



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Desarrollo Sustentable

Estructura de la población (distribución, biomasa y estructura de tallas) del pez león *Pterois volitans* (Linneo, 1758) en Isla Cozumel, Quintana Roo, México

TESIS

**Presenta
Santiago González Río de la Loza**

**Director de Tesis
Dr. Adrián Cervantes Martínez**

Cozumel, Q. Roo, enero de 2014

UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Desarrollo Sustentable




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


LICENCIADO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS


Director:


Dr. Adrián Cervantes Martínez

Asesor :


Dra. Martha A. Gutiérrez Aguirre

Asesor:


Dr. Eloy Sosa Cordero

Cozumel, Quintana Roo, México, enero de 2014

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo en todo este tiempo, a mi mamá por siempre brindarme su respaldo y dar todo su esfuerzo para que yo salga adelante. A mi papá por guiarme y darme consejos que me sirvieron durante toda la carrera. A mi hermano por su ayuda en las ilustraciones de este trabajo y a toda mi familia en general que siempre me brindó su apoyo.

A la Universidad de Quintana Roo, por darme las herramientas para poder desarrollarme como profesional, en especial a los profesores: Dr. Luis Mejía-Ortiz, Dr. Marilú Lopez Mejia, Biol. Luis Gonzaga Marrón, Biol. Hector González Cortez, Dr. Oscar Frausto Martínez, Lic. Antonio Casas Edroso y a la Mc.Teresa Perdigón.

A la Dr. Martha A. Gutiérrez Aguirre, por guiarme durante toda la carrera brindandome su apoyo y consejos en todo momento y por sus grandes aportaciones en este trabajo.

Al Dr. Adrián Cervantes Martínez por aceptar ser mi director de tesis, por ser parte fundamental en el desarrollo de mi carrera y en especial por tenerme paciencia en todo lo que llevó la realización de este trabajo.

A mis compañeros: Carlos Uh Moo, Juan Chi, José Guadalupe Chan Quijano, Meybi Karina Pat, Yanecsi Paredes Barradas y Alba González.

Un agradecimiento en especial a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. de R. L., tanto a la "RADA" como a la colonia de "María Elena" por todo el apoyo y disponibilidad de todos los socios para realizar este trabajo, sin ellos no hubiera sido posible.

A Eduardo Pérez Catzím, presidente de la coopertativa por las todas las facilidades y sus atenciones que me brindó.

A Pablo Catzim Pech, Lizbeth Tamayo, Mauricio Leonar y Rocio Velazquez ya que fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
ANTECEDENTES.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
ÁREA DE ESTUDIO.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES.....	35
LITERATURA CITADA.....	36
ANEXOS.....	40

RESUMEN

Las especies exóticas invasoras son reconocidas como grandes amenazas a la diversidad biológica local, los impactos que pueden llegar a causar dichas especies incluyen: cambios en la estructura y composición de las comunidades al desplazar poblaciones de especies silvestres, reducción de la diversidad genética, transmisión de enfermedades que afectan a la salud humana, la flora y fauna silvestres e incluso la extinción de especies nativas. Actualmente el pez león del Indo-Pacífico (*Pterois volitans*) está invadiendo rápidamente las aguas del Mar Caribe y del Océano Atlántico, este pez alcanza diferentes localidades geográficas y niveles de profundidad, presentando un amplio espectro de adaptación a variadas condiciones ambientales. El pez león se alimenta principalmente de peces, aunque también consume algunos crustáceos como juveniles de la langosta espinosa, *Panulirus argus*, especie de gran importancia comercial en el Caribe. Es un depredador voraz que puede llegar a alimentarse de presas que miden 2/3 de su tamaño y consumir diariamente entre el 2,5 al 6% de su peso corporal. Este pez puede provocar impactos potenciales a especies comercialmente importantes en el mercado pesquero como pueden ser el mero, pargos y langostas, teniendo un impacto importante en la economía local. Conociendo la problemática que esta especie invasora representa para el Caribe mexicano, este trabajo tuvo como objetivos evaluar la distribución, biomasa y estructura de tallas de *Pterois volitans* en la rada de la Isla Cozumel. Se obtuvo un total de 8,347 organismos de julio 2012 a febrero 2013 en la zona norte, oriente y sur de la isla, con una mayor cantidad de organismos en los meses de agosto y septiembre. Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) revelaron que no hay diferencias significativas de la abundancia del pez león entre las zonas de la isla analizadas ($F = .113, p > 0.05$). Sin embargo si se encontraron diferencias significativas de la abundancia entre los diferentes meses de la temporada de pesca ($F = 2.752, p < 0.05$), el análisis de CPUE mostró que con el mismo esfuerzo se obtiene más captura en los meses de agosto a octubre en comparación con los meses de noviembre a febrero. El trabajo aquí propuesto sirvió para conocer las variaciones en la abundancia, tallas y distribución en el área, lo cual permitirá sentar las bases para un mejor manejo y control de esta especie.

Palabras clave: *Pterois volitans*, especies exóticas, invasión biológica, Caribe mexicano, impactos de especies invasoras.

INTRODUCCIÓN

Las especies exóticas invasoras son reconocidas como grandes amenazas a la diversidad biológica local, los impactos que pueden llegar a causar dichas especies incluyen: cambios en la estructura y composición de las comunidades al desplazar poblaciones de especies silvestres, reducción de la diversidad genética, transmisión de enfermedades que afectan a la salud humana, la flora y fauna silvestres e incluso la extinción de especies nativas y la aparición de cambios en el funcionamiento de los ecosistemas con la consecuente degradación de la integridad ecológica (Anónimo, 2010).

Numerosos investigadores han precisado que las especies exóticas pueden afectar de dos formas la biodiversidad de un ecosistema: una, de manera directa compitiendo por alimento o por territorio con las especies propias del mismo y otra, de manera indirecta cambiando la forma en que los nutrientes se reciclan, provocando cambios o disturbios ecológicos (Anónimo, 2012).

Estas especies, por la frecuencia e intensidad de los disturbios que ocasionan, alteran los ciclos biogeoquímicos, la estructura de los niveles tróficos y actúan como competidores, depredadores, parásitos o patógenos de las especies nativas, condicionando su supervivencia (Aguirre y Mendoza, 2009).

Una variedad de vías que se han descrito para las invasiones biológicas de especies de peces marinos son: el rango natural de extensión, introducciones deliberadas para mejorar la pesca, el movimiento de los peces a través de los canales, el transporte de agua de lastre y liberaciones accidentales o intencionales por medio de la acuicultura o acuarios (Whitfield *et al.*, 2002).

Las especies *Pterois miles* (Bennett, 1828) y *P. volitans* (Linneo, 1758) pertenecen a la familia Scorpaenidae, que incluye especies comúnmente conocidas como rascacios, peces roca o pez león, son peces ornamentales nativos del Indo-Pacífico.

En términos de su tamaño pueden sobrepasar los 40 cm de longitud y llegar a pesar más de 907.18 gr. Se distinguen por presentar líneas verticales rojas, cafés y blancas a lo largo de todo su cuerpo, aunque los tonos varían en función del hábitat. Presentan 13 espinas dorsales y 3 anales elongadas y separadas, entre 10 y 11 radios dorsales y 6-7 radios anales (Brunet, 2010).

Las aletas pectorales tienen forma de abanico. Tienen pequeños tentáculos carnosos arriba de los ojos y debajo de la boca (Fig.1). La especie es crepuscular y nocturna y se encuentra en las costas tropicales en bancos de algas, arrecifes coralinos o lagunas costeras de poca profundidad (Anónimo, 2011; Brunet, 2010).

Los *Pterois*, incluyendo *P. miles* y *P. volitans*, presentan un dimorfismo sexual poco evidente, solo se presenta durante la etapa de reproducción. Después de la fase de cortejo, la hembra libera dos masas de huevos flotantes que son fecundados por el macho y ascienden a la superficie. Los huevos y embriones están unidos en el moco adhesivo que se desintegra en unos pocos días, tras lo cual los embriones y/o larvas pasan a una etapa de flotación libre (Morris *et al.*, 2009).

Los peces león son venenosos, presentan espinas que contienen sacos pareados que están conectadas a glándulas venenosas en cada una de sus bases (con excepción de espinas caudales). Las espinas están recubiertas de piel y contienen dos ranuras de epitelio glandular que componen la producción del tejido venenoso (Morris *et al.*, 2009) (Fig.1).

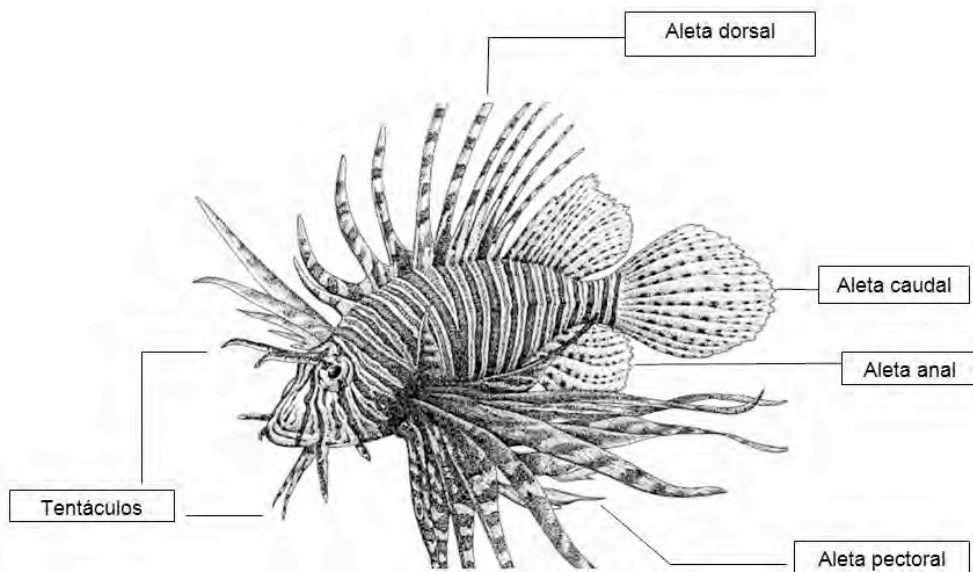


Fig.1. Pez león. Ilustración por González Río de la Loza J.

El veneno que produce el pez león, es una toxina compuesta por acetilcolina y por una neurotóxina que afecta la transmisión neuromuscular, provocando efectos cardiovasculares y citolíticos. La sintomatología abarca desde inflamación hasta dolor extremo y parálisis de las extremidades inferiores y superiores en los humanos (Anónimo, 2012).

Este pez alcanza diferentes localidades geográficas y niveles de profundidad, presentando un amplio espectro de adaptación a variadas condiciones ambientales. A diferencia de otros peces invasores, que pueden ser relativamente inocuos como el *Omobranchus punctatus* (Valenciennes, 1836) (especie originaria de los océanos Índico y Pacífico, actualmente distribuida en el Caribe y Atlántico), *P. volitans* es una especie que aumenta la probabilidad del desequilibrio ecosistémico. Su condición de depredador activo que compite con otros piscívoros, sumado a que no tiene un depredador conocido y a su condición ponzoñosa, lo constituyen en un riesgo para bañistas, buzos y pescadores (Anónimo, 2012).

Pterois miles y *P. volitans* son morfológicamente similares y se distinguen en su área de distribución natural por sus características merísticas, con *P. volitans* exhibiendo un registro más alto de radios de las aletas dorsal y anal en comparación con *P. miles*. Esta diferencia fue documentada, e indica que *P. miles* se encuentra en el Mar Rojo, el Golfo Pérsico y el Océano Índico (excluyendo Australia Occidental) y *P. volitans* se encuentra en el Pacífico central y occidental y Australia occidental. En 2007 se confirmó que las especies *P. miles* y *P. volitans* se introdujeron a lo largo de la costa este de Estados Unidos, siendo *P. volitans* la especie que comprende aproximadamente el 93% de la población, y un fuerte efecto fundador (es decir, una baja diversidad genética) (Morris *et al.*, 2009).

Los primeros registros en América señalan la presencia de este pez en los años ochenta, sin embargo, Morris *et al.* (2009) mencionan la presencia documentada de los peces león a partir del año de 1992, los cuales se han establecido a lo largo de la costa sureste de EE.UU., las Bermudas, las Bahamas, y actualmente se están estableciendo en el Caribe.

Schofield (2010) ha descrito que en Diciembre de 2009 dos peces león se recogieron en el sur del Golfo de México, frente a la península norte de Yucatán, esos registros documentan la primera llegada aparente de *P. volitans* en el Golfo de México a través de transporte de larvas. Siendo este mismo año donde se descubre por primera vez en el Caribe mexicano, precisamente en la isla de Cozumel.

A pesar de ser una especie popular del comercio de acuarios marinos ornamentales, poco se sabe acerca de la biología y ecología de estos peces. La información sobre la abundancia del pez león, los hábitos dietéticos, los depredadores, y la estacionalidad de la reproducción son escasos. La mayor parte de lo que se ha publicado del pez

león se relaciona en gran medida con envenenamientos, que se producen comúnmente en acuarios o como resultado de la mala manipulación por los acuaristas de origen (Morris *et al.*, 2009).

Basados en el análisis del ADN mitocondrial de 755 ejemplares de pez león provenientes de seis localidades diferentes, se encontró que *P. miles* tienen una distribución restringida al Atlántico noroccidental, mientras que *P. volitans* es ubicua a todas las localidades muestreadas a lo largo del Atlántico noroccidental y el Caribe (Anónimo, 2012).

Conociendo la problemática que esta especie invasora representa para el Caribe mexicano, este trabajo tiene como propósito generar conocimiento de la estructura poblacional de *Pterois volitans* a partir de la evaluación de la abundancia, distribución y estructura de tallas de estos organismos en áreas de pesca de la Isla Cozumel. Lo anterior servirá como base para futuras investigaciones sobre el manejo y control de estos organismos, considerados como potencialmente dañinos para el ambiente y las especies que coexisten con ellos.

ANTECEDENTES

Estudios publicados sobre la aparición del pez león (*Pterois. spp*) por Whitfield *et al.* (2002) señalan a la costa este de Florida como el lugar donde se introdujo la especie por primera vez, siendo una de las posibles causas la dispersión por medio de las corrientes oceánicas durante las etapas de liberación de huevos pelágicos y de larvas, sin embargo, el agua de lastre o la liberación de acuarios son las dos posibilidades más probables de introducción de esta especie.

A pesar de que el primer registro del pez león se remonta a 1985, según la evidencia científica más sólida, se cree que esta especie comenzó su proceso de dispersión cuando seis ejemplares fueron liberados de forma accidental en la Bahía de Biscayne, tras el paso del huracán Andrew en 1992. Después de este evento, el pez león ha colonizado e invadido la costa Este Atlántica de los Estados Unidos, desde el estado de Nueva York (Long Island), hasta el Sur de los cayos de La Florida, así como la remota isla de Bermuda, que se encuentra en mitad del océano Atlántico (Lasso *et al.*, 2010). En México, se detectó el pez león en el Mar Caribe en el año 2009 en los arrecifes de coral de la isla de Cozumel, Quintana Roo, en el Caribe mexicano (Aguilar *et al.*, 2011).

En cuanto a los trabajos publicados sobre el pez león se encuentran los de Morris y Whitfield (2009), siendo estos los más completos sobre este tema, abarcando la biología y ecología de la especie, incluyendo: la invasión cronológica (costa sur oriental de los Estados Unidos, Bermuda, Bahamas y el Caribe), taxonomía, abundancia local, reproducción, ciclo de vida temprano y dispersión, así como la ecología trófica, parasitología, los impactos potenciales y el control y manejo de esta especie.

Schofield (2009) presenta una de las mejores síntesis sobre los reportes y distribución de la especie, ofrece una visión general de los sucesos del pez león en el Atlántico y el Caribe hasta agosto de 2009. Una actualización de este artículo (Schofield, 2010) ofrece la gama actual de aparición del pez león en el Caribe hasta noviembre de 2010 siendo ésta la siguiente:

Costa atlántica de Estados Unidos: El pez león se estableció desde Miami hasta Carolina del Norte desde 2002. Se establecieron en los Cayos de la Florida en 2009,

aunque actualmente se ha visto que en las aguas del Atlántico norte de Carolina del Norte, no son propensos a sobrevivir el frío invierno.

Golfo de México: Los primeros ejemplares confirmados de pez león tomados desde el Golfo de México fueron observados en diciembre de 2009 (Schofield, 2010). A partir de entonces los avistamientos de peces león son cada vez más comunes en el norte del Golfo de México, sobre todo, asociados a los arrecifes artificiales (incluidas las plataformas para la extracción de gas).

Bermudas, Bahamas, Islas Turcas y Caicos y las Islas Caimán: se detectó la presencia de pez león en las Bermudas en 2004 y se consideraron como establecidos en las Bahamas en 2005, las Islas Turcas y Caicos en 2008 y en las Islas Caimán en 2009.

Antillas Mayores: peces león se establecieron fuera de todas las islas de las Antillas Mayores (Cuba [2007], Jamaica [2008], La Española [Haití y la República Dominicana, 2008] y Puerto Rico [2009]).

Costa del Caribe de México, América Central y del Sur: Se detectó su presencia desde el Caribe mexicano hasta Venezuela (México [2009], Belice [2009], Honduras [2009], Nicaragua [2010], Costa Rica [2009], Panamá [2009], Colombia [2010], Venezuela [2010]).

González *et al.* (2009) reportaron la primera aparición del pez león en Sudamérica, entre Mayo y Junio de 2009 fueron observados, fotografiados y colectados 6 organismos dentro del Parque Nacional Natural Tayrona y aguas aledañas a Santa María, Colombia.

Los últimos estudios en el Caribe mexicano, realizados por Valdez- Moreno *et al.*, (2012) determinaron por medio de un estudio de codificación del gen COI, que el 99% de los organismos colectados de pez león, corresponde a la especie *Pterois volitans*. Esta información es muy importante, puesto que a partir de entonces se identificó la especie de pez león que se localiza en el Caribe mexicano.

En Cozumel, Tun-Burgos (2012) determinó la abundancia y distribución del pez león en la zona occidente, norte y sur de la isla que abarca parte del área del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel en la mitad sur de la isla y la costa sudoccidental y una porción de la costa sudoriental.

Como se puede apreciar son escasos los trabajos sobre aspectos ecológicos de este organismo en la región, incluso nulos para variables como distribución, biomasa y estructura de tallas en áreas de importancia pesquera de Cozumel, por eso la prioridad de realizar más trabajos de esta índole en esta zona.

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo, determinar la estructura de la población (distribución, biomasa y tallas) del pez león (*Pterois volitans*) en la zona de pesca de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. De R. L., dentro de la zona "A" correspondiente a la zona norte y costa oriental de la Isla Cozumel (Fig.2).



Fig.2. Ubicación zona de pesca A y B correspondiente a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S.C. De R.L. Este trabajo se llevo a cabo en la Zona A

JUSTIFICACIÓN

Pterois volitans es el primer pez marino invasor que se establece ampliamente en el Atlántico occidental y el Caribe, dispersándose ampliamente en muy corto tiempo, mostrando su gran capacidad para invadir nuevos sistemas costeros (Schofield, 2010).

P. volitans se alimenta principalmente de peces, aunque también consume algunos crustáceos (Morris *et al.*, 2009). Es un depredador voraz que puede llegar a alimentarse de presas que miden 2/3 de su tamaño y consumir diariamente entre el 2,5 al 6% de su peso corporal, especialmente cuando mantiene tallas pequeñas. El pez león, es altamente resistente a los periodos de inanición, se ha demostrado que puede alcanzar hasta 12 semanas sin alimentarse (Anónimo, 2012).

Debido a esto, dichos organismos representan una amenaza potencial a los recursos pesqueros, a las comunidades de peces nativos y a la salud humana. El posible impacto ecológico de su invasión en las comunidades locales de peces de arrecife, puede variar en función de la abundancia de los depredadores tope, de la comunidad de peces forrajeros, de la densidad de peces león y de la ubicación geográfica (Morris *et al.*, 2009).

Este pez al carecer de depredadores en la región, puede provocar impactos a especies comercialmente importantes como recursos pesqueros tales como el mero, pargos y langostas, teniendo un impacto importante en la economía local.

Es por esto que se debe generar información sobre la ecología de esta especie a partir de parámetros ecológicos como la distribución, biomasa y estructura de tallas, parámetros poco estudiados, incluso desconocidos en varias localidades del Caribe mexicano (no siendo la excepción la Isla Cozumel). Dicha información servirá para manejar y controlar a estos organismos catalogados como invasores y altamente amenazantes en la región y probablemente contribuya para sentar las bases para el establecimiento de una nueva pesquería en la región.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la distribución, biomasa y estructura de tallas del pez león (*Pterois volitans*) durante la temporada de pesca (2012-2013) en la zona de pesca "A" de la Isla Cozumel?

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la distribución, biomasa y estructura de tallas de *Pterois volitans* (Linneo, 1758) en la Isla Cozumel, durante la temporada de pesca 2012- 2013 en la zona “A” de la Isla Cozumel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar y describir la distribución espacial y temporal del pez león (*Pterois volitans*) durante la temporada de pesca 2012- 2013 en la zona “A” de la Isla Cozumel.
2. Evaluar y describir la biomasa de las poblaciones de pez león (*Pterois volitans*) por medio de los datos recolectados durante la temporada de pesca 2012- 2013 en la zona “A” de la Isla Cozumel.
3. Evaluar y describir la variabilidad espacial y temporal de la estructura de tallas de la población de *Pterois volitans* durante la temporada de pesca 2012- 2013 en la zona “A” de la Isla Cozumel.
4. Observar a partir de un Análisis de Varianza (ANOVA), si existen diferencias en cuanto a la abundancia, distribución y estructura de tallas de *Pterois volitans* en el tiempo (meses) y espacio (zonas de pesca en la Isla).

ÁREA DE ESTUDIO

La Isla Cozumel está localizada en el estado de Quintana Roo a 17.5 km de la costa de la ciudad de Playa del Carmen, al noreste de la Península de Yucatán. Sus coordenadas extremas son: 87°02'W 20°16'N; 86°43'W 20°36'N, siendo así el territorio más oriental de México. La isla tiene una longitud máxima de 45 km y una anchura de 15 km, colinda con el municipio de Solidaridad al este, quedando separada del área continental, por el llamado canal de Cozumel, y por el oeste se extiende el mar Caribe (Fig.3). Las porciones continentales del municipio limitan al norte, sur y oeste con el municipio de Solidaridad y con el mar Caribe al este (CONANP, 2007).

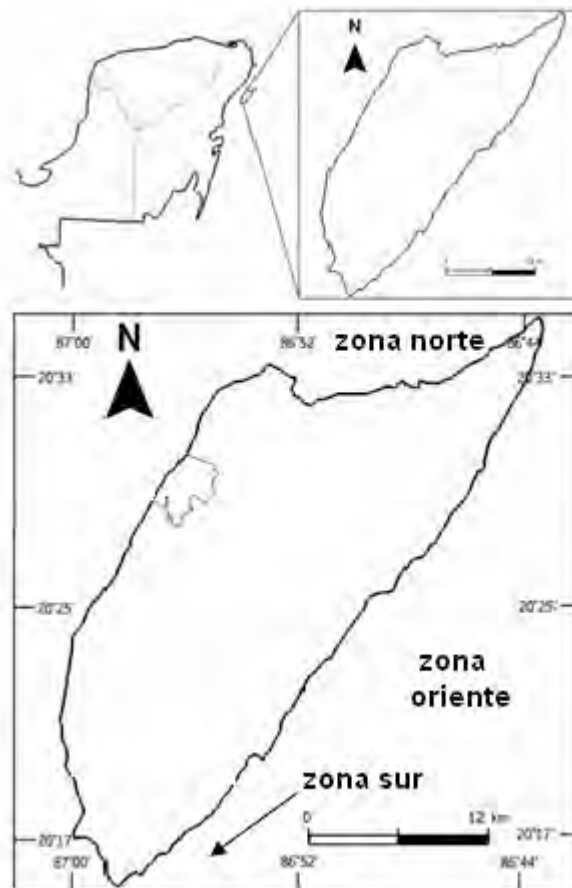


Fig. 3. Ubicación de la Isla Cozumel, zona de pesca “A” (norte, oriente y sur), modificado de Vásquez – Campos (2012).

Características físicas de la Isla de Cozumel:

La Península de Yucatán está constituida por sedimentos calcáreos de origen marino del periodo Terciario y Reciente. Las calizas con mejores características acuíferas y que ocupan una gran área son las del Eoceno y las del Mio-Plioceno. En el periodo entre estas últimas edades geológicas en las que se encuentra la denominada Formación Carrillo Puerto, la cual se encuentra en la porción oriental de la Península de Yucatán y engloba en su totalidad la Isla Cozumel.

La Isla Cozumel se formó durante el Oligoceno hace unos 40 millones de años por la acumulación de calizas y dolomías en un ambiente de baja energía. Estas son de un color verde oscuro, compactas y muestran una estratificación delgada. La presencia en dichas rocas de agua salada, así como la ausencia de conductos de disolución, confirman que nunca han sido expuestas en la superficie marina.

La Isla Cozumel está rodeada por una terraza submarina que termina abruptamente entre las isobatas de 20 a 30 m (Mapa 15: Puntos de muestreo y batimetría), dando lugar a un talud continental que cae casi en vertical superando los 400 metros de profundidad en el lado occidental. Esta terraza, formada probablemente por la exposición alternada a ambientes sub aéreos y submarinos durante las transgresiones marinas del Pleistoceno, se estrecha en los costados occidentales y oriental de la isla; particularmente en el primero. En cambio, se extiende ampliamente hacia el norte, conformando el denominado Bajo de Cozumel; parte norte marítima del APFFC (CONANP, 2007).

Edafología:

Se distribuyen en la superficie insular cuatro grupos principales de suelos con extensiones muy desiguales. El principal es el Rendzina que ocupa un 86.51% de la superficie insular repartiéndose por su zona central. El segundo en cobertura es el Solonchak, que abarca el 10.86% de la superficie del territorio y se distribuye principalmente en las zonas pantanosas de los extremos sur, norte y en una porción de la costa nororiental.

El tercero es el suelo denominado Gleysol (de tipo mólico), el cual ocupa un 1.05% de la superficie y se encuentra en la costa oriental inmediatamente al norte de la carretera transversal. Finalmente, el Regosol (de tipo calcáreo) ocupa un 0.5% de la superficie

insular y se sitúa en una estrecha franja de la costa al norte de San Miguel de Cozumel.

Hidrogeología:

Los sustratos geológicos de Cozumel están formados básicamente por diferentes rocas calizas que confieren una gran porosidad y permeabilidad al subsuelo.

Por lo tanto, la presencia de aguas superficiales se limita básicamente a algunas pequeñas lagunas (que quedan práctica o totalmente secas de forma estacional), ya que el agua de lluvia se infiltra rápidamente al acuífero. Así, el grado de escurrimiento superficial es casi nulo en toda la isla y no se han formado cuencas ni estructuras hidrográficas superficiales.

Sin embargo, existen lagunas costeras con cuerpos de agua permanentes en dos zonas de la isla. Estas son las lagunas costeras en los humedales situados en el extremo sur (ZSCE Laguna Colombia) con una extensión de 261.86 ha, y las que se hallan en el norte del APFFC con una extensión de 1,006.68 ha que constituyen el mayor sistema lagunar de la isla, con 5 lagunas de límites bien definidos y un conjunto de áreas más o menos interconectadas y con niveles de inundación variables. Tres de las lagunas tienen comunicación directa con el mar.

Debido a las características geológicas de la isla, casi la totalidad del subsuelo forma parte del acuífero. Este está contenido principalmente en las formaciones Chankanaab y Abrigo como un único cuerpo de agua que viaja fácilmente debido a la porosidad de dichos estratos. De este modo el acuífero está formado por una gran lente de agua dulce que flota por su menor densidad sobre una de agua salada, es decir, la mayor parte de la isla debe ser considerada como un acuífero del tipo libre de aguas freáticas.

Características marinas:

Dentro de la variedad de arrecifes coralinos del Caribe Mexicano, la isla de Cozumel posee uno de los más característicos, debido a la variedad de condiciones que presenta impresionantes taludes que caen casi verticalmente desde 40 hasta los 400m de profundidad. Estos arrecifes, junto con los de Banco Chinchorro, los del litoral de Quintana Roo y Alacranes, en Yucatán, constituyen la reserva coralina más importante

del país. La biodiversidad de estos sistemas es quizás tan elevada como la presente en los arrecifes de Belice y del resto del Caribe (Anónimo, 1998).

Los arrecifes están formados por una comunidad coralina que, como todas las de su tipo, son de las más diversas y complejas en los mares. En ella habitan miles de organismos propios de aguas tropicales, donde están representadas cientos de especies de todos los reinos. Del reino Animal sobresalen los corales (duros y blandos), zoántidos e hidrozoarios, así como esponjas, crustáceos, moluscos, equinodermos y peces arrecifales. Las comunidades vegetales están representadas tanto por las algas, de las que hay una enorme variedad, como por pastos marinos. Las cianobacterias son de gran relevancia ecológica y al igual que muchos microorganismos son muy abundantes en este ecosistema (Anónimo, 1998).

El área es un reservorio de especies de flora y fauna marinas, algunas de las cuales se encuentran amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial. Tal es el caso de las tortugas verde *Chelonias mydas* (Linnaeus, 1758) caguama *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) y carey *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) caracol rosado *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 y los corales *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) y *A. cervicornis* (Lamarck, 1816) (Anónimo, 1998).

Corrientes locales:

En el canal entre Cozumel y el macizo continental se presenta una corriente dominante de sur a norte, con una velocidad variable entre uno y tres nudos, dependiendo de la época del año, con un promedio de velocidad de 1.5 nudos (75 cm/seg). Hay contracorrientes litorales norte-sur que llegan a alcanzar velocidades extremas de 2 nudos, con una duración no mayor a 8 horas diarias (Anónimo, 1998).

Características bióticas:

La vegetación de Cozumel se encuentra entre las más desarrolladas de las islas de la península de Yucatán. En general existe un gradiente de vegetación bien definido que inicia a partir de la franja costera Este con la vegetación de dunas costeras seguida por el tasistal, el manglar, la selva baja caducifolia y que culmina con la selva mediana subcaducifolia en la porción central de la isla, la cual se extiende hasta la costa oeste donde también persisten manchones de manglar. Hay variaciones sobre este patrón general, existiendo diferentes gradientes en la parte norte, sur, occidental y diversas

secciones de la costa oriental que tienen diferentes implicaciones para la biota de la isla (CONANP, 2007).

El clima en Cozumel es del tipo Am W (I), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano según el sistema modificado de Köppen.

La temperatura media es de 25,5°C con pocas oscilaciones diarias. Las máximas se dan en agosto (valor extremo registrado de 39°C) y las mínimas en enero. En los meses de invierno las temperaturas pueden llegar a ser un poco más bajas (20°C), habiéndose registrado un mínimo extremo de 6°C (CONANP, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó con la colaboración de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. de R. L., dicha sociedad cooperativa se encuentra en la Isla Cozumel lugar donde su domicilio administrativo se ubica en la 5av entre 9 y 9 bis, siendo la primera en el municipio en desarrollar la producción pesquera. La sociedad Cooperativa se fundó el 03 de septiembre en el año de 1960 y actualmente la integran 48 socios de los cuales 2 son mujeres y 30 pescadores afiliados. Se rigen por medio de bases constitutivas que la sociedad estableció apegadas a la Ley General de Sociedades Cooperativas y tienen un régimen fiscal de responsabilidad limitada y están afiliados a la Federación Regional de Sociedades Cooperativas del Estado y esta a una confederación.

Tradicionalmente son dos áreas de captura de la SCPP "Cozumel" SCL; la primera (zona "A"), en donde se captura escama y cangrejo se encuentra localizada en los bajos de la Isla Cozumel, denominada "RADA"; la segunda (zona "B") pertenece a la mitad de la Bahía del Espíritu Santo, en la parte continental, la otra mitad es compartida con la SCPP "José Ma. Azcorra" en la pesca de langosta (ver Fig. 2).

El presente trabajo se realizó en la zona de pesca "A" de la Isla Cozumel localizada en la zona norte del estado de Quintana Roo, México.

La zona "A", comprende, del muelle fiscal hacia Punta Molas, la costa oriental de la isla y franja costera de la parte continental del municipio de Cozumel (ver Fig.3).

Se analizó el comportamiento ecológico de la población del pez león (*Pterois volitans*) en la Isla Cozumel, evaluando: distribución, biomasa y estructura de tallas.

Distribución

Para determinar la distribución, se identificó la zona de la Isla Cozumel con respecto a las zonas de pesca de la zona "A": norte, sur y oriente (Fig.3). La forma en que se llevó a cabo el registro de la captura del pez león, fue encuestando a los pescadores que cuentan con embarcaciones marinas, así como el permiso de pesca. Dichos pescadores realizaron salidas a las diferentes zonas señaladas y llevaron los peces león capturados al local de la cooperativa pesquera, al momento de entregar el

producto proporcionaron la ubicación donde se colectaron los organismos, así como el esfuerzo pesquero utilizado (números de buzos) y la profundidad donde obtuvieron la captura.

Biomasa

Se empleó para la captura de los organismos arpones y redes de mano (jamos) que permiten atrapar los peces con relativa facilidad (Fig. 4). Una vez capturados los ejemplares fueron introducidos en bolsas de nylon u otro material. Los peces se colectaron directamente del arpón o jamo o fueron extraídos con la mano. En tal caso se utilizaron guantes gruesos durante la manipulación. Para mayor seguridad se recomienda mantener el recipiente con los peces capturados a cierta distancia del colector, se registró el peso en gramos de los peces capturados por cada embarcación.

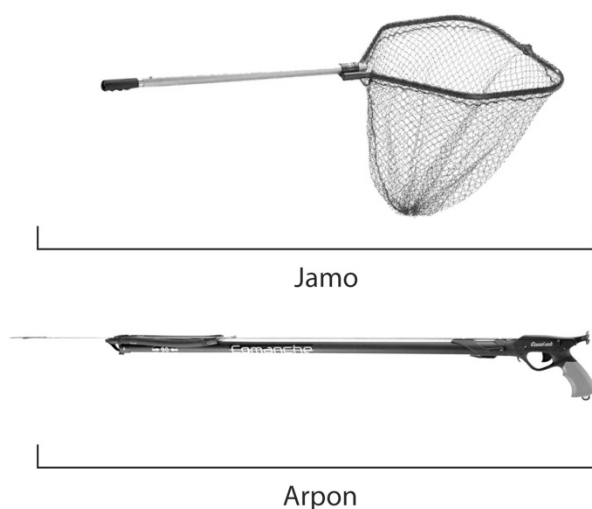


Figura .4, muestra los artes de pesca utilizados para la captura de pez león (jamo y arpón).

Ilustración: González Río de la Loza J.

El índice más utilizado en los estudios de pesca como un indicador de la abundancia relativa, es la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). La captura y el esfuerzo pesquero por lo general se obtiene para realizar las gestiones en todas las pesquerías, ya sea a partir de encuestas de investigación o de operaciones comerciales (King, 2007). El uso de la CPUE como índice de abundancia se basa en una relación fundamental ampliamente utilizada en el análisis cuantitativo de la pesca, se refiere a

la relación entre la biomasa y el esfuerzo realizado en la captura (Maunder *et al.*, 2006).

King (2007) define la biomasa como la suma del peso (masa total) de los individuos en una población o poblaciones. Por lo tanto en este trabajo la CPUE se representó usando a la biomasa de peces obtenida por embarcación, con respecto al número de buzos dedicados a la colecta.

Las oscilaciones temporales de la biomasa de *P. volitans*, durante la temporada de pesca 2012 al 2013 se analizaron a partir de los datos medidos *in situ* y datos proporcionados por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S.C de R.L.

Estructura de tallas

Una vez colectados, todos los organismos fueron contados y medidos por medio de un ictiómetro, se obtuvo la longitud total que corresponde desde el extremo anterior de la boca (o cabeza) hasta la punta de la aleta caudal, la cual se pliega hacia la línea central (Fig. 5).

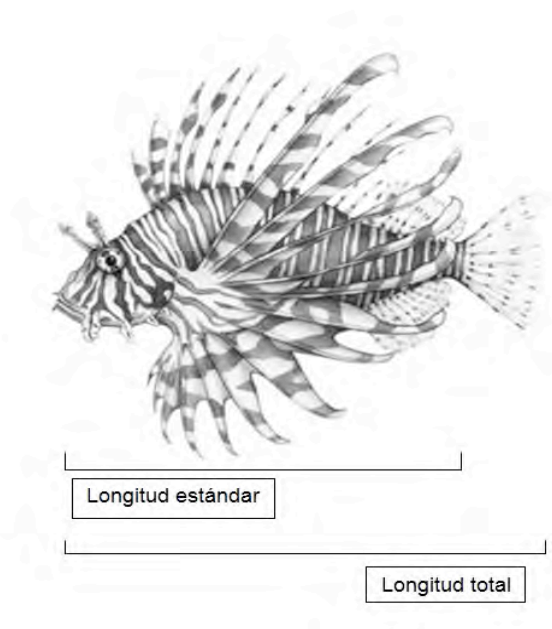


Fig. 5. Medidas morfométricas. Ilustración: González Río de la Loza J.

Los datos fueron registrados en un formato donde se determinó la longitud total de cada organismo (Anexo 1). Mediante los datos colectados, se obtuvo la estructura de

tallas a nivel espacial y temporal a partir de la construcción de tablas de datos para frecuencias agrupadas. Durante el periodo analizado, se obtuvo la talla de cada pez solo de noviembre 2012 a febrero 2013 en las zonas de pesca consideradas en este estudio.

Por medio de la Regla de Sturges (Daniel, 1990) se calculó el número de clases necesarias ($C = 3.3 \text{ Log de } n + 1$), la amplitud de cada clase se determinó por medio de la fórmula:

$$W = R / C$$

Donde $(R = V - L)$.

C = Clase.

V = Medida mayor.

W = Amplitud de clase.

L = Medida menor.

n = número de medidas

R = Rango.

Posteriormente se construyeron polígonos de frecuencia de las tallas de los organismos y se agruparon por zona de pesca y por mes, incluyendo todos los individuos colectados y medidos. Con base en la distribución de frecuencia de los organismos, se determinó la estructura de tallas del pez león.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (factores= meses y zonas de pesca) para estudiar los efectos causados por diferentes niveles de estos factores. Se efectuó dicha prueba estadística que permitió observar diferencias en abundancia, CPUE, tallas y distribución de los peces considerando el tiempo (meses) y espacio (zonas de la isla) de los organismos colectados.

RESULTADOS

Distribución y abundancia

En este estudio, se colectaron un total de 8,347 organismos. En la tabla 1, se muestran los datos obtenidos durante la temporada de pesca 2012- 2013 en las zonas norte, oriente y sur de la Isla Cozumel. Pudiéndose observar que septiembre, presentó el mayor número de organismos (2,041 organismos) mientras que en octubre y febrero, se observó una baja considerable con respecto a los anteriores meses, esto probablemente debido, a que estos meses son considerados dentro de la época de nortes, afectando notablemente la navegación a embarcaciones pequeñas.

Meses	Número de organismos
Julio (2012)	1,705
Agosto (2012)	1,501
Septiembre (2012)	2,041
Octubre (2012)	849
Noviembre (2012)	884
Diciembre (2012)	204
Enero (2013)	441
Febrero (2013)	722
Total:	8,347

Tabla 1. Organismos colectados por mes.

El análisis del comportamiento espacial (Fig. 7) de la captura del pez león, reveló que la zona norte presentó el mayor número de organismos en todos los meses, siendo el valor más alto el mes de Julio con 1,272 organismos seguido por el mes de septiembre con 1,138; el valor más bajo se presentó en diciembre con 156 organismos colectados.

La zona oriente presentó el valor más alto en cuanto a número de organismos en septiembre con 728, seguido por agosto con 620. La captura más baja se encontró en diciembre con únicamente 32 organismos colectados.

La zona sur presentó los valores más bajos de captura con respecto a las demás zonas (Fig. 7). En septiembre se registró el valor más alto de la temporada con 175 organismos, seguido por octubre con 110 organismos colectados. Contrariamente a lo

reportado en las demás zonas, el valor más bajo de captura, se presentó en agosto con 11 organismos (Fig. 7).

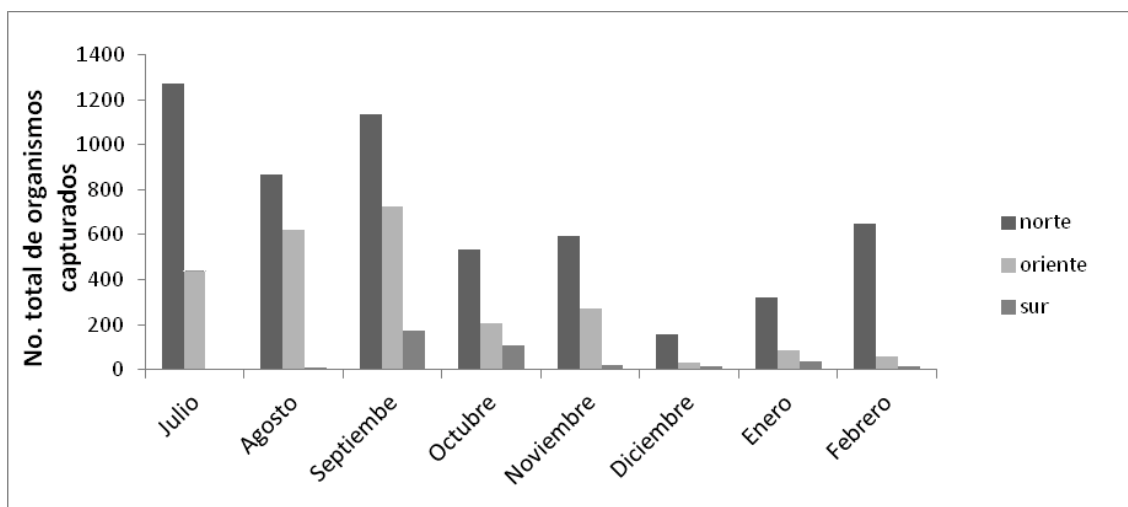


Fig. 7. Número de individuos colectados en las diferentes zonas de la isla, durante el periodo analizado.

Los resultados del análisis de varianza ANOVA revelaron que no hay diferencias significativas del número de organismos capturados entre las zonas de pesca ($F=0.113$, $p > 0.05$). Tampoco se encontraron diferencias significativas con la interacción entre los factores meses y zonas ($F=0.606$, $p > 0.05$) (Anexo 2).

Sin embargo si se encontraron diferencias significativas entre los diferentes meses de la temporada de pesca, considerando a los organismos capturados ($F=2.752$, $p < 0.05$). La prueba *a posteriori* de Tuckey mostró que el mes de septiembre fue estadísticamente distinto en comparación a los meses de noviembre de 2012 a febrero de 2013 (ver anexo 3).

CPUE

Un análisis de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) a partir de la biomasa obtenida con respecto al número de buzos de cada embarcación, determinó un comportamiento heterogéneo durante toda la temporada (Fig. 8). La zona norte presentó una mayor CPUE en casi toda la temporada de pesca a excepción del mes de noviembre, presentando el valor más bajo en el mes de diciembre.

En la figura 8 se observa que la zona oriente tuvo un comportamiento de CPUE más heterogéneo, con el valor más alto en el mes de agosto. Diciembre presentó el valor

más bajo de toda la temporada. La zona sur presentó una menor CPUE en comparación con las otras dos zonas, teniendo el valor más alto en el mes de octubre y presentando una baja considerable en noviembre manteniéndose bajo en diciembre, enero y febrero.

El análisis de varianza ANOVA de la CPUE reveló diferencias significativas entre los diferentes meses ($F= 7.248$, $p < 0.05$). La prueba de Tuckey mostró que la CPUE registrada en los meses de agosto, septiembre y octubre fue estadísticamente distinta en comparación con los meses de noviembre 2012 a febrero de 2013. Además el mes de diciembre fue estadísticamente distinto a enero y febrero (Anexo 3).

La CPUE no presentó diferencias significativas entre las zonas de pesca ($F= 0.773$, $p > 0.05$) y tampoco al considerar la interacción entre meses y zonas ($F= 1.135$, $p > 0.05$) (Anexo 2).

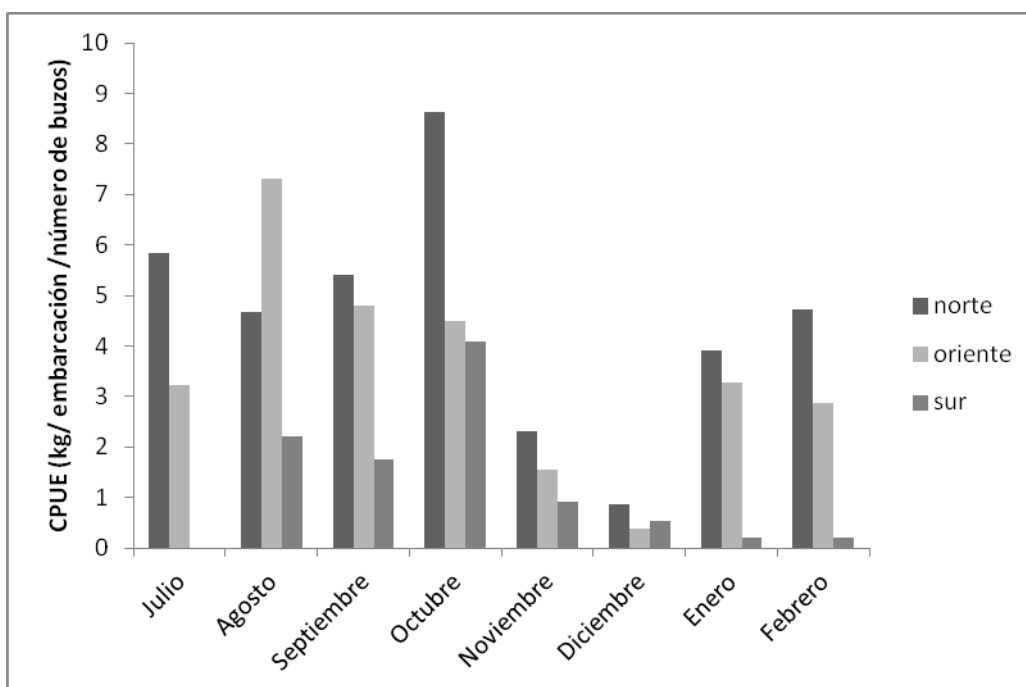


Fig. 8. CPUE de la temporada de pesca 2012 – 2013

Biomasa

Durante la temporada de pesca 2012 – 2013 se capturó un total de 4,300 Kg (Fig. 9), pudiendo observar que el mes de julio presentó el valor más alto seguido de septiembre y agosto, presentando una baja considerable en los meses de octubre, noviembre y diciembre, con un ligero repunte en los meses de enero y febrero.

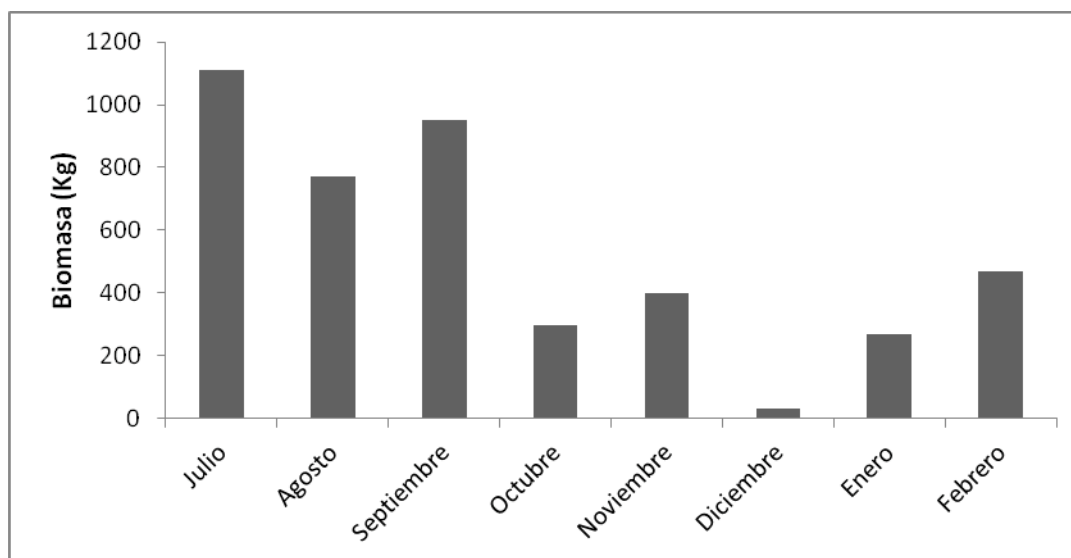


Fig. 9. Biomasa de pez león (*Pterois volitans*) durante la temporada de pesca 2012 - 2013.

Estructura de tallas

Entre los peces analizados se observó que el rango de tallas osciló entre los 8.0 a 42 cm (LT). Para la zona norte, la clase entre los 34 – 36 cm, presentó la mayor frecuencia de tallas (con un 28.8%), seguida de la clase ubicada entre los 31 –33 cm, con un 20.2 %. Mientras que la menor frecuencia de tallas, estuvo representada por los organismos que se encontraron entre los 8 –11 y 40 – 42 cm, con un 2.2 % y 1.4 % respectivamente. Cabe mencionar que fue dentro de esta zona norte, donde se localizó el organismo de mayor talla con 42.0 cm en el mes de noviembre (Fig. 10).

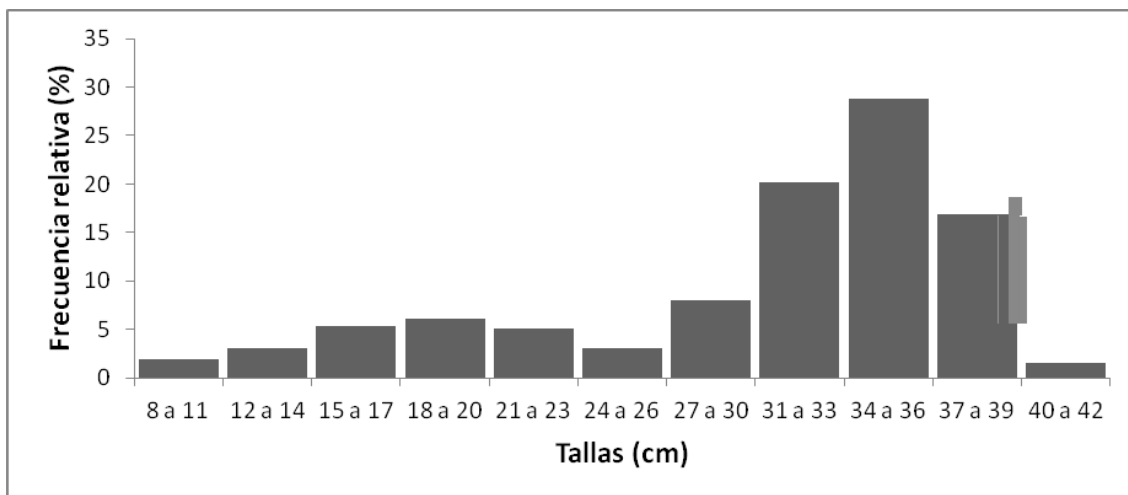


Fig.10. Estructura de tallas del pez león de la zona norte de la isla.

Para la zona oriente, la mayor frecuencia de tallas, se encontró en los organismos ubicados entre los 30 – 33 cm con un 31.1%, seguido de la clase comprendida entre los 34 – 37 con 27.5%. Mientras que las frecuencias de talla más bajas, se localizaron, en las clases 10 – 13 con y 14 – 17 con un 4.34 % cada una (Fig. 11).

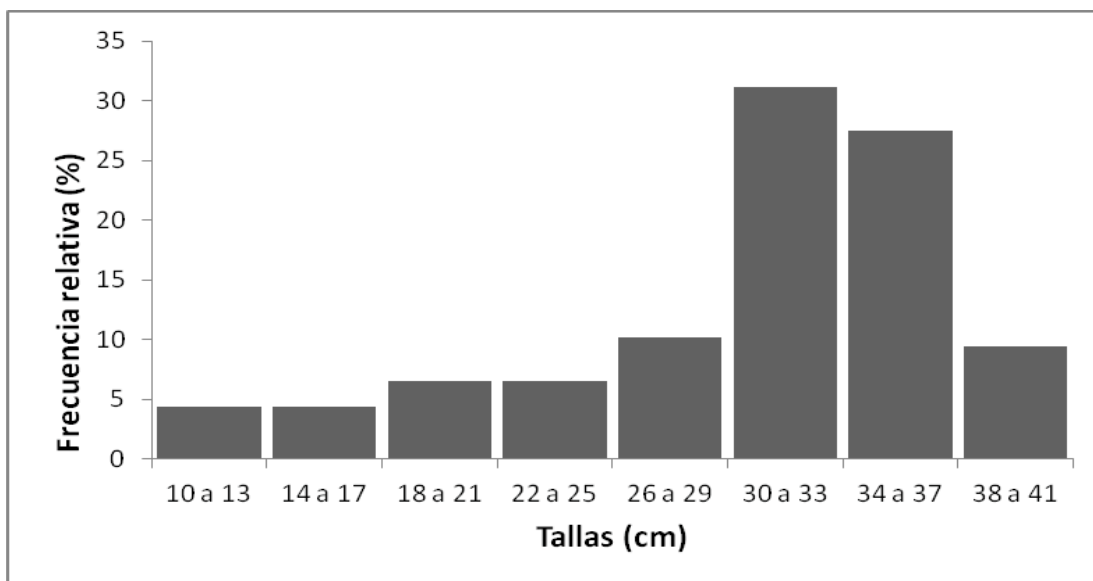


Fig. 11. Estructura de tallas zona oriente

Para la zona sur, la mayor frecuencia de tallas se ubicó en las clases 13 – 16 cm, y 24 – 26 cm con un 22.2 %, seguida de la clase comprendida de los 19 – 21 cm con 17.7%. La menor frecuencia de tallas se ubicó en la clase 22 – 23 cm con un 11.1 % (Fig. 12).

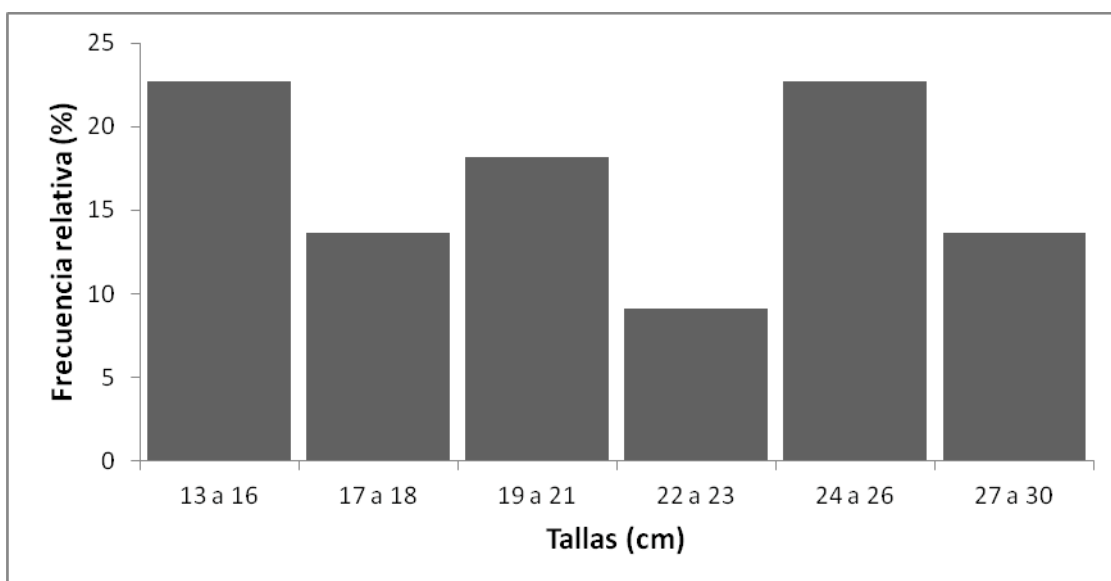


Fig. 12. Estructura de tallas zona sur.

La talla fue significativamente distinta entre los diferentes meses según el análisis de ANOVA ($F= 40.355$, $p < 0.05$). Este análisis también reveló una diferencia significativa entre las tallas de las zonas ($F= 36.747$, $p < 0.05$), y entre las interacción de los dos factores ($F = 14.773$, $p < 0.05$) (Anexo 2).

La prueba *a posteriori* de Tuckey, mostró que la talla de *P. volitans* durante el mes diciembre fue estadísticamente distinta a la registrada durante noviembre, enero y febrero (mayor talla en éstos últimos). Además esta prueba mostró que la talla de esta especie fue estadísticamente distinta en la zona sur (menor) en comparación con la registrada en las zonas norte y oriente (Anexo 3).

DISCUSIÓN

Distribución

El pez león, está asociado a fondos duros, arrecifes de coral y a zonas protegidas desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Este pez llegó al Caribe vía escape o introducción intencional, aparentemente desde La Florida (E.U.A.) y las condiciones reinantes de hábitats coralinos, formaciones rocosas y sustratos arenosos y profundidades ideales para su estancia de 1 a 50m, temperatura entre los 18-30° C, pH de 8 a 8.5 y salinidad de 30-40 ppm (González *et al.* 2011), estas condiciones han favorecido la invasión en la Isla Cozumel, ya que las características anteriormente descritas son similares para la isla (Orellana *et al.*, 2008; Mcgregor y Nieuwotl, 1998).

La posición geográfica que guarda la Isla Cozumel, favorece el paso de dos corrientes típicas que ocurren de Sur a Norte a cada lado de la Isla y de acuerdo a los datos obtenidos, al parecer la zona oriente y norte, presentan características óptimas para la reproducción y desarrollo de esta especie.

Biomasa y abundancia

A partir del mes de julio comienza la temporada de pesca de langosta espinosa (*Panulirus argus*), teniendo con el mayor número de áreas de trabajo en la Isla Cozumel en la zona norte. La pesca del recurso langosta viene acompañado de pesca incidental de otros recursos pesqueros como la escama, incluyendo recientemente al pez león.

El inicio de la temporada de pesca puede explicar el por qué hay mayor número de organismos capturados en las tres zonas de muestreo. En otros trabajos realizados en la región, se han encontrado las mayores biomásas, al principio de la temporada de pesca (Antonio- Cahuich, 2009; Mena-Celis, 2009; Sosa-Cordero, et al., 2008).

Este comportamiento es debido al régimen de las pesquerías y ordenamiento pesquero de la región, pues las actividades pesqueras, permanecen casi nulas durante un período de 4 meses (marzo – junio) para proteger la reproducción y el crecimiento de la langosta, una de las principales especies sometidas a pesca y luego comienza la explotación pesquera con la apertura de la temporada que va de julio a febrero (Anónimo, 2013)

Con base a datos aportados por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. De R. L. durante la temporada de pesca 2012 – 2013, otras especies comerciales del tipo escama como son el abadejo (*Mycteroperca interstitialis*) y la cabrilla (*Cephalopholis cruentata*) presentaron una biomasa menor en comparación con el pez león. Por ejemplo, el abadejo tuvo una biomasa de 226 kg, el abadejo 477 y el pez león de 3562 kgs. Es evidente el potencial pesquero que tiene el pez león, sin embargo son necesarios futuros trabajos relacionados con evaluaciones pesqueras, no sólo del pez león, sino de especies con importancia comercial de la región.

Por otro lado, la zona oriente y norte, presentaron la mayor captura de esta especie, sin embargo, la prueba de ANOVA, reveló que no hay diferencia significativas espacialmente, pero si temporalmente (meses). Estas diferencias pueden ser explicadas de la misma manera que la biomasa (Sandoval–Vizcaíno, 2007), debido a que los tres primeros meses comienza la captura de langosta, es también cuando se obtienen las mayores capturas de pez león. Whitfield *et al.*, (2002) indica que una de las características que permite la supervivencia y buen desarrollo de esta especie, es la temperatura cálida del agua. Debido al tipo de clima que presenta el Caribe (subtropical / tropical) Cozumel es un lugar idoneo para el desarrollo de esta especie.

Yajaira Tun (2012) reportó que los meses de agosto y octubre presentan las mayores abundancias, estos datos soportan que los mayores biomasas y abundancias se encuentran en los primeros meses del inicio de la temporada de pesca. Por otro lado, Cervantes y Ramírez (2001) sugieren que la abundancia relativa más elevada se encuentra en la temporada de nortes, probablemente debido a que el mal tiempo impide la actividad pesquera produciendo un incremento en la cantidad de organismos que ingresan a dichas zonas. En este estudio, aunque hubo esfuerzo pesquero en esta temporada, existió una baja en la abundancia de esta especie.

Estructura de tallas

Cammal (2011) reporta que en el parque nacional Isla Contoy se registró una medida de longitud total de 14.79 ± 0.54 cm y un promedio de longitud estándar de $11.38 \text{ cm} \pm 0.42$, mientras que la mayor frecuencia en las tallas capturadas se encontró en el intervalo de los 10 a los 22 centímetros, siendo los de 14 a 18 las tallas de mayor abundancia.

Durante la realización de este estudio las tallas más frecuentes se localizaron en un intervalo de 30 – 36 cm de longitud total, siendo la talla más grande de 42 cm y fue localizada en las zona norte.

Este hallazgo puede ser indicador, que los organismos de tallas grandes, son más frecuentes encontrarlos en zonas más profundas ya que se ha reportado que los peces de tallas grandes se encuentran en esta zona.

Sin embargo, aunque se encontraron diferencias significativas en cuanto a la talla por zona, las profundidades de pesca en las tres zonas son similares (norte: 27.7m, oriente: 19.8m, sur: 27.3m) por lo tanto otros factores podrían explicar este comportamiento, por ejemplo mayor selectividad por tallas comerciales.

En cuanto al aspecto reproductivo, es importante mencionar que la maduración sexual del pez león comienza alrededor de 15 cm de longitud total en ambos sexos (López *et al.*, 2011). La mayor frecuencia de tallas se encontró entre los 33.3 a 36.3, tomando en cuenta el criterio anterior, existe una alta proporción de organismo con altas posibilidades de reproducción, de hecho más del 50 por ciento de la población capturada, pueden encontrarse ya, en etapa reproductiva.

Puesto que se conoce que la dispersión del pez león se produce durante la etapa larval, desplazándose por medio de las corrientes oceánicas (Morris *et al.*, 2009), es muy probable que la etapa juvenil de esta especie se localice en la zona sur de la isla, esto corroborado con un mayor número de tallas pequeñas en dicha zona. Tun – Burgos (2012) reporta menores tallas hacia la parte sur – oeste de Isla Cozumel y mayores tallas en la zona centro – noreste, donde obtuvo la menor frecuencia de tallas en el mes de mayo con un valor de 2.8 cm.

La generación de este tipo de conocimiento para la zona de estudio y otras zonas de pesca de la región, es importante, si consideramos el efecto negativo que causa esta especie, a otras comunidades de peces arrecifales, sin embargo, si lo vemos como la apertura un nuevo aprovechamiento pesquero, quizá sea importante ir pensando en el desarrollo de una nueva pesquería y no ver al pez león como una amenaza, si no como una oportunidad para obtener proteína.

En otros lugares del mundo, se han hecho propuestas, incluso, ya se han desarrollado pesquerías que involucran la presencia de especies invasoras.

Weis (2011) menciona que la sobrepesca ha llevado al borde de la extinción ha muchas especies, pero debido a las características que presentan las especies invasoras, estas tienden a ser diferentes a las especies susceptibles a la sobrepesca, las especies invasoras generalmente tienen una elevada tasa de crecimiento, maduración temprana, una dieta amplia y tolerancias ambientales, mientras que las especies vulnerables suelen ser lo opuesto a estas.

Reconociendo la casi imposible eliminación de una especie invasora establecida, la gente local de regiones afectadas y comunidad científica, han alentado a la población a capturarlos y consumirlos.

Debido a que el éxito de adaptación de esta especie, es por el nulo o pocos depredadores naturales, el humano bien podría tomar ese rol. De hecho del total de biomasa reportada en este estudio y considerando una talla "comercial" de entre los 24-40 cm, el 80-90 % de esta captura, es destinada para consumo humano y explotada comercialmente en otros lugares del país y del mundo, donde la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. de R. L., son líderes en este aspecto y pioneros en la explotación, manejo y comercialización de esta posible y potencial nueva pesquería.

CONCLUSIONES

El análisis realizado durante la temporada de pesca 2012 – 2013 indicó que la zona norte de la isla de Cozumel presenta la mayor abundancia y las mayores tallas de pez león.

El análisis de CPUE mostró que con el mismo esfuerzo se obtiene más captura en los meses de agosto a octubre en comparación con los meses de noviembre a febrero.

La colaboración de los pescadores en esta investigación demostró que la contribución de las personas que dependen económicamente del ecosistema marino es una alternativa viable para estudios relativos a su gestión y conservación.

Los planes de manejo y monitoreo deben de involucrar a la comunidad local en la realización de estrategias de manejo y aprovechamiento ante la invasión del pez león en la isla de Cozumel.

La erradicación total de la especie no es una opción viable debido a la naturaleza de las especies invasoras, por lo tanto, la cooperación y la gestión incluyente de las organizaciones e instituciones tanto a escala regional como estatal es esencial para la correcta gestión y aplicación de un programa de manejo del pez león.

Se observó que hay una población abundante en la zona de pesca de la isla, por lo tanto:, 1) se puede fomentar la captura de esta especie, 2) generar una opción económica alterna y 3) la posible recuperación de especies comerciales sobreexplotadas tradicionalmente.

La opción más viable de manejo que puede introducirse en la entidad federativa es la pesquería comercial de pez león, ya que la carne de esta especie es bastante aceptada por las personas y en algunos lugares ya es una opción de consumo con mucho éxito. La Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S.C. de R.L., son líderes en la explotación, manejo y comercialización de esta especie.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 1998. *Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo*. Instituto Nacional de Ecología. México. 165p.

Anónimo. 2007. *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna Isla de Cozumel, Quintana Roo, México*. CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) México. 126 p.

Anónimo. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 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.

Anónimo. 2011. www.conabio.gob.mx/invasoras/index.php/Pez_le%C3%B3n_en_el_Golfo_de_M%C3%A9xico. Pez león en el Golfo de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Última actualización: 10 de enero de 2011. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2012.

Anónimo. 2012. *Plan para el manejo y control del pez león *Pterois volitans* en el Caribe colombiano*. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 45 p.

Anónimo. 2013. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_cuadro_de_vedas_general. Cuadro de vedas. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Última actualización: viernes 6 de septiembre de 2013. Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2013.

Antonio- Cahuich, A. 2009. *Estructura de tallas y proporción de machos-hembras de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda, Palinuridae), en la Bahía del Espíritu Santo, Quintana Roo*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel, Quintana Roo, México. 54 p.

Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro 2009. *Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en*

Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 277-318.

Aguilar—Perera, A., A. Tuz—Sulub, L. Perera—Chan, M.J. López—Gómez, X. González—Triste, and E. Carillo—Flota. 2012. *Lionfish invasion off the northern coast of the Yucatan Peninsula, Mexico, Southern Gulf of Mexico: What do we know?* Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute 64:34—38

Brunet, A. A. 2010. *Aspectos médicos relacionados a las lesiones producidas por pez león.* Comisión de la Federación Cubana de Actividades Subacuáticas (FCAS). 18 pp.

Gonzalez, J., M., Grijalba- Bendeck, A., Acero- P. y R., Betancur- R. (2009). *The invasive red lionfish, Pterois volitans (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea.* Aquatic Invasions, 4 (3): 507-510.

Caamal, M. B.E., 2011. *La invasión del pez león (Pterois spp) en el parque Nacional isla Contoy, México: Diagnósis y propuesta de manejo.* Comisión de Áreas Naturales Protegidas. Cancún, Mexico. 87p.

Cervantes-Martínez, A. y A. Ramírez-González. 2001. *Abundancia y tallas de Menippe mercenaria (Crustacea: Brachyura), en refugios artificiales en Quintana Roo, México.* Revista Biología Tropical 49: 883-888.

Daniel, W. W. 1990. *Bioestadística.* México D. F., México. Limusa. 667 p.

González, J., A. Acero, A. Serrat and R. Betancur. 2011. *Caracterización taxonómica de la población del pez león Pterois volitans (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe colombiano: merística y morfometría.* Biota Colombiana 12: 15-21.

King, M., G. 2007. *Fisheries biology, assessment, and management.* Fisheries Consultant Toogoon, Queensland Australia. 382 p.

Lasso- Alcalá, O, M., J, M., Posada y G. Carias. 2010. *El pez león crónica de una invasión anunciada.* En Río Verde, 85- 97.

López-Gómez, M.J., A. Tuz-Sulub, L. Perera-Chan, and A. Aguilar-Perera. 2011. *Diver-Fishermen Volunteering Provided Reliable Data on the Lionfish Invasion in the*

Alacranes Reef National Park, Mexico. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 64:77-81.

Maunder, M. N., Sibert, J. R. Fonteneau, A., Hampton, J., Kleiber, P., and Harley. S. J. 2006. Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1373 – 1385.

Mena- Celis, G., E. 2009. *Evaluación de la biomasa de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la Bahía del Espíritu Santo, Quintana Roo, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel. Quintana Roo. 47 p.

Morris, J., Akins, J., Barse, A., Cerino, D., Freshwater, D., Green, S., Muñoz, R., Paris, C. y P. Whitfield. 2009. *Biology and ecology of the invasive lion fishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans**. 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute - GCFI. Guadalupe, 6.

Morris, J.A., Jr. y P.E. Whitfield. 2009. *Biology, Ecology, Control and Management of the Invasive Indo-Pacific Lionfish: An Updated Integrated Assessment*. NOAA. Technical Memorandum NOS NCCOS 99. 57 p.

Sandoval –Vizcaíno S. *Dinámica de Corrientes costeras*. Cap. 3: 43-47, en Mejía-Ortíz, L, M. (Editor). Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel, 422 pp. Universidad de Quintana Roo – Plaza y Valdés, México D. F. 2007.

Schofield, P.J. 2009. *Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans*) [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828] in the Western North Atlantic and Caribbean Sea*. *Aquatic Invasions*, 4(3): 473-479.

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

Tun-Burgos Y., G. 2012. *Distribución y abundancia del pez león *Pterois* spp. (Oken, 1817) (Vertebrata: Scorpaeniformes: Scorpaenidae), en las costas de la Isla de Cozumel, Quintana Roo, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo, Cozumel. Quintana Roo, México. 74p.

Valdez- Moreno M, Quintal- Lizama C, Gómez- Lozano R, García- Rivas MdC. 2012.

Monitoring an Alien Invasion: DNA Barcoding and the Identification of Lionfish and Their Prey on Coral Reefs of the Mexican Caribbean. Plos One 7(6): e36636.

Weis, J., S. 2011. *Invasion and predation in aquatic ecosystems.* Department of Biological Sciences, Rutgers University, Newark, USA. Current Zoology 57 (5): 613-624.

Whitfield, P.E., Gardner T., Vives, S.P., Gilligan, M.R., Courtenay, W.R., Ray, G.C. y Hare, J.A. 2002. *Biological invasion of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* along the Atlantic coast of North America.* Marine Ecology Progress Series, 235, 289-2

Anexo 1

1. Formato para la captura de datos

FECHA	SOCIO	LUGAR DE CAPTURA	PEQUEÑOS		MEDIANOS		GRANDES		TANQUES	BUZOS	PROFUNDIDAD
			PZS	KG	PZS	KG	PZS	KG			

Anexo 2

Tabla ANOVA de dos vías en comparación entre los meses y zonas de pesca.

Fuente de la Variación	Suma de los cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia (probabilidad)
Efectos principales					
A: Mes	2.8542	7	.4077	2.752	.0082
B: Zona	.0334	2	.0167	.113	.8934
Intracciones A x B	1.2563	14	.0897	.606	.8610
Residuos	69.7785	471	.1481		
Total (Corregido)	79.0681	494			

No. De organismos

Fuente de la Variación	Suma de los cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia (probabilidad)
Efectos principales					
A: Mes	14.1372	7	2.0196	7.248	.0000
B: Zona	.4309	2	.2154	.773	.4621
Intracciones A x B	4.4273	14	.3162	1.135	.3248
Residuos	114.5267	411	.2786		
Total (Corregido)	166.6223	434			

CPUE

Fuente de la Variación	Suma de los cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia (probabilidad)
Efectos principales					
A: Mes	1.0946	3	.3648	40.355	.000
B: Zona	.6645	2	.3322	36.747	.000
Intracciones					
A x B	.8014	6	.1335	14.773	.000
Residuos	8.6529	957	.0090		
Total (Corregido)	18.2128	968			

Tallas**Anexo 3**

Prueba a posteriori de Tuckey, el asterisco indica diferencias significativas a $p < 0.05$.

Fuente de variación	Meses	Zonas
No. De organismos capturados	Septiembre* vs noviembre, diciembre, enero y febrero.	
CPUE	Agosto, septiembre y octubre * vs noviembre, diciembre, enero y febrero. Diciembre* vs enero y febrero.	
Tallas	Noviembre* vs diciembre Diciembre* vs enero y febrero	Sur* vs norte y oriente

