



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA DEL PEZ LEÓN (*Pterois volitans*) EN
XCALAK, ZONA SUR DE QUINTANA ROO**

**TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA
MARÍA DARYCELY ZALDÍVAR CAMPOS**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. RICARDO TORRES LARA**

**ASESORES
DR. JOSÉ A. CABALLERO VÁZQUEZ
M.C. MARÍA DEL CARMEN GARCÍA RIVAS
DR. ADRIÁN CERVANTES MARTÍNEZ
M.C. JENNIFER D. RUIZ RAMÍREZ**

CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2013



Universidad de Quintana Roo

División de Ciencias e Ingenierías

Trabajo de Tesis elaborado bajo la supervisión del comité del programa de Licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TRABAJO DE TESIS

Director: 

Dr. Ricardo Torres Lara

Asesor: 

Dr. Adán Caballero Vázquez

Asesor: 

M. en C. María del Carmen García Rivas

Octubre de 2013.

DEDICATORIA

A mis padres, por darme la vida y permitirme vivirla a mi manera.

A mi mami Rosa Ma. Campos Canche, por creer siempre en mí, por depositar toda su confianza para salir en busca de mis sueños, por escucharme siempre y haber dicho las palabras adecuadas en los momentos difíciles, por estar siempre a mi lado y por ser más que una madre, ser mi mejor amiga.

A mi papi Víctor Enrique Zaldívar Cruz, por brindarme sus consejos que hoy me permiten culminar esta meta, por estar siempre pendiente de mí, por apoyarme en todo momento y haberme costado esta carrera, que aunque fue lejos de él, siempre estuvo conmigo y me dio su confianza.

A mis hermanos, Jesús Enrique y Geyder Edami, por apoyarme en todo momento, por ser parte fundamental en mi vida y hacer de ella una vida más alegre.

A toda mi familia por creer siempre en mí y por darme el valor para seguir luchando por mis sueños

A mis ángeles en el cielo, porque ustedes son parte fundamental de esta meta y aunque hoy ya no están aquí en cuerpo se que siempre estarán en espíritu para cuidarme y ayudarme a cumplir todos mis sueños

“La felicidad es el complemento perfecto, no renuncies a ella por tus obligaciones”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme creado, por regalarme un par de alas para poder volar y cumplir esta meta tan importante en mi vida, por darme la oportunidad de conocer gente maravillosa en el camino que me ayudo a seguir con mis metas y no desviarme.

A mi director y asesores, por que sin su apoyo, la realización de este proyecto no hubiera sido posible.

A mi director, Dr. Ricardo Torres Lara, por su comprensión, paciencia y dedicación que tuvo conmigo para la realización de esta tesis, ya que sin él no hubiera sido posible culminar esta meta, por brindarme su apoyo durante toda la carrera, por todos sus sabios consejos, pero sobre todo por brindarme su amistad.

A mi asesor Dr. José Adán Caballero Vázquez, por darme la oportunidad de realizar esta tesis dentro de uno de sus proyectos que dirige, por darme su apoyo académico y económico, por su tiempo dedicado y su interés en que culminara con esta meta, muchas gracias.

A la M. C. María del Carmen García Rivas, por permitir mi estancia en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, por el tiempo dedicado en la revisión de este documento, por compartir conmigo su gran experiencia y por su apoyo en la culminación de esta tesis.

A la M. C. Jennifer Denisse Ruiz Ramírez, por ayudarme a realizar este proyecto, por brindarme su apoyo durante toda la carrera como mi tutora, por estar siempre pendiente de mí, por todos sus sabios consejos, pero más que nada por haberme brindado su amistad.

Al Dr. Adrian Cervantes Martínez, por haberme brindado su apoyo, sus conocimientos y parte de la información que me sirvió para realizar esta investigación.

Al todo el personal del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, por haberme brindado las facilidades para realizar mis muestreos, por permitirme ser parte de su equipo de trabajo, por transmitirme sus experiencias y conocimientos, por brindarme su amistad durante todo este tiempo, muchas gracias, Beatriz, Carolina, Denis, Erika, Felipe, Jorge, Juan, Mateo, Victoria, Wendy, Zenit y Don Marcelo.

A mi abuelita Candita por haberme apoyado siempre moral y económicamente, por darme su cariño, por estar siempre al pendiente de mí y ser mi fortaleza.

A mi hermana adoptiva Virginia, muchas gracias cuñis por que durante estos años que hemos convivido has sido como la hermana que no tuve, me has brindado tu amistad, cariño y confianza, gracias por todo el apoyo que me has dado.

A doña Luchi y don Jorge por haberme dado de comer en varias ocasiones durante mi estancia en Xcalak y por su amistad.

A mis compañeros de Michoacán, Aly, Chavo, Gina, Juan, Oscar y Paola, por ayudarme a obtener mis muestras, por compartir sus experiencias y conocimientos conmigo, por permitirme pasar momentos agradables y por brindarme su amistad.

A Vilma, por todo el apoyo brindado para la realización de esta investigación, por acompañarme a mis muestreos, ayudarme al análisis de mis muestras, por haber estado siempre que la necesite, por haber sido un gran apoyo y sobre todo por brindarme su amistad.

A mis ayudantes Armando y Eric, por el interés de trabajar conmigo y estar con toda la disposición para el análisis de mis muestras, por alegrarme los días de trabajo y hacer que sea un poco menos pesado.

A mis tíos maternos, que siempre me apoyaron económica y moralmente, por estar siempre pendiente de mí y por brindarme su cariño.

A mi tía Filomena e hijos, por haberme dado un techo y un hogar durante todo este tiempo, por tenerme paciencia, y por brindarme todo su apoyo y ser parte fundamental durante toda mi carrera universitaria, pero sobre todo por permitirme ser parte de su familia, GRACIAS.

A mis compañeros de la generación 2007-2012 y agregados, por hacer que la carrera haya sido más llevadera, interesante y divertida, muchas gracias por su amistad, los recordare siempre.

Este estudio fue realizado gracias al financiamiento del proyecto “Ecología trófica del pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe mexicano” del Centro de Investigación de Yucatán, Unidad Ciencias del Agua y del programa “Apoyo a la titulación” de la División de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Quintana Roo. El financiamiento para la obtención de los individuos muestreados, así como la utilización de las instalaciones para su procesamiento, se debe al Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.

A estas tres instituciones y a todas las personas que laboran en ellas, se les agradece su valioso apoyo para la realización de esta tesis.

Sin mencionar nombres quiero agradecer todas y cada una de las personas que hicieron posible la realización de esta tesis, porque sin su apoyo no lo hubiera logrado, MUCHAS GRACIAS.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN	12
<i>Invasión del pez león</i>	12
<i>Características del pez león</i>	14
<i>Aspectos reproductivos del pez león</i>	16
ANTECEDENTES.....	18
ÁREA DE ESTUDIO	22
<i>En cuanto a fauna marina</i>	23
JUSTIFICACIÓN	24
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	24
OBJETIVO GENERAL	24
<i>Objetivos específicos</i>	25
METODOLOGÍA	26
<i>Trabajo de campo</i>	26
Colecta de muestras.....	26
Registro de muestras	26
<i>Trabajo de gabinete</i>	27
Crecimiento.....	27
Análisis de frecuencia de tallas	27
Tasa de crecimiento en longitud.....	27
Relación peso –longitud.....	29
Tasa de crecimiento en peso.....	30
Alimentación.....	30
Contenido estomacal	31
Reproducción	32
Maduración gonadal.....	32
Índice gonadosomático.....	34
Proporción por sexos.....	34

Fecundidad	35
RESULTADOS	36
Crecimiento	36
Frecuencia de tallas	36
Modelo de crecimiento en longitud.....	36
Relación peso-longitud.....	38
Tasa de crecimiento en peso.....	39
Alimentación.....	41
Contenido estomacal	41
Preferencia alimentaria por longitud	42
Preferencia alimentaria por género.....	42
Maduración gonadal.....	44
Índice gonadosomático.....	45
Proporción por sexos.....	47
Talla de la primera madurez sexual.....	48
Fecundidad	48
DISCUSIÓN	49
Beneficios económicos.....	59
Beneficios ecológicos.....	59
CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadios de maduración gonadal de acuerdo al criterio de Nikolsky.....	27
Tabla 2. Longitudes promedio calculadas por grupo de edad, se presenta la longitud promedio obtenida para la especie, registrada en los sitios de muestreo.....	31
Tabla 3. Peso estimado por grupos de edad y peso estimado.....	34
Tabla 4. Promedio, máximos y mínimos de pesos y longitudes registrados en Xcalak, Quintana Roo.....	35
Tabla 5. Rangos de longitud reportados por otros autores para otras zonas del Caribe y los encontrados en la presente investigación en el ANP de Xcalak, México.....	44
Tabla 6. Valores de los parámetros de crecimiento reportados por otros autores y por el presente trabajo.....	45
Tabla 7. Preferencias alimentarias reportadas por otros autores y por el presente trabajo.....	47
Tabla 8. Longitud de la primera madurez sexual reportada por otros autores y por la presente investigación para la zona de estudio.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución natural del pez león, en la región del océano pacífico.....	7
Figura 2. Fotografía del pez león en hábitats rocosos de Xcalak, zona sur de Quintana Roo.....	18
Figura 3. Distribución de los sitios de invasión del pez león en el Mar Caribe para el año 2012.....	13
Figura 4. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México.....	17
Figura 5. Frecuencia de tallas para 824 organismo de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	30
Figura 6. Curva de crecimiento estimada con el modelo de Von Bertalanffy y datos observados de <i>P. volitans</i> , con un total de 824 organismos, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	32
Figura 7. Relación peso – longitud de <i>P. volitans</i> , con un total de 824 organismos en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	33
Figura 8. Curva de crecimiento en peso, estimada con el modelo de Von Bertalanffy, para 824 organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	34
Figura 9. Porcentaje de preferencia alimentaria, para 203 organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	35
Figura 10. Preferencia alimentaria por longitud, para 203 organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	36
Figura 11. Preferencia alimentaria por longitud para 87 hebras de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	37

Figura 12. Preferencia alimentaria por longitud en 75 machos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	37
Figura 13. Imágenes de los diferentes estadios en hembras, encontradas en este estudio.....	39
Figura 14. Porcentaje de presencia de los diferentes estadios de maduración gonadal por meses para 394 organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	40
Figura 15. IGS promedio por mes para 199 organismos de <i>P. volitans</i> en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	41
Figura 16. IGS promedio por talla para 199 organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	41
Figura 17. Relación hembras – machos por tallas, para 397 organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	42
Figura 18. Fecundidad promedio para 50 organismos de <i>P. volitans</i> , expresada en millares, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	43
Figura 19. Comparación de grupos de edad obtenidas con el modelo Von Bertalanffy, para organismos de <i>P. volitans</i> , en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.....	46

RESUMEN

El pez león es una especie invasora en las aguas del Caribe mexicano ya que es originario de los océanos Índico y Pacífico. Desde su aparición se ha dispersado con gran rapidez debido entre otras cosas a su fácil adaptación, efectiva reproducción y la alta capacidad de sobrevivencia de las larvas. Esta especie es un excelente depredador, y consume presas más grandes a su tamaño, es un voraz carnívoro, y depredador de peces juveniles, invertebrados como pulpos, camarones y langostas. Son adaptables en consumir nuevas presas, por lo que representan una amenaza para la biodiversidad y para las actividades turísticas y de pesca en las zonas del Atlántico.

Este estudio tiene como objetivo generar conocimiento sobre algunas características del crecimiento, reproducción y alimentación que presenta esta especie en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, donde se realizaron 10 muestreos mensuales de diciembre de 2011 a enero de 2012, con excepciones en los meses de enero, junio, julio y diciembre de 2012. En estos muestreos se obtuvieron 824 individuos de los cuales se registraron los datos biométricos para analizar el crecimiento tanto en longitud (patrón) como en peso (biomasa). El intervalo de longitud fue de 5 a 37 cm; del total de organismos se extrajeron los estómagos de 203 individuos para conocer sus hábitos alimenticios; asimismo, se obtuvieron las gónadas de 394 individuos para conocer aspectos de su reproducción. Los resultados obtenidos con estos análisis demuestran que esta especie tiene un crecimiento alométrico, que consume diferentes especies de peces y crustáceos, que se reproduce a lo largo de todo el año y que tiene altos índices de fecundidad.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más diversos y complejos del planeta, son poseedores de una gran variedad de hábitat con procesos biológicos y ecológicos altamente complejos (Sale, 1991 y 2002). Los arrecifes de coral son ecosistemas bentónicos tropicales y subtropicales, que se desarrollan a temperaturas superficiales promedio mayores de 20°C, se encuentran en los océanos, generalmente entre el trópico de Cáncer y Capricornio, debido a que los corales constructores de arrecifes viven en estas aguas (Jones y Endean, 1977).

Los arrecifes coralinos son considerados sistemas ecológicos esenciales y de soporte para numerosos organismos tales como los peces, los cuales representan una fuente importante de recursos pesqueros (Chavez, 2006). La biodiversidad que presentan los sistemas arrecifales en general y específicamente en el Caribe mexicano, se ha estudiado de manera sistemática sobre todo en las últimas décadas. En el caso particular de los peces se han realizado listados sistemáticos. Schmitter-Soto *et al.* (2000) registraron 577 especies, de las cuales 393 son de eminencia arrecifales. De las 110 familias de peces registradas, las mejor representadas son Serranidae, Ophichthidae, Carangidae, Gobiidae y Labrisomidae

La alta diversidad de peces arrecifales coralinos hace compleja su evaluación a nivel de ecosistema. Una de las estrategias que permite conocer estas comunidades a una escala de menor complejidad, es detectar las especies clave cuyos parámetros ecológicos (ej. densidad, frecuencia de aparición, distribución, etc.) predominan en la estructura de la comunidad. El análisis de poblaciones clave hace más accesible la interpretación de la ecología del sistema. El comprender como funcionan estas especies permite analizar el comportamiento de otras, estableciendo los principales patrones de la comunidad en relación a las características ambientales, sus variaciones estacionales y las interacciones peces/hábitat (Alva, 2007).

Invasión del pez león

Las especies invasoras suponen uno de los mayores riesgos para la conservación de la fauna local, fauna endémica y su hábitat, donde el frágil equilibrio ecológico se puede

alterar fácilmente. La introducción de especies exóticas genera una competencia directa para las especies locales, que en la mayoría de los casos, acaban siendo desplazadas por la especie foránea, llegando incluso a producirse su extinción (WWF, 2006).

La mayoría de especies que se introducen en un nuevo hábitat no se adaptan y desaparecen, en algunos casos se reproducen y subsisten con el alimento local, e incluso se convierten en una plaga, causando cambios en la composición, estructura y procesos ecológicos de los ecosistemas naturales invadidos. Este es el caso del pez león (Molina, 2011). El éxito en la dispersión de este pez se debe en parte a su conducta depredadora y a su acelerada reproducción, pues en menos de un año alcanzan su madurez sexual (Santana, 2011).

Debido a las condiciones ambientales y marinas que presenta el Caribe mexicano, como la temperatura cálida, la profundidad y la humedad, así como las características biológicas del pez león, tales, como su gran capacidad para adaptarse, su efectividad para reproducirse y el alto porcentaje que tienen las larvas de sobrevivir a grandes cambios de temperatura, ha permitido que este pez se desarrolle muy bien en estos ambientes. El pez león es una especie originaria del Océano Pacífico, se distribuye desde el sur de Japón hasta el este de Australia, Micronesia, Indonesia y otras islas, ver la figura 1, en donde ocupa los niveles superiores de la cadena alimenticia (Fishelson, 1997).



Fig. 1. Distribución natural del pez león, en la región del océano pacífico, tomada de <http://www.fishbase.org>

Características del pez león

El pez león pertenece al orden Scorpaeniformes, familia Scorpaenidae. Presentan 13 espinas dorsales que son tóxicas, y 3 anales elongadas y separadas con 10 y 11 radios dorsales y 6-7 radios anales. Las aletas pectorales tienen forma de abanico y carecen de veneno. (Ruiz-Carus *et al.*, 2006). Prefieren las aguas cálidas y tranquilas como las bahías y ensenadas 22 °C - 28 °C. El pez león es un carnívoro voraz embosca a sus presas arrinconándolas mediante movimientos envolventes de sus aletas pectorales. La especie se asocia a arrecifes coralinos y rocosos, desde la superficie hasta unos 60 m de profundidad. Sin embargo, en el Caribe también han sido capaces de invadir zonas con pastos marinos, manglares, naufragios y arrecifes artificiales y han sido observados a más de 120 m de profundidad (Molina, 2009).

Las especies locales no reconocen aún al pez león como un depredador, en el ecosistema marino del Atlántico occidental, el cual actúa como un depredador al acecho, camuflándose con el entorno, con su colorido y forma del cuerpo. Su comportamiento y forma asemeja al de un alga a la deriva (Lasso-Alcala, y Posada 2010).



Fig. 2. Fotografía del Pez león en hábitats rocosos de Xcalak, zona sur de Quintana Roo.

El crecimiento de los peces puede considerarse como un incremento en longitud o peso, y es el resultado directo de procesos químicos, osmóticos y otros factores que contribuyen al aporte de material en el organismo, el cual es transferido a muchas partes del cuerpo (Tresierra y Culquichicón 1993). Los datos de edad y crecimiento, aunque en sí mismos representan un aspecto descriptivo muy interesante, biológicamente hablando, sobre todo cuando se compara con otras especies. Sin embargo, la relevancia de estos estudios radica en su utilidad en el análisis del rendimiento de las poblaciones; es decir, en el aumento en peso o en longitud por unidad de tiempo, y en su aplicación en la evaluación de pesquerías que se basa en la comparación del peso ganado por la población debido al crecimiento y el perdido por mortalidad (Gulland, 1971).

Para tener conocimiento de las características de crecimiento de un pez es necesario saber cuál es su tasa de crecimiento en longitud y en peso y cuál es la relación que hay entre su peso y su longitud, de esta manera determinar si tiene un crecimiento uniforme o no. Los peces león son de talla grande que pueden alcanzar 40 cm y puede llegar a un peso máximo de 1200 gr. (Fishelson, 1997).

También es necesario realizar el análisis de la dieta de un organismo para conocer los grupos taxonómicos que esta depredando y en qué cantidad y valorar su efecto sobre las poblaciones y ecosistemas.

Esta especie es un excelente carnívoro, depreda con más rapidez que los peces locales y consume presas más grandes a su tamaño. Su dieta fundamental está compuesta por peces juveniles e invertebrados como pulpos, camarones y langostas. Son adaptables para consumir nuevas presas, lo que representan una amenaza para la biodiversidad y a las actividades económicas enfocadas hacia el turismo y la pesca en las zonas invadidas (McCleery, 2011). De acuerdo a Fishelson (1997) los estómagos del pez león pueden ampliar su volumen 30 veces y consume alrededor de 8.5 g de alimento al día.

De igual manera es importante saber que la reproducción es un proceso biológico que permite dar continuidad a una especie y sustentabilidad a las poblaciones. Es un proceso complejo que involucra tanto aspectos conductuales como fisiológicos que permiten en una primera instancia la atracción sexual de los individuos, al apareamiento y fecundación de los huevos.

Aspectos reproductivos del pez león

Para saber los aspectos reproductivos de una especie es importante conocer en primera instancia la relación por sexos, su ciclo de maduración sexual, de esta manera se puede determinar en qué épocas son potencialmente reproductivos. Se deben conocer los índices de fecundidad de la especie, para determinar la cantidad de oocitos maduros que producen las hembras y poder determinar que tan fecunda es la especie.

Los peces león son gonocóricos (mantienen su identidad sexual durante toda la vida), tienen poco dimorfismo sexual (diferencia entre machos y hembras) y esta diferencia solo es apreciable en la época reproductiva. Es una especie generalmente solitaria fuera de la temporada reproductiva, pero durante el cortejo, los machos y hembras forman grupos de 3-8 peces. Su reproducción es sexual y utilizan un ritual de cortejo previo a la reproducción. El macho es territorial, lo que significa que se queda cercano a un área específica donde viven y se aparean. Un macho defiende su territorio donde varias hembras pueden habitar (Fishelson, 1975).

La fecundación es externa, y al final del cortejo la hembra asciende a la superficie y libera dos masas de huevos de cada ovario (Morris, 2009). En su ambiente nativo, el cortejo ocurre después del anochecer y puede extenderse hasta altas horas de la noche (Fishelson, 1975). La hembra desova de 2,000 a 15,000 óvulos que el macho fecunda. Según Morris (2009), la hembra del pez león es madura sexualmente a los 17.8 cm, mientras que el macho alcanza la primera madurez a los 10.2 cm.

Las acciones que la CONANP está tomando con respecto a esta especie, van de la mano con las propuestas en la estrategia Nacional sobre especies invasoras en México que

plantea una visión a diez años, tiempo en el cual México deberá consolidar sus sistemas de prevención, control y erradicación —de manera que los impactos negativos de las especies invasoras se reduzcan significativamente— y orientar la participación y el trabajo coordinado de instituciones y sectores clave de la sociedad para alcanzar la visión planteada, (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010)

Con respecto a esto en el PNAX se han realizado pláticas a la comunidad en general para que conozcan sobre la especie, su hábitat, sus características físicas y biológicas, del daño que le está causando al ecosistema, situación que afecta directamente a los pescadores, ya que está disminuyendo las poblaciones nativas que ellos extraen para su comercio y consumo, por lo que se les invita a que, los maten y también para que los consideren como otra alternativa de comercio y consumo. En este sentido, se han realizado torneos de pesca con el objetivo de disminuir la población que se encuentra distribuida en el Parque.

También se ha implementado un Programa de Empleo Temporal que es de subsidio federal, conocido como “PET MARINO”, en el cual a los pescadores se les paga para que pesquen esta especie y se entreguen en el Parque, para tener un registro de los mismos.

ANTECEDENTES

En cuanto a estudios de peces arrecifales en la región del Atlántico occidental en general se han realizado diversos estudios sobre las comunidades de peces, la mayoría de ellos abordando aspectos relacionados con su composición, el uso del hábitat, así como la función de los ecosistemas.

Franco (1992) en un estudio realizado en el Golfo de Cariaco, Venezuela, analizó 406 estómagos de *Mugil curema*, encontrando que las diatomeas bentónicas y los dinoflagelados son el alimento principal de este pez.

El Caribe mexicano es un área que ha sido estudiada por varios investigadores en las últimas dos décadas, sobre todo con el objetivo de conocer la diversidad existente en la zona. Schmitter- Soto (1997), realizó un listado estudio de los peces en la costa sur de Quintana Roo registrando 159 especies arrecifales. La especie con mayor abundancia fue *Thalassoma bifasciatum* perteneciente a la familia Labridae, mientras que la de menor abundancia fue *Chaetodon aculeatus* de la familia Chaetodontidae.

Schmitter- Soto *et al.* (2000) realizó un listado sistemático de peces marinos del Caribe mexicano, obteniendo un registro total de 577 especies; 393 de las cuales son arrecifales. De las 110 familias de peces identificadas las mejor representadas fueron Serranidae, Ophichthidae, Carangidae, Gobiidae y Labrisomidae.

Ivarez-Cadena () realizó un estudio de larvas de peces al norte de Quintana Roo, encontrando 55 familias con un total de 115 especies, de las cuales la familia Gobiidae estaba mejor representada, tanto en el norte como al sur del estado.

Jiménez () analizó individuos de *Epinephelus morio* en el banco de Campeche, encontrando que su dieta está compuesta por cangrejos (43%), siendo la especie *Stenorynchus seticornis* la dominante en la dieta, además de camarones (18%) y peces (28%). En dicho trabajo encontraron un total de 18 familias que comprenden 31 especies.

Díaz-Ruiz y Aguirre-León (1993), evaluaron los recursos pesqueros de los sistemas arrecifales de Puerto Morelos, Akumal y Cozumel, Quintana Roo, integrando aspectos bioecológicos y ambientales. Así mismo, determinaron y precisaron aspectos de la funcionalidad de la comunidad íctica del Caribe mexicano.

Alva (2007) realizó censos visuales para determinar la función de las especies en la comunidad En el arrecife coralino de Akumal. En este estudio se identificaron 12 especies típicas arrecifales pertenecientes a cinco familias.

Respecto a antecedentes de pez león, el primer reporte en el atlántico se dio en 1985, cuando se colectó un espécimen en las costas de Florida. No obstante, tras el paso del huracán Andrew en 1992, la especie presento una mayor dispersión (Lasso-Alcalá y Posada, 2010).

Desde entonces, el pez león ha invadido toda la costa este de los EE.UU, desde Nueva York hasta el sur de los cayos de la Florida, además de Bermudas, Norte del Caribe (Bahamas, Islas Turcas y Caicos, Cuba, Jamaica, Islas Caimán, La Española, Puerto Rico e Islas Vírgenes de EE.UU.), Golfo de México (Costa de San Petersburgo, Dry Tortugas de Florida y el norte de la Península, de Yucatán, México), el Caribe Occidental (Belice, Honduras, San Andrés y Providencia Archipiélago, Costa Rica, Panamá) y el Sur del Mar Caribe (costa de Colombia, Curazao y Bonaire) (Lasso-Alcalá y Posada, 2010) ver figura 3.



Fig. 3. Distribución de los sitios de invasión del pez león en el Mar Caribe para el año 2012.

(Tomada de <http://nas.er.usgs.gov/taxgroup/fish/Lionfishanimation.gif>)

Fishelson (1997) determinó que el pez león es una especie nocturna y se traslada a aguas más profundas durante la noche para alimentarse. La capacidad de adaptación y sobrevivencia de la especie es relativamente rápida, sobre todo al capturar nuevas presas. Además de que puede vivir más de 15 años y alcanzar un tamaño de hasta 50.8 cm.

La investigación de Albins y Hixon (2008) proporcionó la primera evidencia de los efectos negativos del pez león en las especies nativas de peces de arrecifes del Atlántico, realizaron un estudio en 2007 en parches de arrecife con y sin pez león. Durante el período de cinco semanas, el reclutamiento neto de 9 especies nativas se redujo en un 79% en los arrecifes con presencia de peces león en comparación con los arrecifes sin peces león. También observaron que ésta especie invasora consume juveniles de *Panulirus argus* y que puede competir con depredadores nativos de este crustáceo. Estos autores reportan que en Costa Rica se realizaron estudios en los que se encontró que el consumo del pez león alcanza hasta 20 peces pequeños en 30 minutos, y que sus características de reproducción son realmente sorprendentes.

En Cuba el pez león ha protagonizado también una invasión biológica vertiginosa desde el 2007, investigadores del Acuario Nacional de ese país han propuesto un protocolo para el estudio de la especie, estandarizando las metodologías para la captura, censos, toma y procesamiento de muestras biológicas y el monitoreo de asociaciones de peces en toda la isla, (Acuario Nacional de Cuba, 2011).

Por su parte, expertos de ecología del Centro de Estudios de Pesca Costera e Investigación de Hábitat de los Estados Unidos determinaron que la población de pez león puede alcanzar densidades de más de 200 adultos por hectárea, son carnívoros generalistas que consumen 56 especies de peces y muchas especies de invertebrados. Las poblaciones de pez león pueden consumir más de 460,000 peces presa por 0.4047 Ha al año e invadir regiones hasta reducir a su presa hasta en un 90% (Santana, 2011)

En México, el pez león, fue visto por primera vez en 2009, en Cozumel, Quintana Roo, posteriormente, se han hecho registros en diversos sitios del Caribe mexicano y Golfo de México. En diciembre de 2009, dos especímenes fueron registrados en el sitio conocido como la “Pac a rela”, a 38 m de profundidad y a 58 Km del Arrecife Alacranes, en las costas de Yucatán (Aguilar, 2010).

Valdez-Moreno *et al*, (2012) realizaron un estudio con técnicas moleculares para determinar las especies invasoras y el consumo, de presas de los mismos y obtuvo que en el Caribe mexicano se encuentran las dos especies conocidas de pez león *Pterois miles* y *P. volitans*, y que las presas que más consumen son peces y crustáceos.

ÁREA DE ESTUDIO

La región del Caribe posee cerca de 26,000 Km² de arrecifes pocos profundos de los cuales el estado de Quintana Roo cubre una extensión aproximada de 650 Km, constituyendo al Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), en México y la segunda barrera arrecifal coralina más importante a nivel mundial (McField y Kramer, 2007). El SAM contribuye a la estabilización y protección del paisaje costero, mantiene la calidad del agua costera, y funciona como lugar de alimentación y reproducción de mamíferos marinos, reptiles, peces e invertebrados, muchos de los cuales son de importancia comercial (CCAD, 2007).

El Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak" se localiza en la costa sur del Estado de Quintana Roo, en el Municipio Othón P. Blanco, sus límites están definidos hacia el norte por el paralelo 1°3' " N, al sur por el límite internacional entre México y elice en el paralelo 1°11' ", al este por el Mar Caribe en la isobata de 1 m y al oeste por la línea que delimita la Zona Federal Marítimo Terrestre; en la mitad norte, se incluye una porción terrestre, el Sistema Lagunar Río Huach, delimitado por la carretera Mahahual-Xcalak. Abarca una superficie de 17,949.456 Has., de las cuales 13,495 Has. corresponden a ecosistemas marinos y 4,543 Has. a humedales, incluyendo lagunas permanentes y temporales. (Programa de manejo del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, 2004)

En el área del Parque Nacional y su zona de influencia se encuentran diversos ecosistemas interdependientes: arrecifes de coral, humedales, lagunas costeras, playas y selva. La temperatura promedio del agua de mar es 29.3 °C y fluctúa entre 26.7° y 31.72°C durante el año. Se observan oscilaciones diurnas y cambios abruptos de la temperatura (de hasta 2.8°C) por eventos de tormenta o huracanes. La salinidad en la región es de aproximadamente 35.3-36.0 ppm. La marea presenta intervalos de -0.12 a 0.12 m; sin embargo, el nivel del mar presenta variaciones de hasta 0.5 m por efecto del paso de tormentas. El componente principal de la corriente costera es a lo largo de la costa en dirección NE, con inversiones de las corrientes principalmente durante la temporada de nortes. La velocidad media de la corriente es de 0.02 m/s con máximos de 0.5 m/s en la componente a lo largo de la costa y 0.2 m/s en su componente perpendicular .

En cuanto a fauna marina

En la region de Xahuachol, Río Huach y Punta Gavilán se identificaron un total de 43 especies de corales escleractinios hermatípicos pertenecientes a 23 géneros y 10 familias, 28 especies de corales gorgonáceos que pertenecen a 12 géneros y 4 familias. Se identificó un total de 98 especies de peces arrecifales pertenecientes a 24 familias (Programa de manejo Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, 2004). En La Poza se identificaron un total de 37 especies de corales escleractinios pertenecientes a 18 géneros y 5 familias, más dos especies de hidrocorales pétreos del género *Millepora*; se identificaron 32 especies de corales gorgonáceos pertenecientes a 11 géneros y 4 familias; asimismo, se registraron un total de 78 especies de peces arrecifales, pertenecientes a 39 géneros y 22 familias. Se encuentran 11 géneros y 14 especies de gasterópodos y bivalvos, destacando la presencia de cinco especies de caracoles gigantes, ver la figura 4.

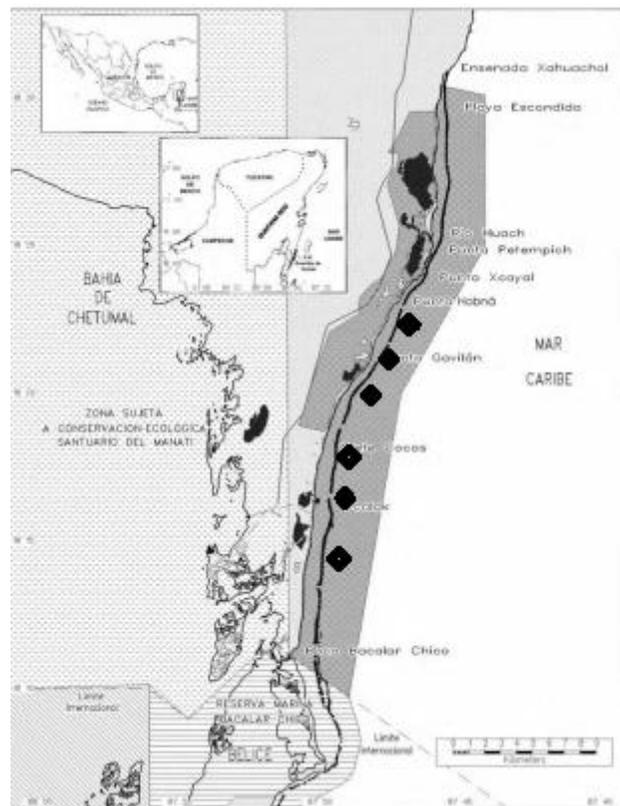


Fig. 4. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México (Tomada de CONANP, 2004).

JUSTIFICACIÓN

En Quintana Roo se han realizado diversos estudios para poder determinar la distribución y ecología del pez león, pero dichos estudios se han llevado a cabo sobre todo en la parte norte del estado, por lo que el presente proyecto pretende ampliar estos estudios en el sur del estado, para determinar su situación actual en esta área, a través de la determinación de sus hábitos alimenticios, su maduración sexual, y crecimiento, así como para proponer medidas de manejo pesquero.

Con base a los antecedentes se ha determinado que los efectos en el equilibrio ecológico y la biodiversidad que causan las especies invasoras al ser introducidas en un lugar, son aún incalculables. Se cree que si no se toman medidas al respecto, las comunidades humanas costeras son las que se verán más afectadas, pues dependen directamente de la actividad pesquera.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El pez león es una especie invasora que podría depredar y desplazar a las especies locales, provocando un desequilibrio ecológico y económico al afectar la pesca comercial, sin embargo su conocimiento sobre las características biológicas y su problemática en la costa sur de Quintana Roo, y sobre la posible respuesta que pudiera tener el ecosistema con la llegada de esta especie es aún insuficiente, por lo que el análisis de la ecología y biología del pez león en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak contribuirá en el conocimiento de esta especie.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la ecología y biología del pez león (*Pterois volitans*), en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, zona sur de Quintana Roo.

Objetivos específicos

- a) Determinar el crecimiento individual promedio del pez león en longitud y en peso, en la zona de estudio.
- b) Establecer los hábitos alimenticios del pez león en la zona de estudio.
- c) Conocer la maduración gonadal del pez león en la región de estudio.
- d) Proponer algunas medidas de control y manejo para esta especie en la zona de estudio.

METODOLOGÍA

Trabajo de campo

Colecta de muestras

Se realizaron muestreos mensuales de diciembre de 2011 a enero de 2013, mediante buceo autónomo y libre, con la ayuda del personal del PNAX y de los pescadores de la comunidad; la captura se realizó a través de capturas dentro del programa de monitoreo del parque, de pesca comercial y de torneos de pesca deportiva; adicionalmente se contó con las capturas de un programa de empleo temporal, denominado “PET marino”. Los organismos se colectaron con arpones de liga (hawaianas) de tres puntas, especiales para la captura de estos peces, y de trampas tipo jamos. Una vez capturados, los organismos se almacenaron en botes y en bolsas para evitar el contacto directo con los buzos y evitar accidentes con las espinas venenosas.

Posteriormente en la embarcación se les cortaba las puntas de las espinas dorsales, ventrales y anales para que los organismos pudieran manipularse sin ningún tipo de riesgo; una vez concluido este procedimiento, se llevaron los organismos a la estación del Parque en donde se realizaba la toma de los datos requeridos. Cabe mencionar que en este estudio se pretendía realizar 12 muestreos mensuales para cubrir un ciclo anual completo, pero debido a que los muestreos se realizaban con la ayuda del personal del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), en ocasiones no se pudo salir al campo y en esos meses no se pudieron obtener muestras.

Registro de muestras

Las muestras se conservaron en neveras o en refrigeradores inmediatamente después de la descarga en puerto para mantenerlas frescas y detener el proceso de descomposición mientras se procesaban. Cuando las capturas se obtenían de los pescadores o buzos de la zona, se les preguntaban datos como son la fecha, lugar, hora y profundidad de captura, posteriormente se realizaba datos biométricos tales como longitud y peso. Con la ayuda de un ictiómetro se registraba la longitud total y patrón (cm), y con una balanza digital se

registraba su peso en gramos. Posteriormente se procedía a realizar un corte en la región abdominal para hacer la determinación del género, y la extracción de las gónadas y de los estómagos, los cuales eran depositados en frascos en una solución de formol al 10%; se etiquetaba cada frasco y se le asignaba una clave, la cual sirvió para completar el registro de todos los datos de cada organismo muestreado. Las gónadas sirvieron para el análisis de la maduración gonadal y los estómagos se utilizaron para el análisis del contenido estomacal.

Trabajo de gabinete

Una vez finalizado el trabajo de campo, se procedió a realizar una serie de pruebas para conocer los aspectos de crecimiento, alimentación y reproducción de la especie bajo estudio.

Crecimiento

Análisis de frecuencia de tallas

Se utilizó el método de análisis de frecuencia de tallas que consiste en analizar un histograma de la longitud de los peces a partir de muestras representativas de una población (Cubillos, 2000), ya que el crecimiento en longitud, con o sin oscilaciones en la tasa de crecimiento, puede ser estudiado a través del análisis cuidadoso de datos de frecuencia de longitudes.

Tasa de crecimiento en longitud

El análisis de crecimiento corporal de un individuo constituye uno de los factores primarios importante en la dinámica de las poblaciones explotadas. El crecimiento se presenta cuando el individuo exhibe cambios en sus dimensiones corporales en el tiempo o con la edad. Para poder calcular la tasa, se utilizó el modelo de von Bertalanffy (Cubillos, 2005), el cual es un modelo de tipo exponencial para el crecimiento individual y que es aplicado a la gran mayoría de peces.

El modelo matemático es el siguiente:

$$L(t) = L_{\max} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Donde:

$L(t)$ es la talla en el tiempo t de la especie

t es al tiempo al cual se quiere calcular la edad de la especie

L_{\max} , es la talla máxima teórica que alcanza la especie

K es la tasa de crecimiento de la especie t_0 es un parámetro de condición inicial

Estrictamente hablando, t_0 no tiene un significado biológico directo, puesto que representa el tamaño de un organismo al tiempo cero. Debido a que es un ajuste matemático del modelo, necesariamente debe ser un valor negativo.

Para el histograma de frecuencia de tallas se introdujeron los datos en Excel para hacer los cálculos de los datos observados, el intervalo de talla fue de 6 cm. Posteriormente se introdujeron los datos en el programa FISAT II para el análisis y comprobación de los rangos obtenidos. Ya en el programa se creó una base de datos con las frecuencias de tallas por meses y se empleó el método de Shepherd 1987 (SLCA. Sheperd's Length Composition Analysis).

Este método califica distintos conjuntos de parámetros de crecimiento según el grado en que las modas predichas a partir de la curva teórica corresponden a las modas observadas. Utiliza una prueba que mide la correspondencia general entre las predicciones y las observaciones a lo largo de toda la distribución de tallas, sus puntuaciones se basan en la raíz cuadrada del número de ejemplares observado en cada grupo de tallas. Básicamente, el método de Shepherd está encaminado a llevar al máximo la suma de los productos $T(l_i) N^{1/2}(l_i)$ a lo largo de todos los grupos de tallas y de todas las distribuciones de tallas observadas, siendo $N(l_i)$ el número de peces del grupo de tallas l_i observado en la distribución de tallas l_i , y $T(l_i)$ la función de puntuación. Esto se define como sigue: donde p es la constante p_i , t_{\max} y t_{\min} son las edades, según la curva de crecimiento que se está ensayando, en los límites superior e inferior del l_i grupo de tallas en cuestión, t' es la media de t_{\max} y t_{\min} , y t_s es la fecha de la l_i muestra, medida como una proporción del año, (Shepherd 1987)

Al analizar los datos se obtuvieron los parámetros de crecimiento (L_{max} y K) y para obtener t_0 (el parámetro de ajuste), se utilizó la ecuación de Pauly (1963), introduciendo los valores de k y L_{max} , obtenidos por el método de Shepherd. Posteriormente con los datos obtenidos se hizo una gráfica donde se muestran los valores observados y la curva calculada.

Relación peso –longitud

La relación longitud-peso permite, describir en forma matemática la relación entre la talla y el peso, de tal manera que se pueda estimar uno a partir del otro. Medir la variación del peso esperado para un pez o grupos de peces, como indicador de las condiciones alimentarias y desarrollo gonadal. El peso de órganos separados (ej: estomago, gónadas, etc.) se hace con varios propósitos, para determinación de alimento ingerido, para la determinación del números de huevos, etc. (FAO, 1971).

Esta relación regularmente es cúbica, o cercana a este valor (3), y se expresa matemáticamente como sigue:

$$W = qL^b$$

Donde:

W es igual al peso,

b es cercano a 3 y

q es una constante determinada empíricamente.

Esta fórmula representa un aspecto biológico importante ya que con ella se determina el crecimiento iso - alométrico que presenta la especie. El crecimiento isométrico lo presentan los organismos cuyas proporciones corporales se mantienen iguales, Muchas especies se acercan a éste ideal pero el peso se ve afectado por el ambiente, el contenido estomacal, madurez sexual, etc. Y el crecimiento alométrico es cuando las proporciones corporales de un organismo cambian durante su vida.

Con los datos de peso y longitud de todos los organismos muestreados se construyó una gráfica en Excel a la cual se le agregó la línea de tendencia y la ecuación y con estos datos se obtuvieron los valores de b y q . Posteriormente con los valores calculados de peso y longitud se hizo otra gráfica en la que se muestran los valores reales.

Tasa de crecimiento en peso

Con los valores de las variables anteriores, el modelo de crecimiento en longitud se transformó en uno para estimar el crecimiento en peso, ajustándose dicho modelo como sigue:

$$W_t = W_{\max} (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde:

$W_{(t)}$ es el peso en el tiempo t de la especie;

t es el tiempo al cual se quiere calcular el peso,

W_{\max} es peso máximo teórico de la especie,

k , es la tasa de crecimiento,

t_0 es un parámetro de condición inicial.

Esta ecuación se construyó con el modelo de Von Bertalanffy tomando los datos de L_{\max} , t_0 y K para poder estimar la W_{\max} , posteriormente con los resultados obtenidos se hizo una gráfica en donde se muestran los valores calculados.

Alimentación

La alimentación de la mayoría de los organismos es selectiva con la talla y va dirigida con preferencia a las mayores partículas alimenticias disponibles. La dieta de los peces refleja la variabilidad de presas y por medio del contenido estomacal se puede entender la variabilidad de los ítems alimenticios en el ambiente acuático. Para determinar el hábito alimenticio de esta especie, se identificaron a nivel de grupo funcional (peces, crustáceos, moluscos) los organismos presentes en los estómagos analizados y determinar su preferencia alimenticia.

Contenido estomacal

Este análisis sirvió para identificar cuáles son los hábitos alimentarios de la especie dependiendo del tamaño, el género y la época del año en la que se colectaron, ya que pueden variar por organismo o población.

Los estómagos se extrajeron y se colocaron en bolsas de plástico y posteriormente en un refrigerador para detener el proceso de descomposición; posteriormente se pusieron en frascos con solución de formalina al 10% para su posterior análisis. Para llevar a cabo este proceso, a los estómagos se les hizo un corte con un bisturí para extraer el contenido, el cual se depositó en cajas de Petri para revisarlos con la ayuda de un microscopio estereoscópico y un microscopio óptico cuando se requirió.

Para el conteo de la cantidad de cada ítem alimentario por estomago se realizo por frecuencia de aparición, y se le asigno una clave a cada organismo para posteriormente crear una base de datos en Excel y poder relacionar el contenido con el mes en el que fue capturado, la talla y el género de cada organismo.

El contenido que se encontró se clasifico en peces, crustáceos, moluscos, algas, coral y en MONI (Materia Orgánica No Identificada), dentro de esta clasificación se encontraban restos de organismos que no se podía distinguir a qué grupo pertenecían por el grado de digestión avanzada.

Reproducción

La existencia de todo ser viviente están necesariamente relacionadas con la reproducción, es gracias a este proceso que nuevos peces nacen cada año y se integran a la población, y al cumplir con este proceso los peces desarrollan las fases de su propio ciclo vital, considerándose incompleto este ciclo si el pez no llega a reproducirse (Csirke,1980).

Las especies a lo largo de su historia evolutiva han desarrollado estrategias reproductivas para optimizar la viabilidad de su descendencia. Para comprender la biología de una especie y sus ciclos de vida, en los peces se considera de mucha importancia la talla de madurez sexual y duración del ciclo reproductivo, aspectos que constituyen componentes críticos en las estrategias de vida (Granado, 1996; Villacorta-Correa & Saint-Paul, 1999). Para esta especie estos dos aspectos son los que han influido de manera determinante en la eficacia de su invasión ya que su ciclo de reproducción dura todo el año y maduran sexualmente en tallas pequeñas. Con relación a la reproducción, en este trabajo solamente se analizarán la maduración gonadal y la fecundidad del pez león.

Maduración gonadal

El estado de madurez de los peces puede determinarse mediante un cuidadoso examen visual en el campo. Esto se hace exponiendo las gónadas mediante la abertura de la cavidad ventral (FAO, 1971). También en la reproducción existe una maduración gonadal que determina los cambios temporales en la condición promedio que presentan los individuos de una población en un ciclo anual, este revela si la población se encuentra en una fase de reposo, madurez, desove, o post-desove considerando la distribución espacio-temporal de la actividad reproductiva, Para ello, generalmente se utilizan una serie de indicadores reproductivos basados en el desarrollo gonadal, tal que permita inferir los periodos reproductivos en los que se encuentran los individuos.

En peces, las gónadas presentan una serie de cambios en su desarrollo durante el proceso desove, los que pueden ser caracterizados visual e histológicamente, pero en este estudio sólo se hizo la revisión visual. Para poder examinar las gónadas primero se hizo el corte ventral en los peces y se determino el género; posteriormente se extrajeron las mismas y se registró su descripción destacando su coloración, vascularización y turgencia;

después se pesaron con una balanza digital. Las gónadas que se encontraron maduras se guardaron para después hacer el análisis de fecundidad. Los datos se introdujeron en la base de datos diseñada en Microsoft Excel para este fin. Para identificar los diferentes estadios de madurez gonadal, se utilizó la escala descrita por Nikolsky, ver la tabla 1, (1963; en Ramos-Santiago, *et al.*, 2010). La dominancia de cierto estado de madurez sexual en los individuos de la muestra determina la condición reproductiva de la población en un periodo dado.

Se realizó el análisis de maduración gonadal en los meses de diciembre de 2011, de febrero a mayo y de agosto a noviembre del 2012, analizando un total de 394 individuos

Tabla 1. Estadios de maduración gonadal de acuerdo al criterio de Nikolsky

Fase	Estado	Descripción
I	Reposo	Los productos sexuales no han alcanzado a desarrollarse. Gónadas de tamaño muy pequeño. Ovarios con los huevecillos no distinguibles a simple vista. Ovarios rosáceos, trans-lúcidos; testículos blancuzcos. Huevos invisibles a simple vista.
II	Maduro	Productos sexuales maduros. Las gónadas han alcanzado su máximo peso, pero los productos sexuales no salen al exterior cuando se aplica presión al vientre. Ovarios de color rosáceo amarillo con aspecto granular; testículos blancuzcos a crema. No hay huevos transparentes o translúcidos visibles.
III	Desove	Los productos sexuales se expulsan en respuesta a una presión ligera de la región abdominal. El peso de las gónadas decrece rápidamente desde el principio del desove a su terminación. Ovarios de color naranja rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes huevos maduros, transparentes. Testículos blancuzcos crema, blandos.
IV	Post-desove	Los productos sexuales han sido expulsados. Las aberturas genitales están inflamadas. Las gónadas tienen la apariencia de sacos desinflados. Los ovarios pueden contener restos de huevos opacos, maduros, en desintegración, oscurecidos o translúcidos. Testículos sanguinolentos y flácidos.

Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) se refiere al porcentaje en peso que representan las gónadas con referencia al peso total del cuerpo. Se expresa como la relación entre el peso de las gónadas y el peso del cuerpo del pez, multiplicado por cien. (Nikolsky, 1963). El IGS indica las fluctuaciones del tamaño del ovario respecto del peso del pez, con valores promedio máximos indicando un mayor desarrollo de la gónada asociada a la maduración de éstas. Es el indicador macroscópico más utilizado en biología pesquera, y se basa en los cambios en tamaño, peso o volumen que experimentan en promedio las gónadas de los individuos de una población. Dichos cambios están relacionados con la madurez y la liberación de los gametos. A su vez, los cambios dependen del tamaño corporal, razón por la cual el índice gonadosomático - que se basa en el peso de las gónadas-, incorpora el peso corporal según la siguiente expresión (Cubillos, 2005).

$$\text{IGS} = \frac{G}{P-G} * 100$$

Donde

G es igual al peso de la gónada (usualmente el ovario),

P es igual al peso total del pez.

Proporción por sexos

La proporción por sexo se define como "cuántos machos hay por cada hembra", es decir, que porción de la población son machos con respecto a las hembras. El procedimiento es simple ya que basta con contar el número de machos y hembras en cada muestra y en el total de las mismas.

Es uno de los factores importantes dentro de las poblaciones de peces, en ocasiones la diferencia en el número de hembras y machos puede ser atribuido a la supervivencia diferencial de uno de los sexos o a la distribución que prefiere cada uno de estos (Restrepo, 2011).

La proporción se puede estimar con relaciones, por ejemplo: Si la proporción sexual es 1:1, significa que por cada macho hay una hembra, lo que ocurre en la mayoría de las especies, al menos de vertebrados. Si la proporción sexual es 1:3, significa que por cada macho hay tres hembras.

Fecundidad

Se entiende fecundidad como el número de oocitos maduros presentes en los ovarios de las hembras en el momento previo al desove. Para poder determinar la fecundidad de la especie se extrajeron las gónadas maduras y se depositaron en formol al 10% para conservarlas hasta el momento del análisis.

Posteriormente en el laboratorio se obtuvieron las gónadas del formol y se depositaban en una caja de petri, con un bisturí se le cortaba el tejido que las recubre para poder extraer la masa ovígera; posteriormente con unas espátulas se rasparon para desprender los huevos del tejido ovárico al que están adheridos. Una vez que se retiraban todos, se depositaban en un vaso de precipitado de 50 ml para determinar la cantidad de volumen ocupado, enseguida con una jeringa de 5 ml se extraía 1 ml y se depositaba en una caja de Petri para realizar el conteo con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Por cada muestra se extrajeron 3 alícuotas de 1ml cada una, posteriormente se calculó el promedio de las 3 y se multiplico por la cantidad de volumen que ocupó en el vaso. De esta forma se obtuvo el aproximado de la cantidad de huevecillos que contienen las gónadas.

RESULTADOS

Un total de 824 organismos fueron colectados en el presente estudio. Los resultados obtenidos para el crecimiento, alimentación y reproducción se irán presentando en el mismo orden que se describieron en la metodología.

Crecimiento

Frecuencia de tallas

El intervalo de tallas de los organismos colectados en este estudio va de los 5 a 37 cm, y las tallas más frecuentes se presentaron entre 20 y 25 cm como se muestra en la figura 5.

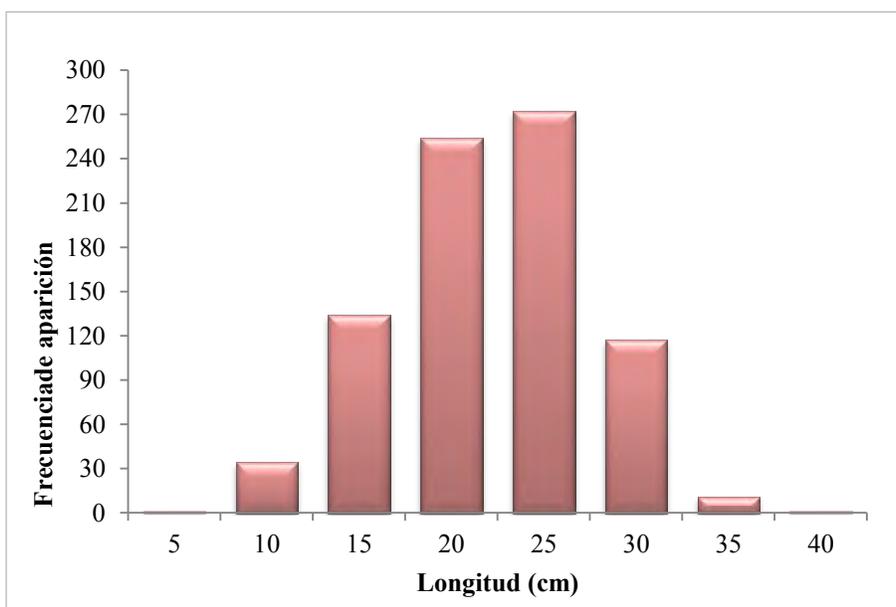


Fig. 5. Frecuencia de tallas para 824 organismos de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Modelo de crecimiento en longitud

Los valores de los parámetros del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy, calculados con el programa FISAT, son los siguientes:

$$L_{\max} = 39.8$$

$$K= 0.42$$

$$t_0= -0.1148$$

De tal manera que el modelo queda como sigue:

$$L_t = L_{\max} (1-\exp^{(-0.42(t-0.1148))})$$

Los valores calculados de longitud promedio con este modelo para grupo de edad se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Longitudes promedio calculadas por grupo de edad, se presenta la longitud promedio obtenida para la especie registrada en los sitios de muestreo.

Grupo de edad	Longitud promedio
0.5	9.06
1	14.88
2	23.43
3	29.04
4	32.73
5	35.16
6	36.75
7	37.79
8	38.48
9	38.93
10	39.23
11	39.43
12	39.55
13	39.64
14	39.69
15	39.73

Los valores calculados se presentan en la figura 6. En ellos se puede observar que en el área de estudio la longitud máxima se alcanza en el grupo de edad 15. Sin embargo los valores de grupo 10 en adelante son relativamente cercanos al grupo 15. En los primeros grupos de edad se muestra un crecimiento acelerado, con una curva típicamente logística. De igual manera se puede observar que los datos observados son muy cercanos a los calculados.

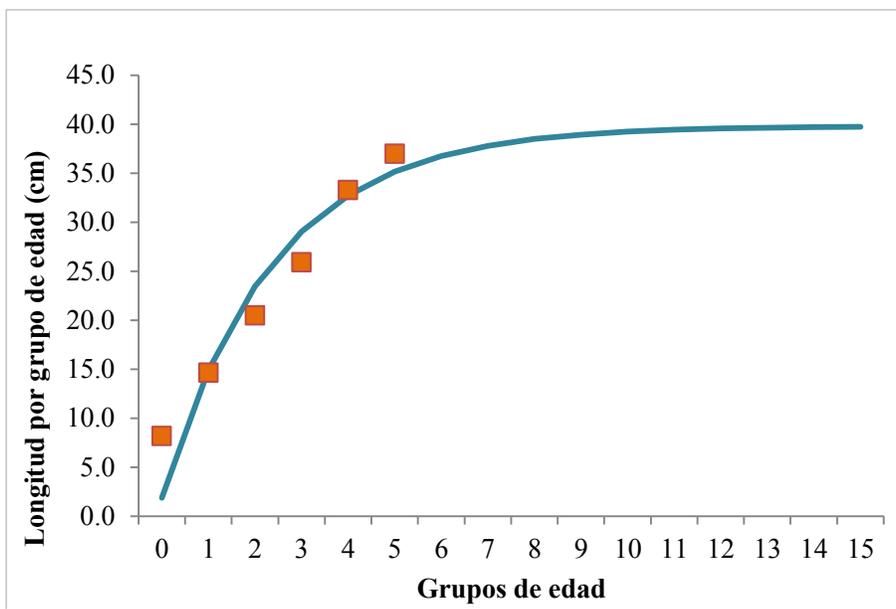


Fig. 6. Curva de crecimiento estimada con el modelo de Von Bertalanffy y datos observados de *P. volitans*, con un total de 824 organismos, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Relación peso-longitud

Al aplicar el logaritmo natural en el análisis de la relación peso – longitud se observó que el pez león tiene un crecimiento alométrico, es decir que crecen en la misma proporción de peso y longitud. Los resultados obtenidos son $b= 2.96$ y $a= 1.49$, estos resultados se muestran en la figura 7.

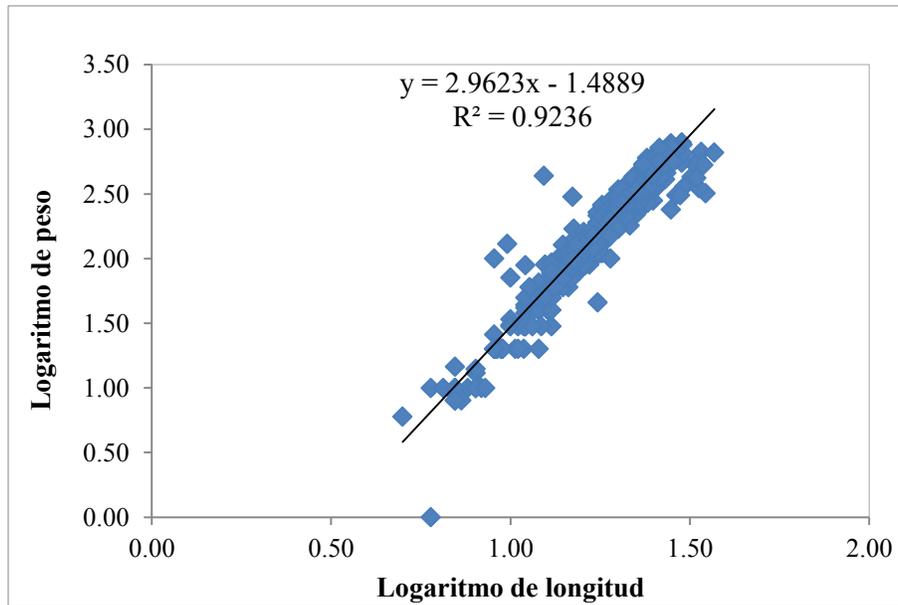


Fig. 7. Relación peso - longitud de *P. volitans*, con un total de 824 organismo en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.

Con los valores que se obtienen en la relación peso - longitud se construye la ecuación correspondiente con la cual se calculó el peso de un organismo a partir de la longitud y viceversa.

Tasa de crecimiento en peso

Con los resultados obtenidos en la estimación de la relación peso – longitud, se sustituyeron los valores para calcular el valor del peso asintótico, obteniéndose la siguiente ecuación en la que se calcula el peso máximo teórico:

$$W_{\max} = 1.49L_{\max}^{2.96} = 175.54$$

Este valor se sustituyó en el modelo de Von Bertalanffy y por medio del cual se obtuvieron los valores del peso promedio de cada grupo de edad; los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Peso estimado por grupos de edad y peso estimado.

Grupo de edad	Peso estimado (g)
0.5	118.34
1	194.42
2	306.08
3	379.45
4	427.65
5	459.32
6	480.13
7	493.81
8	502.79
9	508.69
10	512.57
11	515.12
12	516.80
13	517.90
14	518.62
15	519.09

En la figura 8 se puede observar los pesos estimados que van desde los 100 g a una edad de 0.5 a 500 g a la edad 15.

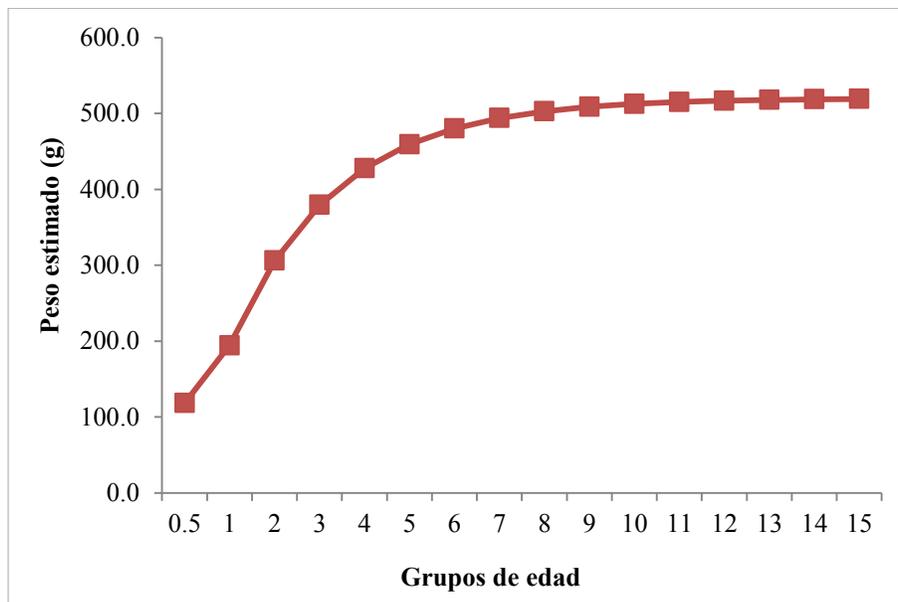


Fig. 8. Curva de crecimiento en peso, estimada con el modelo de Von Bertalanffy, para 824 organismo de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.

En la tabla 4 se presentan los valores máximo, mínimo y promedio de longitud y peso de la muestra total de los datos registrados.

Tabla 4. Promedio, máximos y mínimos de pesos y longitudes registrados en Xcalak, Quintana Roo.

n= 824		Localidad: Xcalak	
Longitud		Peso	
Máximo =	37.0	Máximo =	790.0
Mínimo =	5.0	Mínimo =	1.0
Promedio =	19.8	Promedio =	258.5

Alimentación

Contenido estomacal

El grupo alimenticio dominante en los estómagos de pez león revisados fue el de los peces con un 43 % y el grupo que se encontró en menor cantidad fueron las algas y el coral con un 0.38 % ambos grupos. Cabe mencionar que el 16.54% de estos estómagos se encontraron vacíos, estos resultados se muestran en la gráfica 9.

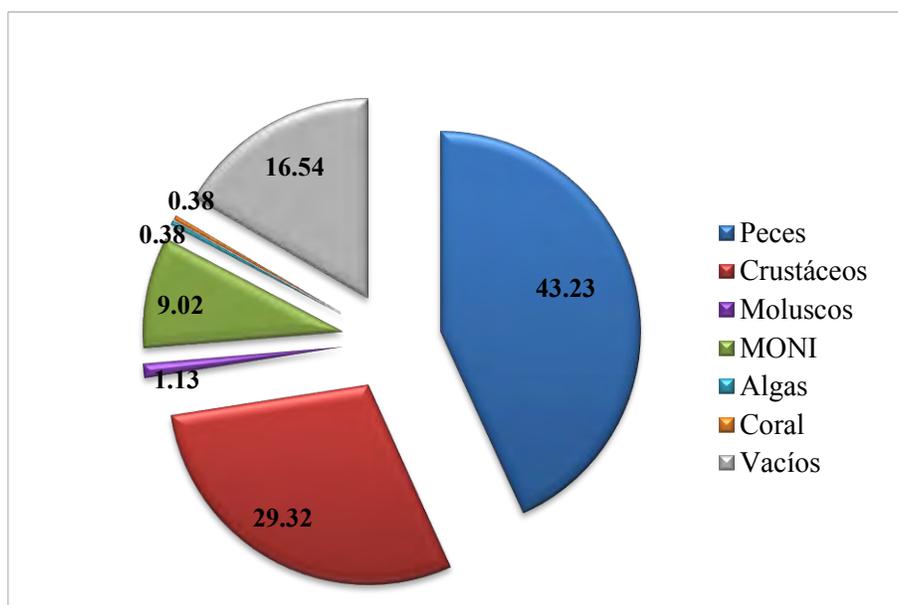


Fig. 9. Porcentaje de preferencia alimentaria, para 203 organismo de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Preferencia alimentaria por longitud

Los resultados que se obtuvieron en el análisis de contenido estomacal, se clasificaron por longitud de organismos colectados, para determinar si tenían alguna preferencia alimentaria, con ello se observó que las preferencias alimentarias no varían por talla; es decir, consumen los mismos grupos de alimentos en prácticamente todos los tamaños presentes en las muestras, los resultados se muestran en la figura 10.

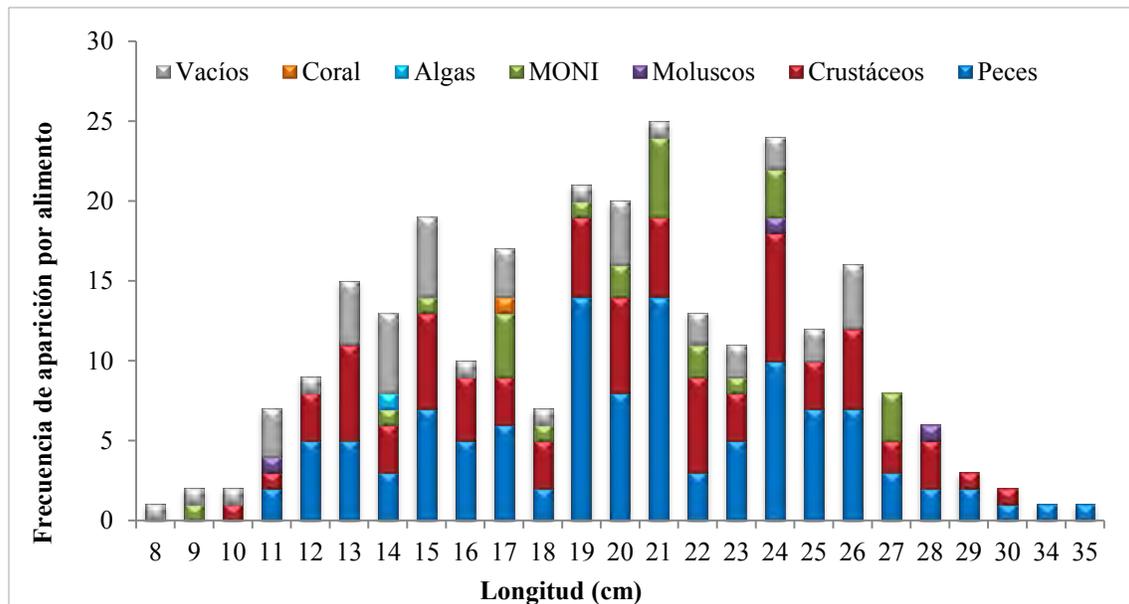


Fig. 10. Preferencia alimentaria por longitud, para 203 organismo de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Preferencia alimentaria por género

Con los resultados anteriores, los organismo colectados se clasificaron por género (hembras – machos), para determinar su preferencia al consumir el alimento, con lo que se observó que no hay preferencias por géneros; de igual manera se puede observar que el rango de tallas de las hembras es más amplio que el de los machos, ya que el de las hembras va de 8 a 34 cm y el de los machos de 10 a 29 cm. los resultados se muestran en las figuras 11 y 12.

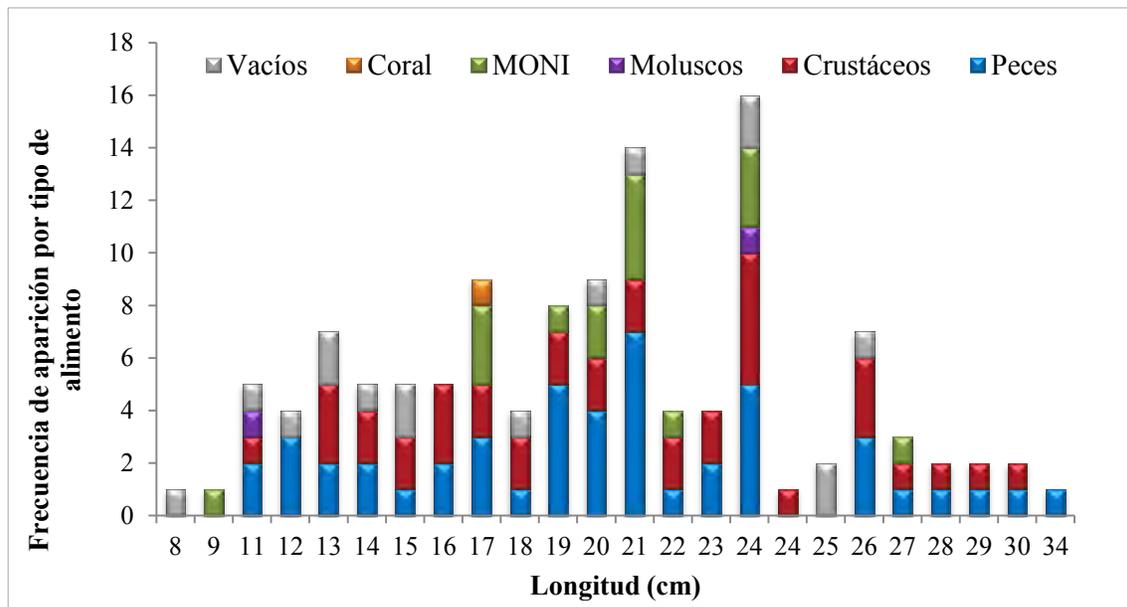


Fig. 11. Preferencia alimentaria por longitud para 87 hembras de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, en Quintana Roo.

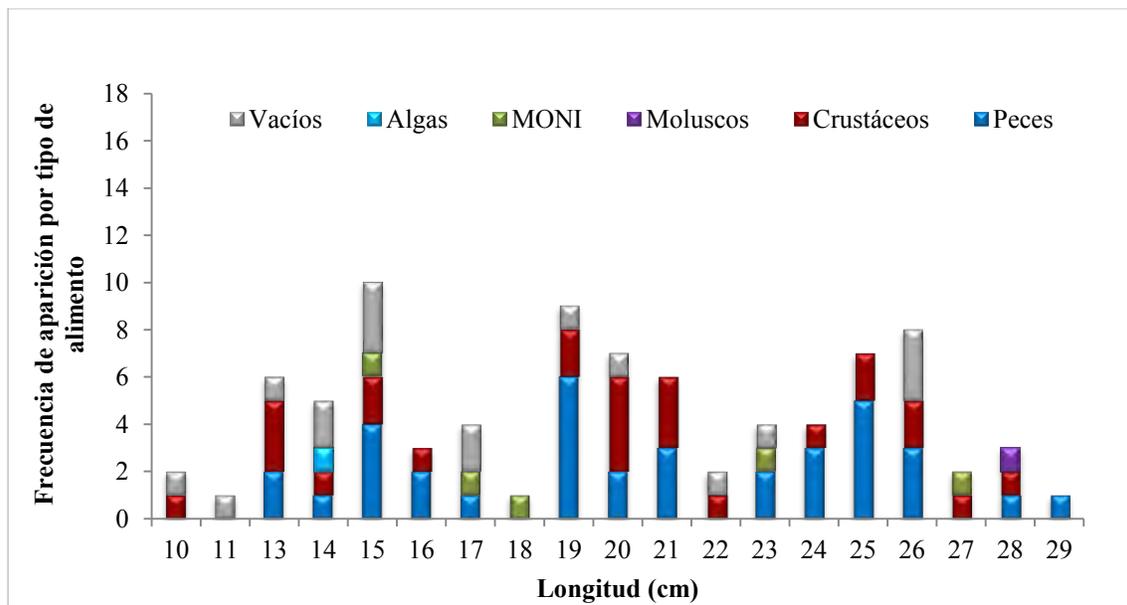


Fig. 12. Preferencia alimentaria por longitud en 75 machos de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Reproducción

Maduración gonadal

Del análisis de los organismos colectados, se obtuvieron las gónadas de cada organismo de los cuales se les determinó los estadios de madurez de los mismos, siendo las gónadas en estadio de madurez las más presentes. Se presentan a continuación fotografías que muestran los diferentes estadios de maduración gonadal que se observaron en las muestras de este estudio. Figura 13 a, b, c y d.

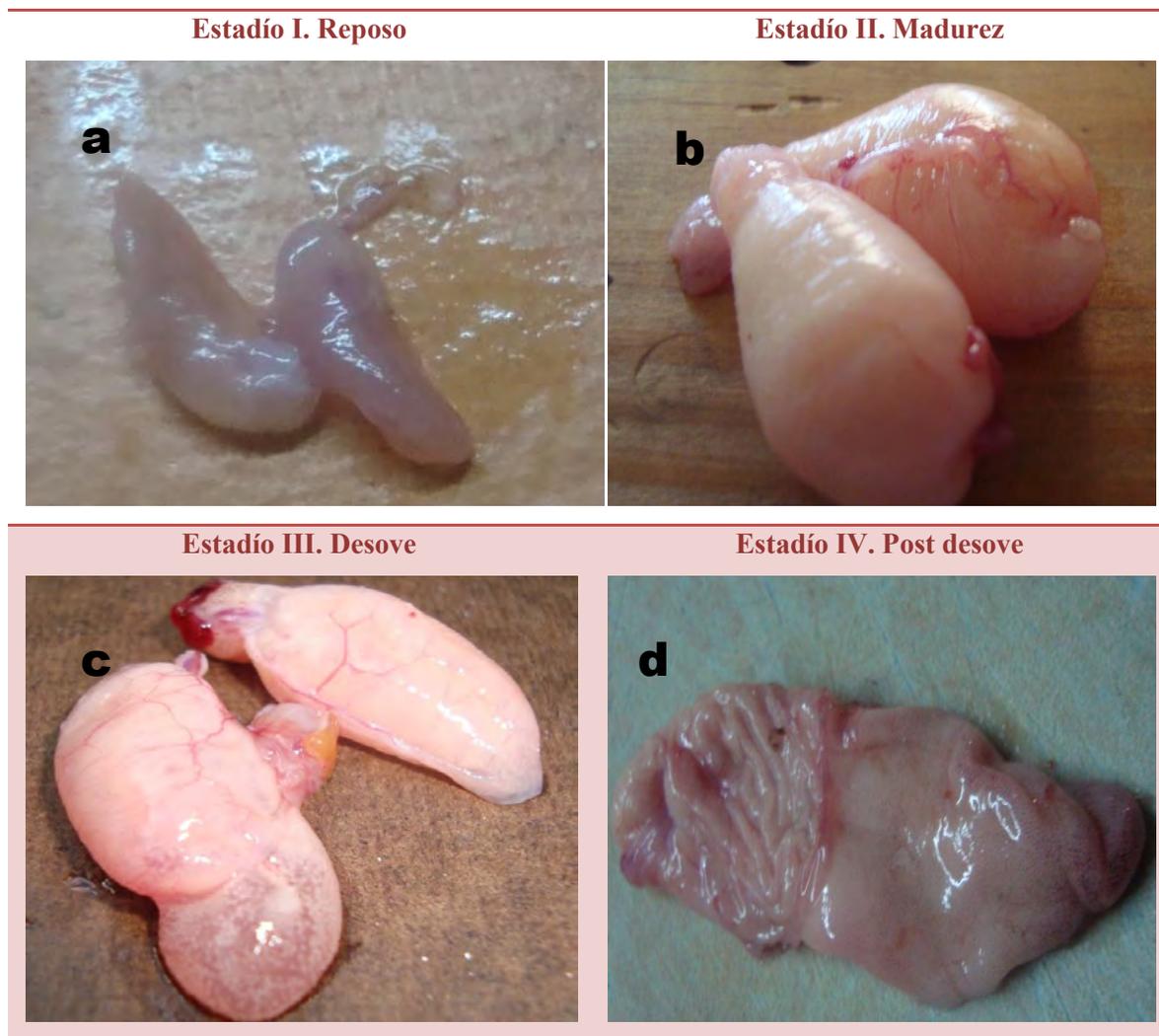


Fig. 13. Imágenes de los diferentes estadios en hembras, encontradas en este estudio. La figura 13a presenta las gónadas en estadio de reposo, la figura 13b presenta las gónadas en estadio de madurez, la figura 13c presenta las gónadas en estadio de desove y la figura 13d presenta las gónadas en estadio de post desove.

A partir de la revisión de las gónadas, se pudo observar que en todos los meses muestreados se encontraron individuos en estadio de II y III (reproducción y desove) como se muestra en la figura 14.

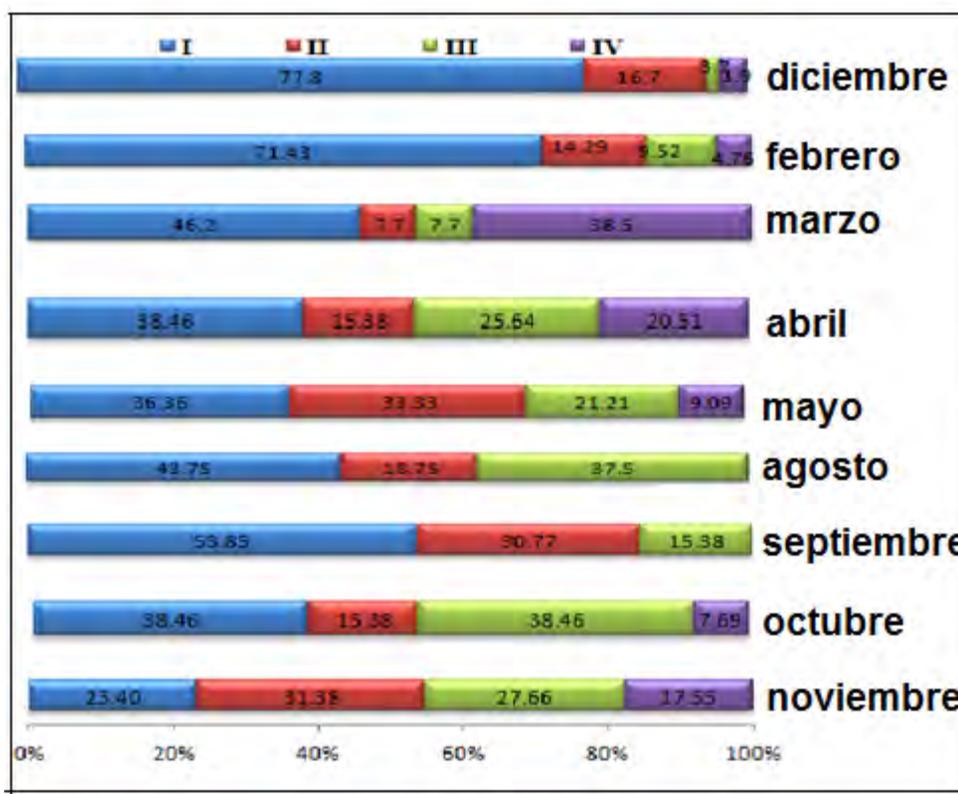


Fig. 14. Porcentaje de presencia de los diferentes estadios de maduración gonadal por meses para 394 organismos de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

De acuerdo a la figura 14, se presentaron individuos en fase de desove en todos los meses de análisis. Esto se acentúa entre abril y agosto, y entre octubre y noviembre, sugiriendo dos posibles picos de reproducción.

Índice gonadosomático

El IGS más alto se encontró en Marzo, con un valor promedio de 4.55 y el más bajo en octubre, como se muestra en la figura 15.

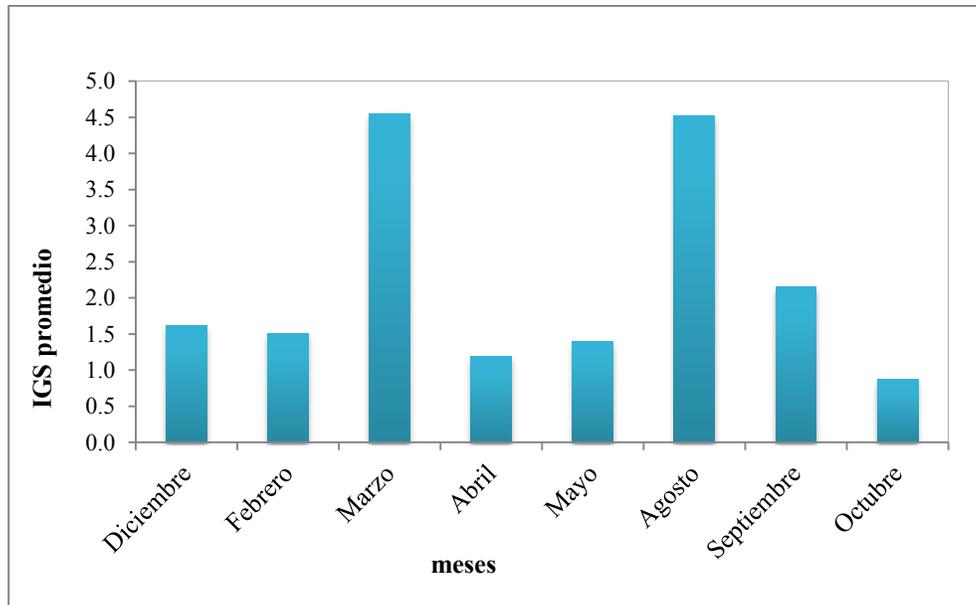


Fig. 15. IGS promedio por mes para 199 organismos de *P. volitans* en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Al estimar el IGS por tallas se encontró que la talla con mayor IGS es de 20 cm con 6.7 y en IGS más bajo se encontró en la talla 29 cm con 0.10; los resultados se muestran en la figura 16.

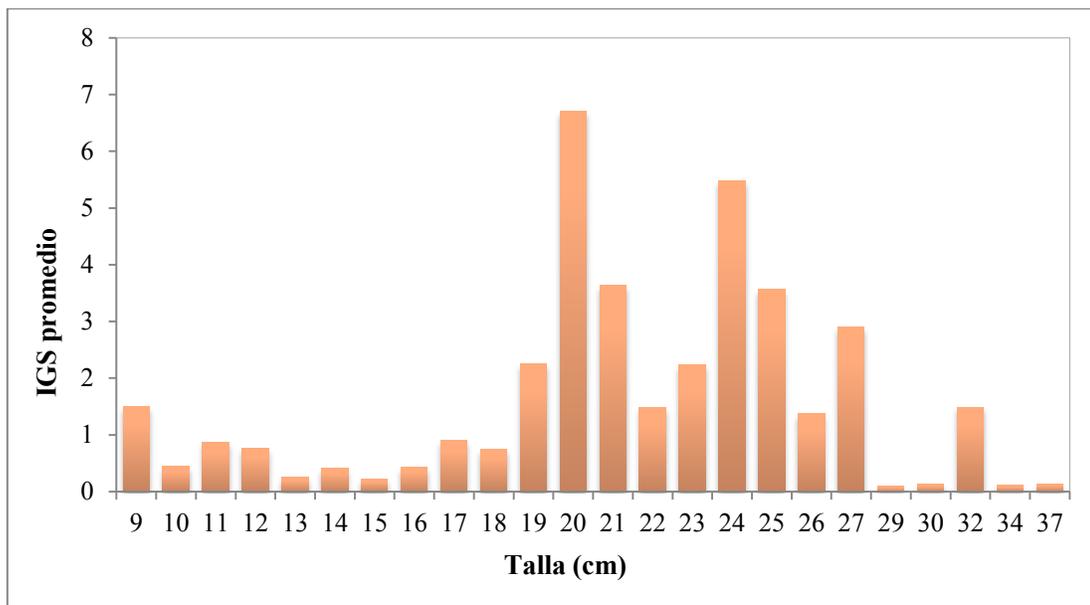


Fig. 16. IGS promedio por talla para 199 organismos de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Como se puede observar en la figura 16 los organismos con mayor índice gonadosomático o más fecundos, se encuentran a partir de los 19 cm y hasta los 27 cm. Posterior a los 27 cm baja el IGS hacia valores de baja fecundidad.

Proporción por sexos

De acuerdo al análisis realizado con los organismos capturados y de acuerdo al conteo simple de los organismos se obtuvo una proporción por sexos de 1:1.8 (139 hembras y 253 machos).

Con estos mismos datos se realizó el análisis de proporción de sexo por tallas, determinando que es a partir de los 14 cm de talla promedio cuando se observa una mayor presencia de machos. Los resultados se presentan en la figura 17.

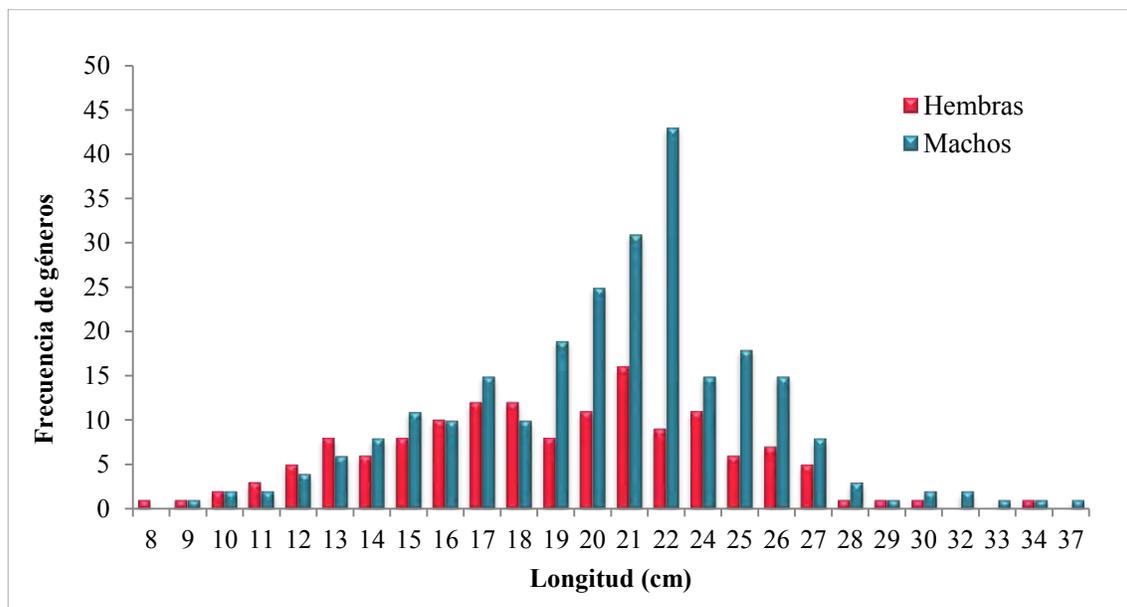


Figura 17. Relación hembras – machos por tallas, para 397 organismos de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

Talla de la primera madurez sexual

De acuerdo al análisis realizado, la talla en la que se observó por primera vez un individuo sexualmente maduro, fue de 15.5 cm de longitud patrón en hembras y 15 cm en machos.

Fecundidad

Con las gónadas maduras que se obtuvieron en el análisis de maduración gonadal, se estimó la fecundidad promedio; la cual fue por arriba de los 10, 000 huevecillos a excepción de las tallas 22 cm y 23 cm que presentan una fecundidad baja con menos de 6,000 huevecillos; los resultados se muestran en la figura 18.

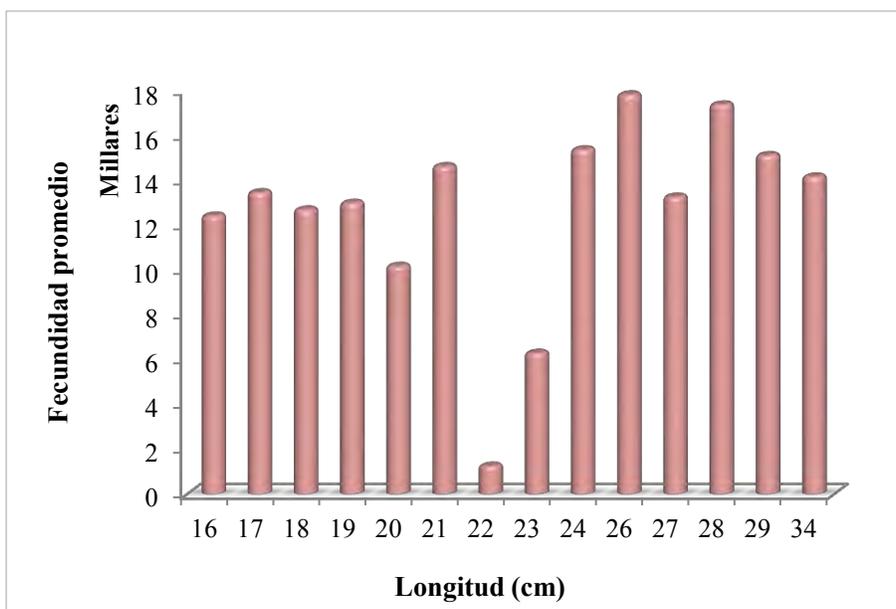


Fig. 18. Fecundidad promedio para 50 organismos de *P. volitans*, expresada en millares, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo.

DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos, se puede definir que el pez león es un depredador activo y generalista, con un gran éxito reproductivo, y con una alta tasa promedio de crecimiento individual, los resultados concuerdan con lo reportado por otros autores, los cuales se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Rangos de longitudes reportados por otros autores para otras zonas del Caribe y los encontrados en la presente investigación en ANP de Xcalak, México.

No.	Autor	Lugar y país de estudio	Rango de longitudes (cm)
1	Acuario Nacional Cuba, 2008	Cayo Mono-Cayo Guillermo (Cuba)	5.0 - 29.0
2	Albins & Hixon, 2008	Exuma Sound, Bahamas	11.8 - 28.5
3	Morris, 2009	Archipiélago de las Bahamas	6.2 - 42.4
4	Lasso-Alcalá y Posada, 2010	Venezuela	12.7 - 21.5
5	Potts, 2010	Carolina del Norte	9.0 - 46.4
6	Cure, 2012	Islas Cayman y las Bahamas	5.0 - 35.0
7	Frazer, 2012	Islas Cayman	6.5 - 39.5
8	Muñoz-Escobar, 2012	Colombia	6.4 - 26.5
9	Arredondo-Chávez, 2013	Quintana Roo, México	7.2 - 28.4
10	Côté, 2013	New Providence, Bahamas	12.2 - 37.2
11	Sabido, 2013	Xcalak, Quintana Roo	2.5 - 35.5
12	Presente trabajo	Xcalak, Quintana Roo	5.0 - 37.0

Referente a la tabla anterior, a pesar de que los intervalos son similares, se observan diferencias tanto en las tallas menores como en las tallas máximas (por ejemplo los rangos de los autores 2, 4 y 10); esto puede deberse a varias causas, la más obvia es que se trate de poblaciones diferentes, pero también a que la mayoría de los sitios de muestreo se ubican en diferentes latitudes, lo que ocasiona consigo que la temperatura promedio del agua sea diferente provocando cambios fisiológicos en los organismos. Otra razón importante que explique esas diferencias puede ser el tipo de muestreo que se realizó en cada estudio, por lo que es necesario recordar que en este caso no se diseñó un muestreo para la colecta de los individuos, pues se analizaron los que se capturaron gracias a las acciones de muestreo del personal del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak y debido a que la política de control para esta especie invasora era su erradicación total, fue posible obtener individuos tan

pequeños como de 5 cm, situación que probablemente no se podría haber presentado en caso de haber hecho un diseño de muestreo sobre capturas comerciales.

El crecimiento estimado en este estudio es similar al reportado por otros autores; por ejemplo, Barbour et al. (2011) obtuvieron una tasa de crecimiento $K = 0.47$, mientras que Sabido (2013) encontró una tasa $K = 0.33$. En la tabla 6 se muestran los parámetros de crecimiento que han encontrado otros autores para fines comparativos.

Tabla 6. Valores de los parámetros de crecimiento reportados por otros autores y por el presente trabajo.

No.	Autor	Lugar de estudio	Tasa de crecimiento		
1	Barbour <i>et al.</i> , 2011	Bahamas	$K=0.47$	$L\alpha= 42.52$	$t_0 = - 0.5$
2	Sabido, 2013	Xcalak, Quintana Roo	$K= 0.33$	$L\alpha= 3$	$t_0 = - 0.5$
3	Presente trabajo	Xcalak, Quintana Roo	$K=0.42$	$L\alpha= 39.8$	$t_0 = - 0.1$

Con base en los resultados obtenidos, y al compararlo con lo reportado por otros autores se determina que esta especie tiene un crecimiento rápido en los primeros años de vida, típico de especies tropicales, como lo afirman Sparre y Venema (1997), ya que las tallas calculadas para el primer grupo de edad se encuentran por arriba de los 15 cm. Esto se observa en la figura 19, en la que se muestran las curvas calculadas con los datos de la tabla 6. Al parecer no existe una fase de crecimiento lento en los primeros grupos de edad de esta especie, ya que las curvas inician directamente con una fase de crecimiento acelerado.

Como se puede observar en la figura 19, las tres curvas muestran el mismo patrón de crecimiento, ya que en los primeros grupos de edad se observa un crecimiento acelerado y un crecimiento lento a partir del grupo de edad 6.

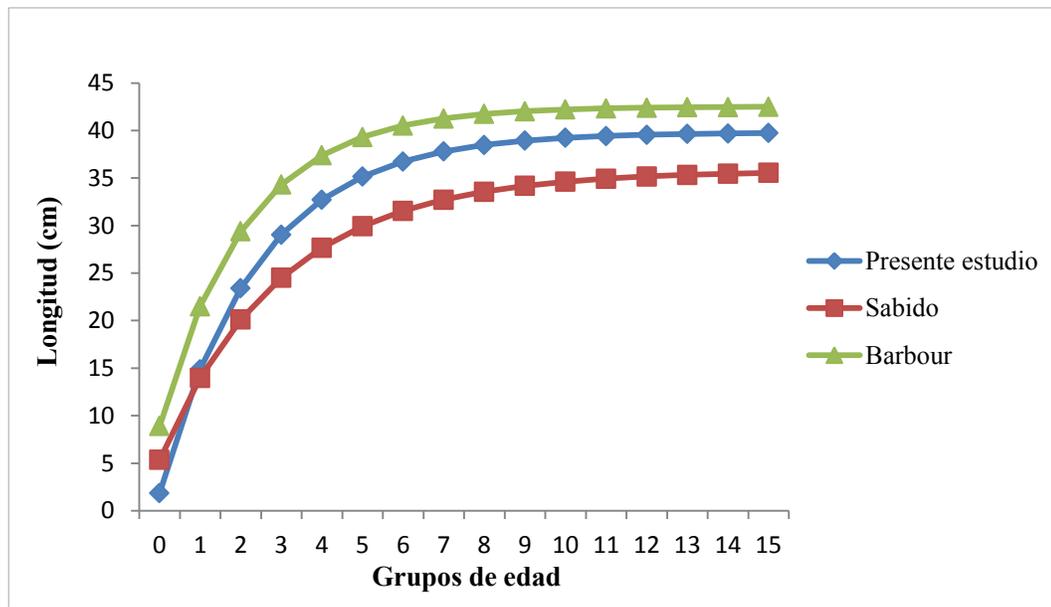


Fig. 19. Comparación de grupos de edad obtenidos con el modelo Von Bertalanffy para organismos de *P. volitans*, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.

Con respecto a la relación peso-longitud Barbour et al. (2011), Darling et al. (2011) y Sabido (2013), reportan para esta especie un crecimiento alométrico, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. La alometría significa un crecimiento acelerado en la longitud, pero llega a una etapa en el ciclo de vida de una especie en la que deja de crecer en talla; sin embargo, el aumento en peso continúa. Este hecho puede variar entre las especies y relacionarse con el tamaño de la muestra, la época del año, la alimentación, la madurez sexual, con el rápido crecimiento de las primeras etapas de vida y con algunos factores ambientales (Morales y González, 2010).

Referente a la alimentación de esta especie, se tienen varios reportes en diferentes áreas invadidas, en los que se indica que esta especie es generalista ya que consume peces, crustáceos y moluscos, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Cabe mencionar que hay autores que indican que esto se puede deber a que es un organismo oportunista, asumiendo que los grupos que está capturando con las especies que se encuentran mejor representadas en la zona de estudio, aprovechando su alta disponibilidad y obteniendo mayores beneficios con un mínimo de esfuerzo (Krebs y Davies, 1984; Shettleworth, 1984, 1998).

En la tabla 7 se muestra los resultados obtenidos por otros autores en diferentes áreas de estudio y con la presente investigación.

Tabla 7. Preferencias alimentarias reportadas por otros autores y por el presente trabajo.

No.	Autor	Lugar de estudio	Presas
1	Morris, 2009	Archipiélago de las Bahamas	Peces y crustáceos
2	Green et al. 2011	Archipiélago de la Bahamas	Peces
3	Muñoz et, al. 2011	Suroeste de E. U.	Peces
4	Cure et, al. 2012	Pacífico y Bahamas	Peces y crustáceos
5	Muñoz – Escobar, 2012	Colombia	Peces y crustáceos
6	Layman et, al. 2012	Bahamas	Peces y crustáceos
7	Valdez-Moreno, 2012	Caribe mexicano	Peces y crustáceos
8	Côté et, al. 2013	Bahamas	Peces
9	Arredondo-Chávez, 2012	Xpu- Ha, Quintana Roo	Peces, crustáceos y moluscos
10	Este trabajo	Xcalak, Quintana Roo	Peces, crustáceos y moluscos

El alto valor de la tasa de crecimiento calculada ($K=0.42$) concuerda con los antecedentes reportados por otros autores de ser un depredador voraz. Por otra parte, es posible explicar su conducta depredadora en términos de la teoría del forrajeo o aprovisionamiento óptimo (Begon *et al.*, 1996). Se ha documentado que los organismos de esta especie, con frecuencia solitarios, se esconden en lugares no expuestos durante el día, en ocasiones con la cabeza hacia abajo y prácticamente inmóviles. En esa posición, esperan y capturan peces pequeños, camarones y cangrejos durante la noche, arrinconándolos usando sus amplias aletas pectorales, y golpeándolas para entonces tragarlas de un solo bocado (Myers, 1991).

De acuerdo a la teoría mencionada, para comprender qué determina la composición de la dieta de los depredadores, es necesario conocer la relación entre el gasto energético de buscar y consumir una presa, contra el beneficio obtenido de consumirla. Si se considera que cada alimento se caracteriza por un beneficio que le brinda al consumidor, frecuentemente medido como valor energético. Pero obtener ese alimento también representa un costo en términos de energía (con un obvio consumo de tiempo). Este costo puede dividirse en dos componentes: de búsqueda y de manipulación. La teoría establece que una presa va a ser incluida en la dieta si el beneficio neto que le brinda consumir esa

presa (dado que ya la encontró) es mayor que lo que le aportaría el conjunto de presas en promedio ya que se tiene que considerar el costo de seguir buscando. Esta teoría supone que los animales actúan como si conocieran por completo la oferta de alimento y que maximizan la energía neta entrante.

Entonces, en un espacio en el que se consumen los recursos alimenticios en la misma proporción que la oferta ambiental, aunque esos recursos sean escasos o muy variables en tiempo y espacio, será favorecido el generalísimo (o polifagia) y el oportunismo, ya que al no existir preferencias por un determinado grupo de presas, se evita perder tiempo rechazando ítems alimentarios. La disponibilidad de diferentes presas permite que el costo energético que gasta el pez león se centre en la manipulación de las presas, más que en la búsqueda de las mismas. La forma no hidrodinámica de su cuerpo, con aletas enormes, no le facilitaría nadar fácilmente detrás de otras especies. El generalísimo es ventajoso porque al consumir distintos tipos de presa, se evita la acumulación de toxinas y se balancea la dieta en cuanto a la ingesta de nutrientes particulares necesarios para los diferentes procesos metabólicos. Esta descripción pretende explicar en parte por qué esta especie ha sido tan exitosa en colonizar nuevos ecosistemas.

Referente a su reproducción y como resultado de los 8 meses de observación, se encontraron gónadas potencialmente reproductivas en todo ese lapso, constatando con esto lo reportado por Morris et al. (2009) y Bouchon (2010), quienes señalan que el periodo de reproducción de la especie abarca todas las estaciones del año.

En la sección de resultados se observa lo que puede representar picos de reproducción en los meses de marzo-agosto y octubre-noviembre, debido que en estos meses se registraron los porcentajes más altos de gónadas en estadio de desove y post desove. Una posible explicación es que el ritmo fisiológico interno de la maduración gonadal está determinado por una serie de regulaciones hormonales, esto asegura la aparición de actividades sexuales cuando las condiciones ambientales sean más favorables para la supervivencia de las larvas (Lagler *et al.*, 1984). Esto se logra cuando periódicamente están disponibles grandes cantidades de material nutritivo para formar la mayor parte de reservas de óvulos (Bagenal y Braum, 1978).

Tal como menciona Morris (2013), los machos capturados para este estudio presentan mayor tamaño que las hembras, esto se puede corroborar en la figura 17, en donde se observa mayor número de machos en las tallas más grandes, además de que el organismo más grande es un macho con 37 cm.

El índice gonadosomático es un buen indicador en biología pesquera, ya que revela los cambios de tamaño, peso o volumen que experimentan en promedio las gónadas de los individuos de una población, mostrando así la intensificación del desarrollo gonadal, de igual manera que lo hacen los resultados de la evolución de los estadios de maduración sexual. Los valores altos encontrados del IGS concuerdan con los altos porcentajes de gónadas en estadio de desove que se encontraron en marzo y agosto, confirmando que el índice gonadosomático se relaciona al estado de maduración del ovario, ya que es un índice preciso del crecimiento oocitario, que se basa en el incremento de la maduración sexual, traducida como un crecimiento de oocitos en vitelogénesis (Lino-Pimentel, 2002).

La proporción por sexos encontrada en este estudio es similar a la reportada por Bouchon (2010), que reporta una proporción de (1:1) y por Sabido-Itzá (2013) que reporta (1:1.26). Estas variaciones se pueden deber a las diferencias propias de cada muestreo y a que cada población tiene características que las distingue de las demás. Un punto importante que se debe resaltar, son los resultados obtenidos en la figura 17, la relación hembras – machos por tallas, ya que se puede observar que hay mayor cantidad de machos, esto se puede deber a que posiblemente así esté estructurada la población ya que al ser una especie con altos índices de fecundidad, no es necesario que existan muchas hembras, pero si debe haber más machos para que puedan fecundar las grandes masas ovígeras.

Las estimaciones de fecundidad que se realizaron con las gónadas maduras, se encuentran dentro del intervalo reportado por Morris (2010) y Bouchon (2010), que van de los 2,000 a los 30,000 huevecillos. Cabe mencionar que se encontró muy poca bibliografía sobre el tema y en la zona de estudio no se ha realizado este tipo de análisis, pero se tiene categorizado a esta especie dentro de las especies con altos niveles de fecundidad. En la mayoría de los peces la fecundidad está positivamente correlacionada con el tamaño y peso del cuerpo (Duarte y Alcaraz, 1989 y Winemiller y Rose, 1992) siendo mayor el número de huevos producidos por una hembra que presenta un mayor peso y tamaño.

Respecto a la talla de madurez sexual, se encontraron diferencias con respecto al sexo, ya que los machos maduran 5 cm más grandes que lo reportado por otros autores, mientras que las hembras maduran dos centímetros más pequeñas. Pero la talla de madurez sexual no es una característica estable y puede variar con el paso del tiempo y dependiendo del hábitat en el que se desarrolle el individuo; muchos autores explican que la talla de madurez sexual depende de condiciones ambientales del medio donde habitan los peces, como condiciones desfavorables (variación en el nivel del agua, o sobreexplotación) que conducen a la disminución de tallas. Generalmente en la obtención de la talla de madurez sexual influyen factores como la disponibilidad de alimento, la estructura demográfica y la depredación por clase de talla (Duponchelle, 1997 y Duponchelle *et al.*, 2000).

Tabla 8. Longitud de la primera madurez sexual reportada por otros autores y por la presente investigación para la zona de estudio.

No.	Autor	Lugar de estudio	Longitud primera madurez sexual (cm)
1	Morris (2009)	Archipiélago de las Bahamas	10.2 machos - 17.8 hembras
2	Bouchon (2010)	Antillas	9.0 machos - 18.0 hembras
3	Barbour et, al. (2011)	Carolina del Norte	10.0 machos - 17.5 hembras
4	Presente trabajo	Xcalak, Quintana Roo	15.0 machos - 15.5 hembras

Como menciona Morris (2013), una característica sobresaliente del pez león y que está afectando gravemente los intereses tanto ecológicos como económicos, es la amplitud de su régimen alimentario, factor que le puede proporcionar la capacidad de afectar la estructura y funcionamiento de numerosas poblaciones marinas. De igual manera puede provocar efectos en cascada, ya que al trastornar la trama alimentaria podría desencadenar repercusiones imprevistas. Por ejemplo, al alimentarse de peces herbívoros podría reducir la función de control que estos realizan con las algas, un proceso de reconocida importancia para el buen estado de los arrecifes coralinos. Asimismo, el pez león podría competir por los recursos, en particular el alimento y el espacio, con a otras especies de importancia económica

Ante la gran capacidad que tiene la especie bajo estudio para invadir y adaptarse a nuevos ecosistemas, es necesario proponer medidas de control que permitan eliminar o la menos reducir sus impactos negativos sobre el sistema ambiental y sobre el sistema económico. En este orden de ideas, se presentan a continuación dos propuestas de manejo, la primera que ya está ocurriendo con base en la situación actual de invasión del pez león, y la segunda con base en la situación hipotética de que no sea posible erradicar esa especie y que finalmente se adapte tan bien al ecosistema arrecifal de las costas del estado y que se convierta en un elemento estructural del mismo.

Propuesta de manejo 1. Erradicación del pez león.

El primer reporte de avistamiento del pez león en el estado fue en julio de 2009; desde entonces se iniciaron esfuerzos para tratar de erradicarlo. Desde ese momento se realizaron campañas para informar a los pescadores sobre qué hacer en caso de encontrarse con la especie. En primera instancia se difundieron posters y anuncios con el lema “Si lo ves, repórtalo”; después se pidió a los pescadores que capturaran todos los especímenes de cualquier talla para ayudar a su erradicación.

Al paso del tiempo se observó que la población de esta especie no disminuía, por lo que se aplicaron otras medidas. Por ejemplo, en el área de estudio la iniciativa de realizar torneos de pesca deportiva, llevándose a cabo el primero en noviembre de 2010, cuando se obtuvieron alrededor de 750 organismos. En los torneos se puede participar en las categorías de buceo autónomo o de snorkel y se realizan anualmente para incentivar a las personas a participar en este esfuerzo de erradicación del pez león. También se implementó un proyecto denominado PET MARINO, en el cual se daba empleo a los pescadores de la comunidad para que capturaran esta especie y para que mantuvieran limpias las playas. Se promovió el consumo de esta especie, ya que su carne tiene un color muy atractivo y es de buen sabor, además que se puede preparar en varias presentaciones, por lo que se comenzó a vender en restaurantes como un platillo exótico; en lugares como Cozumel, se elaboró un recetario exclusivamente para preparar esta especie, motivando a los pescadores a solicitar

un permiso de pesca y comercialización para esta especie, con lo que se benefició el sector pesquero al contar con una nueva fuente de ingresos.

Como ya se mencionó, esta especie está causando daños económicos y ecológicos al ecosistema, afectando a los tres sectores que determinan el desarrollo de una comunidad: económico, ecológico y social. Esto hace que tanto las autoridades a nivel nacional como estatal promuevan campañas para la erradicación de esta especie, ya que se ha destinado financiamiento para ejecutar proyectos, en donde se da empleo a los pescadores y habitantes de las comunidades cercanas al área invadida, para que apoyen en la captura y erradicación de la especie. Sin embargo, en conversaciones informales algunos investigadores de instituciones locales opinan que esta especie se ha adaptado muy bien a las aguas del Caribe mexicano, provocando que sea muy difícil erradicarla.

Propuesta de manejo 2. Creación de una pesquería del pez león.

Con base en los resultados obtenidos con la iniciativa de erradicación, control y manejo del pez león, en un escenario hipotético de que su erradicación no sea factible, una alternativa de control es el aprovechar la especie con fines comerciales y mediante un programa de manejo que contemple la información de estudios previos, como el que aquí se presenta. Esto apoyaría a los pescadores ofreciéndoles una nueva alternativa de ingresos y permitiría cierta recuperación que a causa de esto está sufriendo el ecosistema. Se esperaba que mediante el manejo la población del pez león disminuya, lo cual reduciría la presión de depredación que ejerce sobre otras especies.

Con las épocas de reproducción, la talla de la primera madurez sexual y los índices de fecundidad que se obtuvieron en este estudio, se pueden establecer las bases para crear una pesquería que suministre insumos a un mercado de esta especie. Igualmente, hay que tener en cuenta que para establecer una pesquería se tiene que determinar el tamaño poblacional para estimar el nivel de explotación adecuado para sostener esta pesquería formalmente. De esta manera se facilitará mantener estable a la población y conservarla para seguir con su extracción, comercialización y consumo. Como menciona Morris (2013) la investigación es una indagación en la que se aplica el método científico para generar

nueva información acerca de un tema o para elaborar enfoques novedosos a fin de solucionar los problemas. Los resultados de la investigación pueden servir de fundamento a la gestión de los recursos de dos maneras: aportar la mejor información posible sobre la que se puedan basar las decisiones, y al descubrir nuevas formas de enfocar los problemas persistentes.

Es por eso que con base en los resultados expuestos anteriormente, y a las condiciones locales de las comunidades costeras del sur del estado de Quintana Roo, las medidas de manejo del pez león que se proponen en este estudio son las siguientes:

1.- Erradicar la especie. Apoyar a la iniciativa de la CONANP que tiene como objetivo principal erradicar a esta especie, ya que al ser una especie invasora está causando muchos daños al ecosistema, por lo que se considera que es necesario hacer todo lo posible para acabar con la especie.

2.- Fomentar su consumo. En caso de que no se llegue a lograr la erradicación y que investigaciones muestren que la especie ya se ha adaptado al ecosistema y viceversa, se puede fomentar el consumo como prerrequisito para la creación de un mercado. Es importante mostrarle a la sociedad en general, a través de un programa de difusión ambiental que esta especie se puede consumir sin importar que sea una especie venenosa, ya que el veneno sólo se encuentra en las espinas, las cuales se eliminan al momento que se les quita la piel y se extrae el filete, además de que tiene un sabor peculiar y que se puede preparar en diferentes presentaciones.

3.- Crear un mercado. Buscar otras alternativas de aprovechamiento como es el de fomentar el mercado y desarrollo de una pesquería, para el cual se pueden aprovechar los resultados obtenidos en este estudio, como son los picos de reproducción identificados, las tallas de primera madurez sexual, los índices de fecundidad, entre otros, para mantener la población y seguirla explotando.

4.- Ampliar las alternativas de uso. Promocionar más el uso de las aletas de los peces de esta especie para la elaboración de artesanías tales como aretes, collares, llaveros, entre otros productos, y de esta manera crear también una alternativa de ingresos para las mujeres de las comunidades costeras.

5.- Realizar estudios alternos. En especial sobre las características y propiedades de la toxina del veneno para saber si se puede emplear en el área médica.

6.- Implementar un programa de educación ambiental para difundir la importancia de mantener la estructura y funciones de los ecosistemas en general, y de los arrecifes en particular, de tal manera que se entiendan las medidas de manejo y se amplíe la participación de más personas en las medidas, tanto de esta especie como de otras que se deseen controlar.

Al implementar estas propuestas de manejo se podría lograr los siguientes beneficios económicos y ecológicos:

Beneficios económicos

Al crear o ampliar la pesquería, aumenta la generación de empleos para los pescadores, para los intermediarios, para los comerciantes, restauranteros y artesanas, además de que al disminuir la depredación sobre los demás recursos pesqueros de importancia económica, se permite que sus poblaciones puedan sostener las pesquerías tradicionales. Al mismo tiempo se contribuye a la seguridad alimentaria de los asentamientos humanos de la zona costera del estado.

Beneficios ecológicos

Al consumir al pez león y disminuir su población, ayuda al ecosistema a resistir después de los impactos que está causando la especie, ya que depreda especies herbívoras que se encargan de mantener las poblaciones de corales libres de algas, y a otras que se encargan de limpiar el fondo marino, entre otros servicios ecológicos.

Es por eso que son necesarios realizar este tipo de estudios, para investigar las características que tiene la especie invasora, cómo se desarrolla, cómo está reaccionando el ecosistema ante esta invasión y cómo lo afecta, y así estar en condiciones de tomar mejores decisiones sobre el manejo de la especie.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan a continuación no son concluyentes, se conciben como un aporte para el conocimiento de la biología y ecología de la especie, y como apoyo empírico para la adopción de medidas de manejo de la especie en la zona de estudio, y que sería benéfico reforzarlas con los resultados de otros estudios similares.

- El crecimiento de la especie es alométrico, el intervalo de longitudes registrado va de 5 a 37 cm. La máxima longitud teórica calculada es de 39 cm
- No se observó preferencia alimentaria por tallas ni por género, con respecto al consumo de los diferentes grupos funcionales descritos, lo que confirma que esta especie es un depredador activo generalista.
- En todos los meses de muestreo se encontraron gónadas maduras, lo que indica que existe una alta probabilidad de que el pez león se reproduzca de manera continua aunque se observaron dos posibles picos de reproducción a medio y fin de año.
- Los promedios de fecundidad calculados confirman que *P. volitans* es una especie con un alto índice de producción de huevos.
- Se observó que la talla de la primera madurez sexual es de 15 cm, tanto para machos como para hembras.
- Es necesario realizar más estudios similares al presente para ampliar el conocer la biología y ecología de una especie determinada y de esta manera dar mejores recomendaciones de manejo.
- Es recomendable completar un ciclo de 12 meses para conocer su ciclo reproductivo y proponer así medidas de manejo más robustas.
- Se debe proponer un programa de control internacional, así como leyes más estrictas para evitar que se presenten futuras invasiones.

- Una medida de control una vez dada la invasión, es buscar alternativas de manejo de la nueva especie, como son su consumo, comercialización y aprovechamiento.
- Este trabajo concuerda con los resultados obtenidos por otros autores, lo que permite asumir que la metodología empleada y el proceso de investigación fueron adecuados.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Perera, A. y Tuz-Sulub, A. (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. **REABIC**. *Volume 5, Issue 2*.

Alva, B. J. C. (2007). Distribución y abundancia de las especies de peces típicas en el sistema arrecifal de Akumal, Caribe Mexicano: relación Peces-Hábitat. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Pp. 1-2.

Albins, M.A. y Hixon, M.A. (2008) Invasive Indo-Pacific lionfish (*Pterois volitans*) reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. **Mar. Ecol. Prog. Ser** 367:233–238.

Alvarado, M. E., M. Abello., E. McRae., J. Baquero., y D. McAllister. (2004). Manual de cuidados para los arrecifes de coral del Gran Caribe. Bogotá, Colombia. 198 p.

Arredondo, A.T. (2012) Hábitos alimentarios de la especie introducida *Pterois volitans* (Scorpaeniformes) en la región de Xpu-Ha”, Caribe Mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 69 p.

Bagenal, T. B. y E. Braum. (1978). Eggs and Early Life History. In: Bagenal T.B. (Eds). *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Blackwell Oxford. 165p.

Barbour, A. B., M. S. Allen, T. K. Frazer, K. D. Sherman. (2011). Evaluating the potential efficacy of invasive lionfish (*Pterois volitans*) removals. *PLoS ONE*. 6(5): e19666.

Begon, M, J. L. Harper, y C.R. Townsend. (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. OMEGA S.A. 886 p.

Bertalanffy, L. V. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II) *Human Biol.* 10: 181-213.

Billard, R. y B. Breton. (1981). El ciclo reproductivo de los peces teleósteos. *Cahiers Laboratoire de Montereau*. 12: 43-56.

Bouchon, C., et Bouchon-Navarro. (2010). Invasión del mar Caribe *Pterois volitans* y *P. miles*. Universidad de las Antillas y Guyana. 25 p.

Claramunt, G., G. Herrera, M. Donoso y E. Acuña. (2009). Período de desove y fecundidad del pez espada (*Xiphias gladius*) capturado en el Pacífico suroriental. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(1): 29-41.

Chávez O. E. (2006). Distribución e inventario de algunas especies bentónicas (hexacorales, octocorales, esponjas, y especies misceláneas) en arrecifes del Caribe mexicano. Instituto Politécnico Nacional. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS018 México D. F. 56 p.

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.

Corporación Colombia Internacional. (2011). Causas, distribución y efectos del pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe Colombiano. Sistema de Información de Precios y Mercados para la Producción Acuícola y Pesquera, pp. 27.

Csirke, B. J. (1980). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Instituto del Mar de Perú. FAO. Documento técnico de pesca (192): 82 p.

Cubillos, L. (2005). Biología y evolución de stock. Laboratorio Evolución de Poblaciones Marinas y Análisis de Pesquerías, Departamento de Oceanografía, UDEC, Concepción, Chile. 198 pp.

Darling, E., S. J. Green, J. K. O'Leary y I. Cote. (2011). Indo-Pacific lionfish are larger and more abundant on invade reefs: a comparison of Kenya and Bahamian lionfish populations. Biological Invasions. 13: 2045-2051.

Díaz-Ruiz, S. y A. Aguirre-León, (1993). Diversidad y conjuntos ictiofaunísticos del sistema arrecifal de Cozumel, Caribe Mexicano. **In:** Salazar-Vallejo, S. y N. González (Eds.) *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CIQRO, México: 817-832.

Duarte, C.M. y M. Alcaraz. (1989). To produce many small or few large eggs: a size independent tactic of fish. *Oecologia* 80: 401-404.

Duponchelle, F. (1997). La reproducción de tilapia (*Pisces, Cichlidae*) *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en los embalses artificiales Côte d'Ivoire: un análisis comparativo de los métodos de reproducción y aproximación experimental a su determinismo. Tesis doctoral. Universidad de Bretaña Occidental. 135p.

Duponchelle, F. y M. Legendre. (1998). Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 49: 343-465.

Duponchelle, F., P. Cecchi, D. Corbin, J. Nunez, y M. Legendre. (1999). Spawning season variations of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 56: 377-389.

Fishelson, L. (1975). Ethology and reproduction of pteroid fishes found in the Gulf of Aqaba (Red Sea), especially *Dendrochirus brachypterus* (Cuvier), (Pteroidae, Teleostei). *Pubblicazioni della 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.

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.

Frazer, T. K., C. A. Jacoby, M. A. Edwards, S. C. Barry y C. M. Manfrino. (2012). Coping with the lionfish invasion: Can targeted removals yield beneficial effects?. *Reviews in Fisheries Science*. 20 (4): 185-191.

Graham, J.H. y R.C. Vrijenhoek. (1988). Detrended correspondence analysis of dietary data. *Transactions of the American Fisheries Society*. 117:29-36.

Granado, C. (1996). *Ecología de Peces*. Ed. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. 352p.

Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 411-429.

Jones, A. O. y R. Endean (1977). *Biology and Geology of Coral Reefs*. Vol. IV. Geology 2. Academic Press. 377 p.

Jordán, E. y E. Martín, (1987). Chinchorro: morphology and composition of a Caribbean atoll. *Atoll Res. Bull.* (310):1-25.

Krebs, J.R., N.B. Davies. (1984). *Behavioural ecology: An evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 2da edición. 492 p.

Lasso-Alcalá O., J. Posada. (2010). Presence of the invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), on the coast of Venezuela, southeastern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*. *Aquatic Invasions* (2010) Volume 5, Supplement 1: S53-S59.

Lagler, K., P. Bardach y R. Miller. (1984). *Ictiology*. AGT. 1ª ed. México D.F. 219 p.

Layman, C. A. y J. E. Allgeiner. (2012). Characterizing trophic ecology of generalist consumers: a case study of the invasive lionfish in the Bahamas. *Marine Ecology Progress Series*. 448: 131-141.

Leavastu, T., (1971). *Manual de Métodos de Biología Pesquera*. Zaragoza, España: Ed. Acribia, por FAO, 243 p.

Myers, R.F. (1991). Micronesian reef fishes. Second Ed. Coral Graphics, Barrigada, Guam. 298 p.

McCleery, C. (2011). A comparative study of the feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Caribbean. *Physis Journal of Marine Sciences*. Vol. 9: 38-43.

McField, M. y P. Richards K. (2007). Arrecifes saludables para gente saludable: Guía de indicadores de salud de los arrecifes y bienestar social en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano. 208 p.

Molina U. H. (2009). El pez león del Indo-Pacífico: nueva especie invasora en Costa Rica. *Biocenosis* Vol. 22 (1-2): 21-30.

Morales, M. y L. W. González. (2010). Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulidae) en el suroeste de la isla Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 58(1): 299-310.

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

Morris, J.A., Jr. (Ed.). (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 p.

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.

Nikolsky, G. V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press. New York, E.U. 352 p.

Ramos-Santiago, E., H. A. Gil-López, A. Labastida-Che y R. Gómez-Ortega. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera* Vol. 18 (1): 79-89 pp.

Programa de Manejo Parque Nacional, Arrecifes de Xcalak. (2004). Comisión Nacional Áreas Naturales Protegidas, México. 38 p.

Sabido 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 p.

Sale, P. F. (1991). *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press. USA, 754 p.

Sale, P. F., (2002). *Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. Academic Press. USA, 576 p.

Schmitter-Soto, J. J., L. Vasqu ez-Yeomans, A. Aguilar-Perera, C. Curiel-Mondragón, J. A. Caballero-Vazqu ez. (2000). Lista de peces marinos del Caribe mexicano. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie zoolo a*. 71 (2): 143-177 pp.

Shepherd, J. G. (1987). A weakly parametric method for estimating growth parameters from length data. P. 113-120. In: D. Pauly and G. Morgan (eds.). *Length based Methods in Fisheries Research*. ICLARM Conferences Proceedings No. 13. Manila, Phillipines.

Shettleworth, S.J. (1984). Learning and behavioural ecology. En J.R. Krebs y N.B. Davies: *Behavioural ecology: An evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 2da edición. 492 p.

Shettleworth, S.J. (1998). *Cognition, evolution and behavior*. Oxford: Oxford University Press. 528 p.

Sparre, P. y S. C. Venema. (1997). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual FAO Fisheries Technical Paper. No. 306.1, Rev 2. Rome. FAO. 1998. 407p.

Frazer T. K., C. A. Jacoby, M. A. Edwards, S. C. Barry y C. M. Manfrino. (2012). Coping with the Lionfish Invasion: Can Targeted Removals Yield Beneficial Effects? *Reviews in Fisheries Science*, 20:4, 185-191pp.

Tresierra, A. y Z. Culquichicón. (1993). *Biología Pesquera*. Libertad. Trujillo, Perú. 432 p.

Valdez-Moreno M, C. Quintal-Lizama, R. Gomez-Lozano, M. C. García-Rivas. (2012). Monitoring an Alien Invasion: DNA Barcoding and the Identification of Lionfish and Their Prey on Coral Reefs of the Mexican Caribbean. *PLoS ONE* 7(6): e36636. 8 p.

Vazzoler, A. E. y N. Menezes. (1992). Síntese de Conhenimientos sobre o comportamento reproductivo dos characiformes da América do sul (Teleostei, Ostariophysi). *Rev. Brasil. Biol.*, 52(4): 627-640.

Villacorta-Correa, M. y Saint – Poul. (1999). Structural indexes and sexual maturity of Tambaqui ; *Colossoma macropomun* (cuvier1818) Characiformes in central Amazon, Brasil. *Rev. Brasil.* 59(4): 637 - 652.

Winemiller, K.O. y K.A. Rose. (1992). Patterns of life history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 2196-2218.

WWF. (2006). *Mejores prácticas de pesca en arrecifes coralinos. Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas*. WWF México/Centroamérica. 81p.

Zanuy, S y M. Carrillo. (1987). La reproducción de los Teleósteos y su aplicación en acuicultura. In: Espinosa de los Monteros, J. y U. Labarta (Eds). Reproducción en Acuicultura. CAICYT. Madrid. Pp 1-131.

PAGINAS WWW CONSULTADAS

Acuario Nacional de Cuba (2011). Protocolo para el estudio del pez león (Pterois sp.) en Cuba. Consultado en Noviembre 2, 2011 en http://www.acuarionacional.cu/ciencia-tecnologia/imagenes-ciencia/Protocolo_pterois.pdf.

Canto-Maza, W. y Vega-Cendejas, E. (2008). Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. Consultado en Noviembre 10, 2011 en <http://www.ots.ac.cr/tropiweb/attachments/volumes/vol56-4/Gabriel-Habitos.pdf>.

Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (2007). Finaliza Primer Fase del Proyecto Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Consultado en Octubre 25, 2011 en <http://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=16777&IDCat=3&IdEnt=2&Idm=1&IdmStyle=1>.

Gómez, G y R. Guzmán (1998). Relación longitud peso y talla de madurez de la petota (*Umbrina coroides*), en el norte del estado Sucre, Venezuela. Zootecnia Tropical. Consultado en Octubre 24, 2011 en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt1602/texto/notatecnica4.htm.

Hernández, A. H. (2010). Caracterización del ANP Parque Nacional Arrecifes de Xcalak y formulación de un programa de monitoreo. Consultado en Noviembre 10, 2011 en <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfDM015.pdf>.

Molina, B. (2011). Pez León: se busca vivo o muerto. Mundo Náutico. Consultado en Noviembre 1, 2011 en <http://www.revistamundonautico.com/?p=170>.

Santana, L. (2011). Se extiende invasión del Pez León. Consultado en Noviembre 1, 2011 en <http://www.lagranepoca.com/se-extiende-invasion-del-pez-leon>.

UNAM (2005). Revista Digital Universitaria. Consultado en Octubre 22, 2011 en <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art75/art75-3.htm/#1>.

Restrepo, V. (2011) Glosario de términos pesqueros. Consultado en Octubre 23, 2011 en <http://www.cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/GlosarioTerminosPesqueros.pdf>.

<http://buceoxtabay-luzmaguzman.blogspot.com/2009/01/los-arrecifes-de-banco-chinchorro.html>. Consultado en Noviembre 9, 2011

http://www.crc.uri.edu/download/xcalak_ManagementPlan_published_oct04.pdf

Programa de Manejo Parque Nacional, Arrecifes de Xcalak, consultado en Noviembre 10, 2011.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_070.html.

Consultado en Noviembre 9, 2011.

http://www.fapd.net/descargas10/escuelas/curso/caracteristicas_peces.pdf,

Consultado en Noviembre 10, 2011.

<http://www.fishbase.org>,

consultado en octubre 20, 2012.

<http://nas.er.usgs.gov/taxgroup/fish/Lionfishanimation.gif>,

consultado en enero 15 2013.