De color semi-transparente in situ y blanco muy tenue cuando la estructura fue fijada con alcohol o formol. La característica que lo hace distintivo es el parecido con un hilo.
Machos	<p><b>Desarrollo temprano (M1)</b> En esta etapa se encuentran los organismos diferenciados como machos, pero que no pueden fecundar los huevos arrojados por las hembras.</p>			Estructuras filiformes de longitud máxima 20 mm y con diámetro de 1-3 mm. De color blanco in situ y al ser fijadas. La diferencia entre estas gónadas y las anteriores es el grosor y la coloración respectiva.
	<p><b>Capaz de desovar (M2)</b> Los machos de esta etapa son capaces de reproducirse, es decir pueden fecundar los huevos producidos por las hembras.</p>			Forma semi-cilíndrica de aproximadamente 5 mm de diámetro y longitud mayor a 20 mm. Presentan un tono entre crema y rosa pálido in situ y blanco después de ser fijadas.
Hembras	<p><b>Desarrollo temprano (H1)</b> Dentro de esta fase se encuentran los organismos que se diferenciaron sexualmente como hembras pero que no pueden reproducirse aún.</p>			Estructuras ovaladas (parecidas a un frijol), de 5-10 mm de diámetro y de 7-15 mm de longitud. De color crema in situ y blanco después de ser fijada.
	<p><b>En desarrollo (H2)</b> Las hembras de esta etapa aún están creciendo y desarrollando sus gónadas para su posterior reproducción.</p>			Forma ovalada de 15-30 mm de diámetro y longitud mayor a 15mm. De color rosa claro in situ y blanco después de ser fijadas. La característica más distintiva es que presenta un surco en medio, que puede ser del mismo color de la gónada o de color rojo a morado; mismo que se pierde al fijar la estructura.



### **Capaz de desovar (H3)**

En esta fase se han generado los huevos para la reproducción y una solución con nutrientes de forma gelatinosa (llamada moco), que ayudará a la flotabilidad de los huevos y servirá de alimentación para las primeras larvas.



Estructuras grandes de color amarillo a rosa. Con presencia de moco transparente y gelatinoso, que contiene huevos visibles en la periferia.

### **Desovando (H4)**

En esta etapa se observa la máxima capacidad de huevos en la gónada para que en el momento que se presenten las condiciones óptimas, serán arrojados al agua para ser fecundados por los machos.



Estructuras semi-redondas de color amarillo y longitud mayor a 50 mm. De diámetro muy variable. Una característica distintiva es que gónada está compuesta completamente de un moco gelatinoso, con un gran número de huevos embebidos. Ambas estructuras se deshacen al tacto.

