



**UADY**

POSGRADO  
INSTITUCIONAL  
EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y  
MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES TROPICALES

**HÁBITOS ALIMENTICIOS DEL PEZ LEÓN (*Pterois  
volitans*) EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE  
ALACRANES**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES TROPICALES**

POR:

**Licenciado en Biología  
Emmanuel Augusto Santos May**

**Asesor:**

**Doctor Jacinto Alfonso Aguilar Perera**

Mérida, Yuc., México, Septiembre de 2015

## VOTOS APROBATORIOS DEL SÍNODO

Dra. Silvia Filomena Hernández Betancourt \_\_\_\_\_

M. en C. Lizbeth Chumba Segura \_\_\_\_\_

Dr. Gaspar Róman Poot Lopez \_\_\_\_\_

Dr. Carlos Francisco González Salas \_\_\_\_\_

Dr. Armin Nasario Tuz Sulub \_\_\_\_\_

## **DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD**

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

---

EMMANUEL AUGUSTO SANTOS MAY

# 1. RESUMEN

Las invasiones biológicas fomentan la perturbación de los ecosistemas y ocasionan una pérdida de biodiversidad. El pez león (*Pterois volitans*) fue introducido al Atlántico Oeste donde se ha convertido en especie invasora dispersándose además por el Mar Caribe y Golfo de México. Se usaron los contenidos estomacales para identificar los hábitos alimentarios del pez león del Parque Nacional Arrecife Alacranes, en el sureste del Golfo de México. Los análisis de contenido estomacal (N = 299) revelaron 580 ítem-presa, de los cuales se identificaron 315 taxonómicamente a nivel de familia. Se obtuvieron los porcentajes de frecuencia de los ítem-presa (%F), número (%N) y peso (%P), para determinar los índices de importancia relativa (IIR), índice de ocurrencia (IOI) y el índice de preponderancia (IOP). Se detectaron 16 familias ítem-presa, 14 de teleósteos (97.3 %N) y dos de crustáceos (2.7%N). Dentro de los índices de importancia, las familias de mayor importancia fueron Gobiidae, Pomacentridae, Haemulidae, Blenniidae y Labrisomidae. Se detectaron similitudes de ítem-presa con los trabajos previos aunque se anexan especies de Sparidae y Sciaenidae.

**PALABRAS CLAVE:** ecología, *Pterois volitans*, pez león, hábitos alimenticios, contenidos estomacales.

## 2. SUMMARY

Biological invasions promote disruptions in the ecosystems and cause biodiversity loss. The lionfish, *Pterois volitans*, was introduced in the Atlantic Ocean, where it turned out to be an invasive species that dispersed throughout the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico. We used stomach content analyses to determine the feeding habits of lionfish in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, in the Southern Gulf of Mexico. Analyses of stomach contents (N = 299) revealed 580 prey items, of which 315 were identified taxonomically to family level. Frequency percentages of prey items (%F), number (%N), and weight (%W) were obtained to determine the index of relative importance (IIR), index of occurrence (IOI) and the index of prevalence (IOP). At least, 16 families of prey items were detected including 14 of teleosts (97.3%N) and two of crustaceans (2.7%N). Among the indexes, teleost families of high importance were Gobiidae, Pomacentridae, Haemulidae, Blenniidae and Labrisomidae. We detected similarities on prey items previously reported, but there are new additions of species of Sparidae and Sciaenidae.

**KEYWORDS:** ecology, *Pterois volitans*, lionfish, feeding habits, stomach contents.

### 3. ÍNDICE GENERAL

VOTOS APROBATORIOS DEL SÍNODO	I
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	II
1. RESUMEN	III
2. SUMMARY	IV
3. ÍNDICE GENERAL	V
4. ÍNDICE DE TABLAS	VI
5. ÍNDICE DE FIGURAS	VI
6. INTRODUCCIÓN	7
7. OBJETIVO GENERAL	9
7.1. Objetivos Específicos	9
8. MARCO TEÓRICO	10
8.1. Cronología de la invasión.	10
8.2. Descripción del Pez León <i>Pterois volitans</i>	10
8.3. Ecología alimentaria en peces marinos tropicales	11
8.4. Importancia del contenido estomacal en teleósteos.	12
8.5. Métodos de estudios de hábitos alimenticios.	13
8.5.1. Métodos de ocurrencia.	13
8.5.2. Métodos numéricos.	13
8.5.3. Métodos gravimétricos.	13
8.6. Uso de otolitos para la identificación de ítem-presa	14
8.7. Hábitos alimenticios del genero <i>Pterois</i> .	15
8.7.1. Hábitos alimenticios del pez león en el Atlántico.	15
8.7.2. Estudios en la Península de Yucatán	16
9. BIBLIOGRAFÍA	17
10. ARTÍCULO CIENTÍFICO	22
11. ANEXOS	41
11.1 Anexo 1	41

## 4. ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Presas de pez león identificadas por taxa del Parque Nacional Arrecife Alacranes.....	<b>30</b>
---	-----------

<b>Tabla 2.</b> Índices de importancia de los teleósteos presentes en el contenido estomacal de <i>Pterois volitans</i> (IIR= Índice de importancia relativa; IOI= Índice de importancia; IOP= Índice de preponderancia).....	<b>33</b>
---	-----------

## 5. ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ejemplares de otolitos colectados. (A) Apogonidae, (B) Labrisomidae, (C) Labridae, (D) Haemulidae, (E) Gobiidae, (F) Blenniidae, (G) Scienidae, (H) Scorpaenidae, (I) Serranidae, (J) Scaridae, (K) Sparidae, (L) Pomacentridae.....	<b>29</b>
---	-----------

<b>Figura 2.</b> Composición de los contenidos estomacales de acuerdo con las longitudes de <i>Pterois volitans</i> .....	<b>32</b>
---	-----------

## 6. INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas tienen lugar debido al establecimiento, supervivencia, éxito reproductivo y amplia dispersión de una especie dentro de un ecosistema donde no habitaba previamente (Carlton, 1996). Dichas invasiones fomentan perturbaciones dentro de los ecosistemas y ocasionan la pérdida de biodiversidad (Mark et al., 2000). A nivel mundial, el 80% de las especies en peligro de extinción, están amenazadas debido a las presiones que ejercen las especies invasoras. En estos casos, las especies son introducidas por diversas actividades humanas, como el transporte, o de manera accidental e intencional (Rilov y Crooks, 2009).

Las especies nativas que no se encuentran en peligro de extinción podrían verse afectadas negativamente por las especies invasoras o por el cambio del ecosistema ocasionado por ellas ya que éstas modifican parcial o completamente los hábitats, alterando el funcionamiento y estructura del ecosistema que resulta inadecuado para las comunidades nativas (Pimentel et al., 2000; Rilov y Crooks, 2009; González et al., 2011). Cuando una especie es introducida a un ecosistema distinto, el impacto suele ser evidente ya que alteran la ecología de los ecosistemas y es difícil estimar los efectos económicos asociados al impacto de estas especies (Pimentel et al., 2000).

El pez león (*Pterois volitans*) fue introducido en los 1980s en las costas de Florida, Estados Unidos (Morris y Whitfield, 2009). Su rango de distribución se ha expandido desde entonces, y ahora se encuentra en toda la región del Atlántico Oeste (Schofield, 2010). Su rápida expansión pudiese deberse a la falta de depredadores naturales, la poca competencia con otras especies y la amplia disponibilidad de presas (Morris y Akins, 2009). Su invasión ha reducido el reclutamiento de los teleósteos nativos en los arrecifes coralinos, así mismo existe la posibilidad de una limitación en el suministro de teleósteos reclutas de importancia económica (Barbour et al., 2011; Lesser y Slattery, 2011).

El aumento de la población de pez león podría estar contribuyendo a cambios en los regímenes ecológicos en los arrecifes de coral (Barbour et al., 2011), así como

en otros ecosistemas marinos, tanto del Caribe mexicano como de la costa Norte de la Península de Yucatán. Green y colaboradores (2012), observaron en las islas de Las Bahamas que de los años 2004 a 2010, hubo un incremento en la abundancia del pez león de cerca de un 23% a 40% de biomasa en promedio. Esto coincidió con la rápida disminución de las especies locales. Asimismo, Lesser y Slattery (2011) reportaron una disminución de las especies de teleósteos forrajeros y un incremento en la cobertura algal, las cuales se encuentran compitiendo con las formaciones coralinas, cubriéndolas y erradicando todo tipo de pólipos de coral presente en el área.

La necesidad de conocer las interacciones entre las especies y las características de la trama trófica, son necesarias para describir el comportamiento en una red trófica individual de las especies presentes. Dicha información, permite realizar análisis ecosistémicos, aportando un conocimiento del espectro trófico de las especies, que en muchos casos, por carecer de importancia comercial, no se analizan debidamente (Sánchez y Prenske, 1996). En los últimos años, los análisis de hábitos tróficos de los peces son una herramienta para los estudios de las pesquerías (Sánchez y Prenske, 1996).

## 7. OBJETIVO GENERAL

Analizar los hábitos alimenticios del pez león, *Pterois volitans*, en el Parque Nacional Arrecife Alacranes.

### 7.1. Objetivos Específicos

- Identificar taxonómicamente los ítems-presa encontrados en los contenidos estomacales, por medio de los caracteres morfológicos.
- Identificar taxonómicamente los ítems-presa muy digeridos encontrados en los contenidos estomacales, por medio de los otolitos *sagitta*.
- Calcular los índices de importancia relativa y de preponderancia para describir los hábitos alimenticios de *P. volitans*

## 8. MARCO TEÓRICO

### 8.1. Cronología de la invasión.

El pez león (*Pterois volitans/miles*) es uno de los primeros peces marinos introducidos que se estableció en el Atlántico Oeste, y su población se ha expandido rápidamente a través de las aguas templado-cálidas del noroeste del Atlántico y el Mar Caribe (Whitfield et al., 2007; Schofield, 2009; Morris y Whitfield, 2009). El avistamiento inicial confirmado en Estados Unidos ocurrió en 1985, en Dania Beach, Florida (Morris y Akins, 2009). Se registró la presencia del pez en Palm Beach, Boca Ratón y Miami, Florida desde 1992, y en las Bermudas, Carolina del Norte, Carolina del Sur y Georgia a comienzos del 2000 (Whitfield et al., 2002).

En el Caribe mexicano, el pez león se reportó por primera vez en el 2009, frente a la isla de Cozumel, Quintana Roo, al oriente de la Península de Yucatán. Posteriormente, hubo una recolección progresiva de individuos en Playa del Carmen, Xel-Ha e incluso en Banco Chinchorro (a 30 km de la costa y cerca de Belice). Es posible que las larvas de *P. volitans* se hayan dispersado a través de la corriente del Caribe y luego pasar a la corriente de Yucatán a través del canal de Yucatán y ser transportadas por la corriente del Lazo (Wilkinson et al., 2009). En este sentido, Vázquez y colaboradores (2011) lograron identificar la primera larva de pez león que fue recolectada en arrastres de ictioplanton frente a la costa este de la Península de Yucatán. Actualmente el circuito de invasión en el Golfo de México, del *P. volitans* parece estar cerrando, ya que el posible desplazamiento de individuos provenientes del sur del Golfo de México, favorecidos por la corriente del Lazo, se están desplazando a las costas de Florida (hay unos 800 km del PNAA a las islas de Dry tortugas y las Marquesas en la Florida). Según el reporte de Aguilar-Perera y Tuz-Sulub (2010), el pez león fue detectado por vez primera en el sureste del Golfo de México a fines del 2009. Eventualmente, se detectó en arrecifes de Veracruz (Santander-Monsalvo et al., 2012).

### 8.2. Descripción del Pez León *Pterois volitans*

El género *Pterois* pertenece a la familia Scorpaenidae, que son mejor conocidos

como peces escorpión o peces roca; actualmente se pueden reconocer 10 especies válidas de *Pterois* (Eschmeyer, 1998), las cuales se encuentran ampliamente distribuidas por el Indo-Pacífico. Sin embargo, se han encontrado dos especies en el Océano Atlántico: *P. miles* y *P. volitans* que son morfológicamente similares y distinguibles en su área de distribución natural por caracteres merísticos. Sin embargo, Schultz (1986) estableció que *P. volitans* tienen aletas pectorales más grandes y presentan manchas en las aletas y por lo general con 11 radios dorsales y 7 anales, mientras que *P. miles* tiene 10 radios dorsales y 6 anales.

El cuerpo de *P. volitans* se distingue por una serie de líneas blancas, marrones, violetas y rojas, aletas pectorales y dorsales ampliamente desarrolladas a modo de abanico; lo cual le otorga un aspecto exótico y lo hace muypreciado como especie ornamental de acuarios. Alcanza uno 30 a 40 cm de largo cuando es adulto, mientras que los juveniles miden menos de 2 cm. El pez posee unos tentáculos carnosos que sobresalen sobre sus ojos y por debajo de su boca. Sus largas espinas dorsales y pectorales son venenosas y la picadura puede ser sumamente dolorosa (Poss, 1999).

### **8.3. Ecología alimentaria en peces marinos tropicales**

La alimentación es el mecanismo de transferencia de energía para el desarrollo de las funciones vitales de los organismos y poblaciones. Es un flujo unidireccional desde los productores primarios a los depredadores tope. A través de la alimentación los depredadores controlan las poblaciones de sus presas (*control top-down*) o bien las presas regulan las poblaciones de los depredadores (*control down-up*), convirtiéndose así en un proceso esencial en la regulación y conformación de la estructura de las comunidades (Lima y Goitein, 2001).

La alimentación es un factor determinante en la abundancia de las especies y define la estructura de las comunidades limitando el número de especies e individuos que coexisten en una zona. Los peces teleósteos tropicales tienen una gran variabilidad trófica, consumiendo más de una decena de *taxa* que pueden diferir en cada localidad y momento. Se ha demostrado que los depredadores ejercen una fuerte presión sobre las poblaciones de nivel trófico inferior en las comunidades que se

desarrollan en los arrecifes coralinos, de ahí que en los estudios del análisis de la alimentación y los hábitos alimenticios de dichos predadores.

#### **8.4. Importancia del contenido estomacal en teleósteos.**

Para poder determinar los hábitos alimenticios de las especies de peces arrecifales, se ha utilizado el estudio de contenidos estomacales (Hiatt y Strastburg, 1960; Randall, 1967; Harmelin-Vivien y Bouchon, 1976; Norris y Parrish, 1988; Blader et al., 1990; Connell, 1998). Muchos de estos estudios examinaron un gran número de especies piscívoras potenciales y por lo tanto son más útiles para la identificación de piscívoros, pero esto significaba que los tamaños de muestra de las especies fueran a menudo bajos (menos de 50). Los tamaños bajos de muestras en conjunto con un gran número de estómagos vacíos y la digestión avanzada de los ítem-presa en general, impidió la descripción detallada de la dieta para determinadas especies (Connell y Kingsford, 1997).

Los métodos tradicionales de análisis incluyen el recuento, la frecuencia de ocurrencia y el volumen o el peso de las presas individuales (Hynes, 1950; Hyslop, 1980). La abundancia numérica es informativa con respecto al comportamiento alimentario, las medias de volumen o de peso reflejan el valor nutricional de la dieta (Macdonald y Green, 1983), y la ocurrencia representa los hábitos alimenticios de toda la población (Tirasin y Jørgensen, 1999). Un número de índices compuestos que contienen una o más de estas mediciones también se han desarrollado. A pesar de la decisión de qué método utilizar para determinar la importancia relativa y el dominio de la presa es generalmente subjetiva (Hyslop, 1980). Uno de los índices compuestos más utilizados en estudios de la dieta de peces es el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas et al., 1971; Fritz, 1974). Los índices de importancia de la dieta o los índices de la dieta de híbridos han sido ampliamente empleados en el estudio de los hábitos alimenticios (Bowen, 1996).

## **8.5. Métodos de estudios de hábitos alimenticios.**

### **8.5.1. Métodos de ocurrencia.**

Posiblemente la manera más simple de registrar los datos obtenidos del contenido estomacal, es registrar el número de estómagos que contienen uno o más individuos de cada categoría de alimentos (Hyslop, 1980). Este número puede ser expresado como un porcentaje de todos los estómagos (Frost, 1946, 1954; Hunt y Carbine, 1951) o todos aquellos alimentos que contienen (Dineen, 1951; Dunn, 1954; Kennedy y Fitzmaurice, 1972). Las ventajas del método de frecuencias de ocurrencia es que los productos alimenticios son fácilmente identificados, es rápido y requiere el mínimo de equipo (Hyslop, 1980).

### **8.5.2. Métodos numéricos.**

El número de individuos en cada categoría alimenticia es registrado para todos los estómagos y el total es expresado como una proporción, usualmente un porcentaje, del total de los individuos en todas las categorías alimenticias (Ikusemiju y Olaniyan, 1977; Crisp et al., 1978). El mayor número de individuos por estómago en cada categoría alimentaria puede ser calculado (Bulkley et al., 1976). El método numérico es relativamente rápido y sencillo de manejar ya que facilita la identificación de las presas factibles (Hyslop, 1980). En algunas situaciones puede ser el método más adecuado, por ejemplo, donde las presas de diferentes especies están en el mismo rango de tamaño, por ejemplo en los peces piscívoros.

### **8.5.3. Métodos gravimétricos.**

En el análisis gravimétrico del contenido estomacal se trabaja con el peso (Hyslop, 1980). El peso de los alimentos puede ser determinado "húmedo" o "seco. Glenn y Ward (1968) encontraron que el peso húmedo correlacionó significativamente con el peso seco para cinco diferentes especies de presas. En estudios de dietas donde grandes cantidades de material son colectados, el peso húmedo es probablemente la medida más conveniente; la estimación del peso seco consume más tiempo y se emplea generalmente en las determinaciones precisas donde se requiere consumo calorífico. El peso total de un categoría de alimentos puede ser expresado como un

porcentaje del peso total del estómago bien sea “húmedo” (Gibbons y Gee, 1972) o “seco” (Pemberton, 1976).

### **8.6. Uso de otolitos para la identificación de ítem-presa**

Los estudios sobre determinación de la dieta de los predadores marinos están limitados principalmente al examen de cuatro tipos de muestras: los contenidos estomacales, regurgitos, vómitos y heces. Sin embargo, el principal problema para analizar este material, debido a su naturaleza y consistencia, es la identificación de los restos de los ítem-presa que se hallan parcialmente o totalmente digeridos, y cuyos fragmentos reconocibles son otolitos, vertebras y escamas (Cortés, 1997; García-Godos, 2001).

Los otolitos son los más ampliamente utilizados como estructuras de identificación de los ítems-presa, estos exhiben una alta variabilidad interespecifica. Los otolitos *sagitta* tienen formas muy variables que varía dependiendo de la familia y la especie, desde forma hasta diferencias en las formas del margen como del *sulco* acústico (Anexo 1), así como otras estructuras observables.

Actualmente se utilizan para identificar presas en la dieta de tiburones (Talent, 1976), aves (Suter y Morel, 1996), mamíferos marinos (Fitch y Brownell, 1968; Perrin et al, 1973; Gamboa, 1992; Grellier y Hammond 2005). Los investigadores han usado otolitos de colecciones como referencia, así como guías fotográficas utilizadas para la identificación (Lowry, 2011). Esta herramienta se puede utilizar debido a que su morfología varía con las diferentes presiones selectivas, relacionadas con los aspectos funcionales del sistema auditivo de cada taxa (Tuset et al, 2008).

En este tipo de estudios el otolito no es el objeto de estudio mismo, sino una herramienta para responder a una pregunta referente a los depredadores. La base para este tipo de estudios es tener una colección de referencia de las especies locales o, en su caso, atlas publicados de otolitos de una amplia gama de especies (Campana, 2005).

### **8.7. Hábitos alimenticios del genero *Pterois*.**

En el Mar Rojo, *P. volitans* se alimenta de peces bentónicos, incluyendo peces damisela y cardenales antias. Sin embargo en el Océano Pacífico, *P. lunulata* se alimenta principalmente de invertebrados como los camarones peneidos y misidos. Las evaluaciones del pez león invasor sugieren que son en gran parte piscívoros, pero también se alimentan de un número de crustáceos (Morris et al., 2009). Los taxones particulares de mayor importancia en la dieta del pez león probablemente varían dependiendo del tipo de hábitat y la disponibilidad de las presas.

En el Mar Rojo el pez león es capaz de extender más de 30 veces su volumen estomacal cuando el consumo de alimento es muy grande (Fishelson, 1975; 1997). Esta capacidad apoya la hipótesis de que este pez es capaz de tener una etapa larga de ayuno, y ha demostrado su capacidad para resistir la ausencia de ingesta de alimentos, por períodos de más de 12 semanas sin morir. También se midieron las tasas de consumo diario en el laboratorio de peces león de seis pesos diferentes, que variaron entre 30-300 g, por lo tanto estos animales consumía aproximadamente 2.5 a 6.0% de su peso corporal por día a 25-26 °C (Fishelson, 1997).

#### **8.7.1. Hábitos alimenticios del pez león en el Atlántico.**

Dada la importancia de la invasión del pez león en el Atlántico y Mar Caribe, se han realizado diversos trabajos referentes a contenidos estomacales para conocer un poco más de la ecología trófica en el ambiente invadido. Albins y Hixon (2008) determinaron la reducción de reclutamiento de peces (cerca de 80%) en arrecifes de coral debido a la presencia del pez león. Morris y Akins (2009) encontraron que el pez león consumió 21 familias de teleósteos, cuatro familias de crustáceos y una familia de moluscos. Los teleósteos dominaron la dieta del pez león, con un total del 78% del volumen total, un 71.8% numérico y 61.6% de ocurrencia. De los peces teleósteos se encontraron 41 especies, exhibiendo diferentes tamaños y formas. Las familias Labridae, Pomacentridae y Gobiidae, fueron las más representativas.

Se han realizado diversos estudios comparativos de consumo de peces de importancia ecológica, Lesser y Slattery (2011) reportaron una disminución de las

especies de teleósteos forrajeros y un incremento en la cobertura algal, las cuales se encuentran compitiendo con las formaciones coralinas, cubriéndolas y erradicando todo tipo de pólipos de coral presente en el área. Côte y colaboradores (2013) realizaron un estudio de contenidos estomacales utilizando identificación de morfometría externa, identificando 17 especies de 8 familias y 34 especies pertenecientes a 16 familias por medio del sistema de identificación por código de barras genético. Se determina para la región del Caribe el pez león se alimenta de 90 especies de presas potenciales. La especie encontrada en mayor cantidad fue *Coryphopterus personatus*. La frecuencia de canibalismo es baja (3%).

#### 8.7.2. Estudios en la Península de Yucatán

Actualmente existen tres trabajos de contenidos estomacales en pez león en la Península de Yucatán. Quijano y colaboradores (2013), realizaron el estudio de contenidos estomacales en ejemplares de pez león, capturados en el PNAA en 2011, reportando la presencia de 13 familias de teleósteos y una familia de crustáceos. Para la región del Caribe mexicano, se reportan dos trabajos de importancia; Valdez y colaboradores (2012) reportan cinco órdenes de teleósteos, comprendiendo 14 Familias, 22 Géneros y 34 especies identificadas por el sistema de código de barras de material genético, las familias más representativas fueron Gobiidae, Apogonidae y Scaridae. Villaseñor-Derbez y Herrera-Pérez (2014), reportan del análisis de 109 estómagos la presencia de cuatro géneros y 14 especies, de los cuales el 67.39 %N correspondió a los crustáceos y el 32.61 %N a los teleósteos.

## 9. 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. *Aquatic Invasions* 5:s9-s12.
- Albins, M. y Hixon, M. A., 2008: Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. *Marine Ecology Progress Series*. 367:233-238
- Barbour, A.B., Allen, M.S., Frazer, T.K. y Sherman, K.D., 2011: Evaluating the potential efficacy of invasive lionfish (*Pterois volitans*) removals. *PLoS ONE* 6(5):e19666. doi:10.1371/journal.pone.0019666
- Biggs, M. A. y Pérez, M. A., 1985: Modified volume: a frequency-volume method to asses marine mammal food habits. In *Marine mammals and fisheries*. Edited by J.R. Beddington, R.J.H. Beverton, and D.M. Lavigne. George Allen & Unwin, London, U.K. pp. 277-283.
- Blader, S.J.M., Milton, D.A., Rawlinson, N.F.J., Tiroba, G. y Nichols, P.V., 1990: Diets of lagoon fishes of the Solomon Islands: predators of tuna baitfish an trophic effects of baitfishing on the subsistence fishery. *Fisheries Research* 8:263-286.
- Bulkley, R. V., Spykermann, V. L. y Inman, L. E., 1976: Food of the pelagic young of walleyes and five species in Clear Lake Iowa. *Transactions of the American Fisheries Society*. 105:77-83.
- Campana, S. E., 2005: Otolith science entering the 21st Century. *Marine And Freshwater Research*. 56, 485-495.
- Carlton, J. T., 1996: Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology*. 77(6):1653-1566.
- Connell, S.D., 1998: Patterns of piscivory by resident predatory reef fish at one tree reef, Great Barrier Reef. *Marine Freshwater Research*. 49:25-30.
- Connell, S.D. y Kingsford, M.J., 1997: The utility of descriptive information for assessing the impact of coral reef piscivores on their prey. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 1,999-1004.
- Cortés, E., 1997: A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application of elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:726-738.
- Côte, I. M., Green, S. J., Morris, J. A., Akins, J. L. y Steinke, D., 2013: Diet richness of invasive Indo-Pacific lionfish revealed by DNA barcoding. *Marine Ecology Progress Series*. 475:249-256. Doi:10.3354/meps09992.
- Crisp, D. T., Mann, R. H. K. y McCormack, J. C., 1978: The effects of impoundment and regulation upon the stomach contents of fish at Cow Green, Upper Teesdale. *Journal of Fish Biology*. 12:287-301.

- Dineen, C. F., 1951: A comparative study of the food habits of *Cottus bairdii* and associated species of Salmonidae. *American Midland Naturalist*. 46:640-645.
- Dunn, D. R., 1954: The feeding habits of some of the fishes and some members of the bottom fauna of Llyn Tegid (Bala Lake), Merionethshire. *Journal of Animal Ecology* 23:224-233.
- Eschmeyer, William N., ed. 1998: *Catalog of Fishes*. Special Publication of the Center for Biodiversity Research and Information, no. 1, vol 1-3. California Academy of Sciences. San Francisco, California, USA. 2905. ISBN: 0-940228-47-5.
- Fishelson, L., 1975: Ethology and reproduction of *Pterois* 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
- Fitch, J. E. y Brownell, R. L. Jr., 1968: Fish otoliths in cetaceans stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *J Fish Res Board Can* 25:2561- 2574.
- Fritz, E. S., 1974: Total diet comparison in fishes by Spearman rank correlation coefficients. *Copeia*, Lawrence. 1:210-214.
- Frost, W. E., 1946: On the food relationships of the fish in Windermere. *Biol. Jaarb.* 13:216-231.
- Gamboa, D. A., 1992: Otolith size versus weight and body-length relationships for eleven fish species of Baja California, México. *Fish Bull US* 89(4):701-706.
- García-Godos N. I., 2001: Patrones Morfológicos Del Otolito Sagitta De Algunos Peces Oseos Del Mar Peruano. Instituto Del Mar Del Perú. *Boletín* 20(1-2).
- Glenn, C. L. y Ward, E. J., 1968: 'Wet weight' as a method of measuring stomach contents of Walleyes, *Stizostedion vitreum vitreum*. *Journal of the Fisheries Reserach Board of Canada*. 25:1505-1507.
- González, J D., Arceo, A., Serrat, A. y Betancur, R., 2011: Caracterización taxonómica de la población de pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758)(Scorpeanidae) residente en el Caribe Colombiano: merística y morfometría. *Biota Colombiana*. 12(2):15-22.
- Green, S. J., Akins, J. L., Maljkovic, A. y Côte, I. M., 2012: Invasive lionfish drive atlantic coral reef fish declines. *PLoS ONE* 7(3): e32596. Doi:10.1371/journal.pone.0032596
- Grellier, K. y Hammond, P. S., 2005: Feeding method affects otolith digestion in captive gray seals: Implications for diet composition estimation. *Mar Mammal Sci* 21(2):296- 306.
- Harmelin-Vivien, M.L., Bouchon, C., 1976: Feeding behavior of some carnivorous fishies (Serranidae and Scorpaenidae) from Tulear (Madagascar). *Marine Biology*. 37:329-340.

- Hiatt, R.W., Strastburg, D.W., 1960: Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecological Monographs* 30:65-127.
- Hunt, B. P. y Carbine, N. F., 1951: Food of young pike and associated fishes in Peterson's Ditches, Houghton Lake, Michigan. *Transactions of the American Fisheries Society* 80:67-73.
- Hyslop, E. J., 1980: Stomach contents analysis- a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- Ikusemiju, K. y Olaniyan, C. I. O., 1977: The food and feeding habits of the catfishes, *Chrysichthys walker* (Gunther), *Chrysichthys filamentosus* (Boulenger) and *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepede) in Lekki Lagoon, Nigeria. *J. Fish Biol.* 10:105-112.
- Kennedy, M. y Fitzmaurice, P., 1972: Some aspects of the biology of gudgeon *Gobio gobio* (L.) in Irish waters. *Journal of Fish Biology.* 4:425-240.
- Layman, C.A. y Allgeier, J.E., 2012: Characterizing trophic ecology of generalist consumers: a case study of the invasive lionfish in The Bahamas. *Marine Ecology Progress Series.* 448: 131–141
- Lesser, M.P. y Slattery, M., 2011: Phase shift to algal dominated communities at mesophotic depths associated with lionfish (*Pterois volitans*) invasion on a Bahamian Coral Reef. *Biological Invasions* 13:1855-1868.
- Lima-Junior, S. E. y Goitein, R., 2001: A new method for the analysis of fish stomach contents. *Acta Scientiarum* 23:421-424.
- Macdonald, J. S. y Green, R. H., 1983: Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. *Canadian Journal of Aquatic Science* 40:635-637.
- Marck, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M. 2000: Biotic invasion: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10:689
- Mascareñas, I., Aburto, O., Balart E. F., 2003: Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C.
- Morris, J.A. Y Akins, J.L., 2009: Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamas archipelago. *Environmental Biology Fish.* 86:389–398 DOI 10.1007/s10641-009-9538-8
- Morris, J.A. y Whitfield, P.E., 2009: Biology, ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific lionfish: An updated integrated assessment. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 99,57pp.
- Norris, J. E. y Parrish, J. D., 1988: Predator-prey relationships among fishes in pristine coral reef communities. *Proceedings 6th International Coral Reef Symposium* 2:107-113.

- Perrin, W. F., Warner, R.R., Fiscus, C.H. y Holts, D.B., 1973: Stomach contents of porpoise, *Stenella* spp., and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. *Fish Bull US* 71(4):1077-92.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. y Morrison, D., 2000: Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience*. 50(1):53-65.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S. y Iverson, L. K., 1971: Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California Waters. *California Fish and Game*. 152:1-105.
- Poss S. G., 1999: Scorpaenidae. In K.E. Carpenter, V.H. Niem, eds. *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Pacific. Vol. 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp. 2291-2352.
- Puerto N. E. A., 2004: Hábitos alimenticios de los juveniles de cuna bonaci, *Mycteroperca bonaci* (Pisces: Serranidae) de a costa norte de la Península de Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Quijano-Puerto, L., Perera-Chan, L., Aguilar-Perera, A. y Tuz-Sulub, A., 2013: Dieta del pez león rojo, *Pterois volitans*, en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Sureste del Golfo de México. *Proc Gulf Carib Fish Int.* 65:333-337
- Rilov, G. y Crooks, J. A., 2009: Biological invasions in marine ecosystems: ecological, management and geographic perspectives. *Ecological Studies* 204. Springer-Verlag, 641pp.
- Sánchez, F. y Prenske, L. B., 1996: Ecología trófica de peces demersales del Golfo de San Jorge. *Revista Investigación y Desarrollo Pequero*. 10:57-71.
- Santander-Monsalvo, J., Lopez-Huerta, I., Aguilar-Perera, A. y Tuz-Sulub, A., 2012: First record of the red lionfish (*Pterois volitans* (Linnaeus, 1758)) off the coast of Veracruz, Mexico. *BiolInvasions Records*. 1(2):121-124.
- Schofield, P. J., 2009: Geographic extent and chronology of invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*. 4:473-479.
- Schofield, P. J., 2010: Update on geographic spread of invasive lionfishes (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Aquatic Invasions*. 5:S117-S122.
- Schultz, E. T., 1986: *Pterois volitans* and *Pterois miles*: two valid species. *Copeia* 1986:686-690.
- Suter, W. y Morel, P., 1996: Pellet analysis in the assessment of Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* diet: Reducing biases from otolith wear when reconstructing fish length. *Colon Waterbirds* 19(2):280-284.
- Talent, L. G., 1976: Food habits of the leopard shark, *Triakis semifasciata*, in Elkhorn Slough, Monterey Bay, California. *Calif Fish Game* 62(4):286-98.

- Tirasin, E. M. y Jørgensen, T., 1999: An evaluation of the precision of diet description. *Marine Ecology Progress Series*. 182:243-252.
- Valdez, M., Quintal, C., Gómez, R. y García, Md. C., 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. doi:10.1371/journal.pone.0036636
- Vázquez, L., Carrillo, L., Morales, S., Malca, J.A., Schultz, T. y Lamkin, J.T., 2011: First larval record of *Pterois volitans* (Pisces:Scorpaenidae) collected from the ichtioplankton in the Atlantic. *Biological Invasions*. 13:2635-2640.
- Whitfield, P.E., Gardner, T., Vives, S.P., Gilligan, M.R., Courtenay, W.R., Ray, G.C. y Hare, J.A., 2002: Biological invasions of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* along the Atlantic Coast Of North America. *Marine Ecology Progress Series*. 235:289-297.
- Whitfield, P. E., Hare, J. A., David, A. W. y Harter, R. C. 2007: Abundance estimates of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans/miles* complex in the Western North Atlantic. *Biological Invasions* 9:53-64.
- Wilkinson T., E. W., Bezaury-Creel, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L., Padilla, M. 2009: Marine ecoregions of North America. C. f. E. Cooperation. Montreal, Canada.

## **10. ARTÍCULO CIENTÍFICO**

**Hábitos alimenticios del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecife Alacranes.**

**Emmanuel Augusto Santos May<sup>1</sup>, Alfonso Aguilar Perera<sup>2</sup>**

1. Programa de Maestría en Manejo De Recursos Naturales Tropicales.

Universidad Autónoma de Yucatán. Campus de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias; emmanuel.santos@correo.uady.mx

2. Departamento de Recursos Marinos Tropicales. Universidad Autónoma de

Yucatán. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Mérida-

Xmatkuil kilómetro 15.5. Apdo. Postal 4-116 Itzimná C.P. 97100 Mérida, Yucatán,

México.

Manuscrito elaborado conforme a las normas editoriales del Journal of Applied Ichthyology

## **Hábitos alimenticios del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecife**

### **Alacranes.**

Santos-May, Emmanuel A.<sup>1</sup>, Aguilar-Perera, Alfonso.<sup>2</sup>

1. Programa de Maestría en Manejo De Recursos Naturales Tropicales. Universidad Autónoma de Yucatán. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias; emmanuel.santos@correo.uady.mx; 2. Departamento de Recursos Marinos Tropicales. Universidad Autónoma de Yucatán. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Mérida-Xmatkuil kilómetro 15.5. Apdo. Postal 4-116 Itzimmá C.P. 97100 Mérida, Yucatán, México.

### **Summary**

Biological invasions promote disruptions in the ecosystems and cause biodiversity loss. The lionfish, *Pterois volitans*, was introduced in the Atlantic Ocean, where it turned out to be an invasive species that dispersed throughout the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico. We used stomach content analyses to determine the feeding habits of lionfish in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, in the Southern Gulf of Mexico. Analyses of stomach contents (N = 299) revealed 580 prey items, of which 315 were identified taxonomically to family level. Frequency percentages of prey items (%F), number (%N), and weight (%W) were obtained to determine the index of relative importance (IIR), index of occurrence (IOI) and the index of prevalence (IOP). At least, 16 families of prey items were detected including 14 of teleosts (97.3%N) and two of crustaceans (2.7%N). Among the indexes, teleost families of high importance were Gobiidae, Pomacentridae, Haemulidae, Blenniidae and Labrisomidae. We detected similarities on prey items previously reported, but there are new additions of species of Sparidae and Sciaenidae.

## **Introducción**

La invasión del pez león (*Pterois volitans/miles*) en el Atlántico Oeste representa uno de los primeros casos documentados de un pez marino introducido que se tornó invasor en el Atlántico Norte y Mar Caribe (Morris y Whitfield, 2009; Schofield, 2009). Las poblaciones de pez león podrían estar ocasionando cambios en el ecosistema de arrecifes de coral (Barbour *et al.*, 2011; Pimentel *et al.*, 2000; Rilov y Crooks, 2009; González *et al.*, 2011). Green y colaboradores (2012) documentaron en Las Bahamas que la abundancia del pez león incrementó, entre 2004 y 2010, representando casi el 40% de biomasa promedio de depredadores. El incremento en abundancia de pez león coincidió con una disminución de 65% en biomasa de 42 especies de ítem-presa del pez león en dos años. Se reporta una disminución de las especies de peces forrajeros y un incremento en la cobertura algal, que se encuentra compitiendo con las formaciones coralinas, cubriéndolas y erradicando todo tipo de póliipo de coral presente en el área (Lesser y Slattery, 2011).

La necesidad de conocer las interacciones entre las especies y las características de la trama trófica, son necesarias para describir el comportamiento en una red trófica individual de las especies presentes, para lo cual el estudio de las dietas y hábitos alimenticios de peces y otros vertebrados marinos, a través del examen de contenidos estomacales se ha convertido en una práctica habitual (Hyslop, 1980; Biggs y Pérez, 1985). Los métodos tradicionales de análisis incluyen el recuento, la frecuencia de ocurrencia y el peso de las presas individuales.

El pez león en la región del Atlántico Norte y Mar Caribe, tiene un rango muy amplio de alimentación, basado tanto de peces teleósteos como de crustáceos (Morris y Akins, 2009; Layman y Allgeir, 2012; Valdez *et al.*, 2012; Côte *et al.*, 2013; Villaseñor

y Herrera, 2014). En Bahamas, se encontraron 21 familias y 41 especies de teleósteos en la dieta del pez león. Frente a Carolina del Norte se determinó, que el pez león tiene una dieta carnívora generalista siendo los teleósteos las presas predominantes (~99% de volumen total) pertenecientes a 16 familias (Morris y Akins, 2009). En México, el pez león fue detectado a inicios de 2009 en el Mar Caribe (Schofield, 2010), hacia finales del mismo año se detectó en el Sureste del Golfo de México (Aguilar-Perera y Tuz-Sulub, 2010). Aún desconocemos los hábitos alimenticios y por lo tanto la dieta del pez león en esta región, por lo que el objetivo de este trabajo es analizar los hábitos alimenticios del pez león en el PNAA frente a la costa norte de la Península de Yucatán.

### **Materiales y Métodos**

El Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA) (22°31'28.18 N; 89°42'44 O) es un área natural protegida que representa la estructura coralina más grande del sureste del Golfo de México. El PNAA está situado a 135 km al norte de la costa norte de la península de Yucatán (Korniker y Boyd, 1962; Bonet, 1967; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez, 2003). Los ejemplares de *Pterois volitans* fueron recolectados en el PNAA por pescadores-buzos langosteros capacitados y voluntarios durante la temporada de langosta (*Panulirus argus*) de julio 2012 a febrero 2013. Después de recolectados, los peces se mantuvieron congelados para su preservación y eventual transporte al laboratorio del Departamento Recursos Marinos Tropicales, del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se registraron datos morfométricos: talla y peso corporal; así como los caracteres

merísticos de cada pez león los cuales se utilizaron para determinar la especie de pez león capturado.

Para el análisis de ítem-presa, se dividieron en seis categorías según su longitud total (LT); dichas categorías son establecidas por Villaseñor y Herrera (2014) basándose en una Regla de Sturges para determinar clases de talla. A cada pez se le removi6 el est6mago para extraer los contenidos estomacales y revisarlos utilizando un microscopio estereosc6pico marca Velab, modelo VE-S5C. Los ítem-presa encontrados en los est6magos fueron identificados taxon6micamente hasta el menor tax6n posible utilizando guías especializadas: Carpenter (2002), Carpenter (2002a), Humann et al. (2002). Para la identificaci6n taxon6mica de los ítem-presa de los contenidos estomacales se us6 la morfología de las presas y los otolitos en el caso de peces tele6steos muy digeridos. Para la identificaci6n de los otolitos de los ítem-presa se utilizaron guías especializadas: García (2001), Mascareñas et al. (2003), Campana (2004), McBride (2010), Baremore y Bethea (2010). Se tom6 en cuenta características principales del otolito *sagitta* para la identificaci6n taxon6mica: la forma del otolito, la forma de los márgenes, forma de la *cauda*, forma del *rostro* y forma del *sulco acústico*. Así mismo los ejemplares que fueron identificados por medio de morfología externa, se les extrajo el otolito *sagitta*, el cual fue fotografiado y caracterizado para la creaci6n de la base de datos.

En el caso de la utilizaci6n del ítem-presa con base en la caracterizaci6n del otolito *sagitta*, se usaron los otolitos retirados directamente del ejemplar a analizar, en este caso del cráneo, los otolitos encontrados dentro del est6mago de manera dispersa no se consideraron para este trabajo.

### *Análisis de los contenidos estomacales.*

Los ítem-presa encontrados en los estómagos del pez león se cuantificaron de acuerdo a los siguientes métodos: 1) numérico ( $\%N=N_i/N_t$ , donde  $N_i$  es el número de organismos encontrados en la categoría  $i$  y  $N_t$  es el número total de organismos encontrados en todas las categorías); 2) gravimétrico ( $\%P=P_i/P_t$  donde  $P_i$  es el peso de la categoría de  $i$  y  $P_t$  es el peso total de todas las categorías encontradas); y 3) frecuencia de ocurrencia ( $\%F=N_o/N_s$ , donde  $N_o$  es el número de ocurrencias de la categoría  $i$  y  $N_s$  es el número total de estómagos analizados) (Hyslop 1980).

Se calcularon tres índices de importancia de dieta o índices híbridos, que han sido utilizadas en el estudio de hábitos alimentarios de peces utilizados por Morris y Akins (2009):

Índice de Importancia Relativa (IIR):

$$IIR_a = F_a(N_a + P_a)$$

Índice de Importancia (IOI):

$$IOI_a = \frac{100 \cdot (F_a + P_a)}{\sum_{a=1}^s (F_a + P_a)}$$

Índice de Preponderancia (IOP):

$$IOP_a = \frac{F_a \cdot P_a}{\sum_{a=1}^s (F_a + P_a)}$$

Donde  $s$  es el número de tipos de ítems,  $F_a$  es la frecuencia de ocurrencia de una especie  $a$ ,  $P_a$  es el porcentaje de composición por volumen de una especie  $a$ , y  $N_a$  es el porcentaje de composición numérico de una especie  $a$ .

### *Análisis de los otolitos.*

Para determinar la identidad taxonómica de ítem-presa muy digeridos, y no identificables con base en sus caracteres morfométricos, se usó el otolito *sagitta*. Se seleccionó este otolito, debido que existen claves y guías de identificación de especies basadas en la morfología del otolito, como: Mascareñas et al. (2003), Campana (2004), McBride (2010) y Baremore y Bethea (2010). Después de remover los otolitos se depositaron en una solución de cloro y agua por cinco minutos para remover la membrana ótica o cualquier tejido que pudiese interferir en su catalogación e identificación. Ya secos, los otolitos fueron colocados en tubos Ependorff de 2 ml y se rotularon para luego ser identificados. Cada uno de los otolitos se fotografió con una cámara interna de un estereoscopio marca Velab, modelo VE-S5C. La descripción de los otolitos a nivel de familia o especie se llevó a cabo con guías especializadas y publicaciones anteriores, siguiendo las características morfológicas de cada una sus estructuras. Los ejemplares que se podían identificar por caracteres morfológicos hasta familia o especie fueron fotografiados y posteriormente se les retiró el par de otolitos, estos fueron guardados y etiquetados para servir como muestras para las futuras determinaciones.

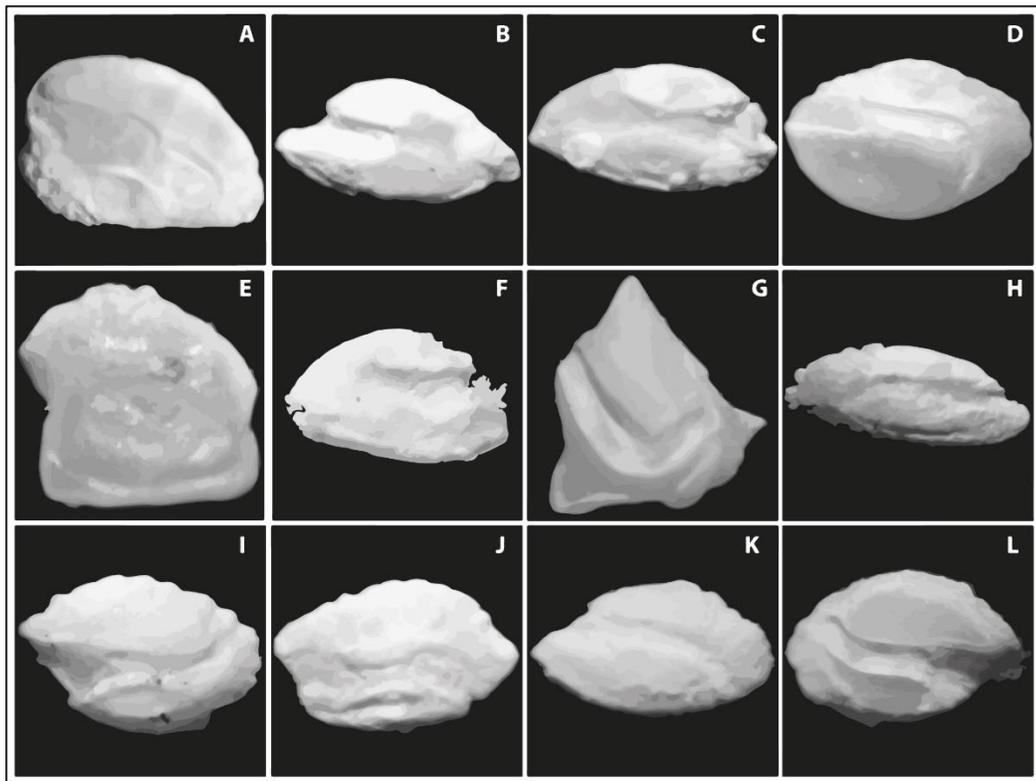
### **Resultados**

Se recolectaron 320 individuos de peces león (*P. volitans*) en el PNAA, únicamente 299 estómagos pudieron ser analizados. De éstos últimos 78 se encontraban completamente vacíos. Las tallas de los individuos fluctuaron entre los 104 y 389 mm LT ( $277 \text{ mm} \pm \text{DE } 50.043 \text{ mm}$ ). Se encontraron un total de 580 ítems-

presa, de los cuales solo se identificaron taxonómicamente 315 a nivel de familia (54% del total).

#### *Composición de las presas.*

La dieta del pez león estuvo representada por 14 familias de peces teleósteos y dos familias de crustáceos (Tabla 1), de los cuales 256 (45.6%) no lograron ser identificados. Con el método complementario de reconocimiento de otolito *sagitta* se identificaron 272 ítem-presa, pertenecientes a 12 familias (Figura 1). Los peces teleósteos dominaron la composición de los ítem-presa, con 97.6% de frecuencia (%F), 97.3% de número (%N) y 98.7% de peso (%P). Los crustáceos representaron un 2.4 %F, 2.7 %N y 1.3 %P.



**Figura 1.** Ejemplares de otolitos colectados. (A) Apogonidae, (B) Labrisomidae, (C) Labridae, (D) Haemulidae, (E) Gobiidae, (F) Blenniidae, (G) Sciaenidae, (H) Scorpaenidae, (I) Serranidae, (J) Scaridae, (K) Sparidae, (L) Pomacentridae.

**Tabla 1.** Ítem-presa de pez león identificadas por taxa del Parque Nacional Arrecife Alacranes.

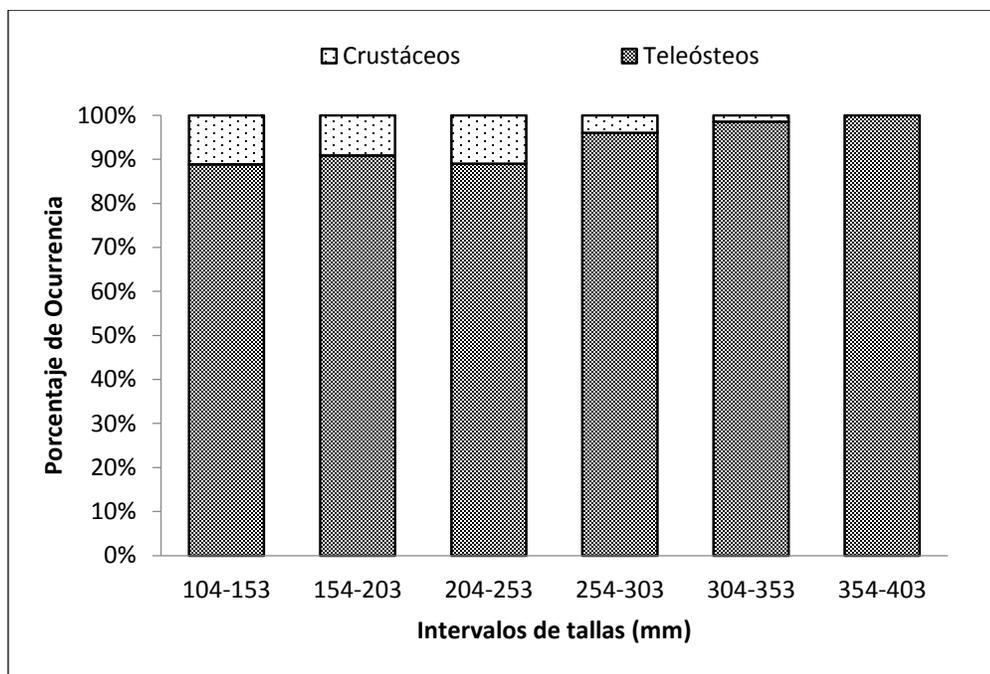
	Frecuencia (Estómagos)	%F (n=429)	%N (n=563)	%P (n=330.3)
<b>Teleósteos</b>				
Presa no identificada	126	37.28	45.29	25.95
Synodontidae				
<i>Synodus sp</i>	1	0.30	0.18	1.57
Holocentridae	3	0.89	0.53	2.27
Scorpaenidae*	1	0.30	0.18	0.60
Serranidae*	6	1.78	1.07	6.05
<i>Diplectrum sp</i>	2	0.59	0.36	1.72
<i>Hypoplectrus sp</i>	1	0.30	0.18	0.09
Apogonidae*	14	4.14	2.84	2.90
Haemulidae*	25	7.40	5.51	5.69
<i>Haemulon sp</i>	2	0.59	0.53	1.33
Sparidae* <sup>1</sup>	5	1.48	0.89	1.02
Sciaenidae* <sup>1</sup>				
<i>Bairdiella sp</i>	2	0.59	0.36	1.27
Pomacentridae*	25	7.40	6.04	14.13
<i>Stegastes sp</i>	3	0.89	0.53	0.72
<i>Stegastes variabilis</i>	2	0.59	0.53	3.29
<i>Stegastes leucostictus</i>	1	0.30	0.18	1.60
Labridae*	9	2.66	1.95	2.08
<i>Halichoeres sp</i>	1	0.30	0.18	0.12
<i>Halichoeres burekai</i>	1	0.30	0.18	0.30
Scaridae*	2	0.59	0.36	0.45
<i>Sparisoma sp</i>	1	0.30	0.18	0.24
Labrisomidae*	19	5.62	6.22	2.81
<i>Malacoctenus sp</i>	1	0.30	0.18	0.15
<i>Malacoctenus triangulatus</i>	2	0.59	0.71	0.39
<i>Starksia sp</i>	2	0.59	0.36	0.12
Blenniidae*	24	7.10	6.39	7.47
Gobiidae*	35	10.36	12.26	12.01
<i>Coryphopterus sp</i>	14	4.14	3.20	2.2
<b>Crustacea</b>				
Portunidae				
<i>Callinectes sp</i>	1	0.30	0.18	0.45
Penaeidae	7	2.07	2.49	0.87

\*Identificación por Otolito. <sup>1</sup>Familias no reportadas con anterioridad en contenidos estomacales de *P. volitans*.

De las 16 familias detectadas (teleósteos y crustáceos), se identificaron 11 ítems-presa a nivel de género y cuatro a nivel de especie. Las familias más numerosas fueron: Gobiidae (87 ítems), Labrisomidae (42 ítems) y Pomacentridae (41 ítems). La familia más representativa en peso consumido es Pomacentridae (27.1%), seguida de Gobiidae (19.56%) y Serranidae (10.82%). En términos de frecuencia, las familias más representativas fueron Gobiidae (21.7%), Pomacentridae (15.5%) y Haemulidae (13.9%). Se reportan por primera vez la familia Sciaenidae con el género *Bairdiella* sp y la familia Sparidae. Se recolectó un ejemplar de *Callinectes* sp, (29.7 mm) en un ejemplar de 302 mm.

Considerando las clases de talla de pez león, se observa heterogeneidad en la ingesta, tanto de teleósteos como de invertebrados (Figura 2), ya que los ejemplares de tallas pequeñas (<204 mm) fueron los que consumieron un mayor porcentaje de crustáceos (10.4%) mientras que los de tallas grandes (>254 mm) ingirieron un menor porcentaje (1.83%), entre ellos algunos de las familias Penaeidae y Portunidae, mientras que las tallas mayores (>254 mm), tuvieron una preferencia de consumo de teleósteos (98.17%). El pez león con un mayor número de ítem-presa (12), tenía una talla de 347 mm (LT).

Se observó que en las tallas más pequeñas de pez león, las familias más representativas dentro de los ítems presa son Blenniidae y Haemulidae, mientras que para las de mayores tallas (>304 mm) predomina la familia Gobiidae, se encontraron hasta siete ejemplares por estómago.



**Figura 2.** Composición de los contenidos estomacales en relación con las tallas de *Pterois volitans*.

#### *Clasificaciones de los índices de importancia.*

Las familias de teleósteos fueron clasificadas según los índices alimenticios (IIR, IOI, IOP) (Tabla 2), en el IIR el primer lugar fue la familia Gobiidae seguida por Pomacentridae y en tercero Haemulidae; En el índice de importancia relativa (IOI) en primer lugar encontramos a la familia Pomacentridae, de segundo a Gobiidae y de tercero Haemulidae; en el caso del índice de preponderancia (IOP) la principal familia fue Gobiidae, seguido de Pomacentridae y en tercer lugar Haemulidae. La familia Pomacentridae, Gobiidae y Blenniidae, son las que ocupan los primeros tres lugares de los tres índices.

**Tabla 2.** Índices de importancia de los teleósteos presentes en el contenido estomacal de *Pterois volitans* (IIR= Índice de importancia relativa; IOI= Índice de importancia; IOP= Índice de preponderancia).

IIR		IOI		IOP	
1071.98	Gobiidae	21.36	Pomacentridae	2.1291	Gobiidae
640.09	Pomacentridae	20.66	Gobiidae	2.1129	Pomacentridae
297.46	Haemulidae	11.82	Haemulidae	0.6756	Haemulidae
280.66	Blenniidae	11.36	Blenniidae	0.6394	Blenniidae
217.97	Labrisomidae	8.09	Labrisomidae	0.2729	Labrisomidae
68.60	Apogonidae	7.74	Serranidae	0.2524	Serranidae
64.80	Serranidae	5.63	Apogonidae	0.1450	Apogonidae
40.89	Labridae	4.32	Labridae	0.0895	Labridae
8.09	Sparidae	2.34	Holocentridae	0.0243	Holocentridae
6.45	Holocentridae	2.00	Sparidae	0.0183	Sparidae

## Discusión

El pez león (*P. volitans*) se ha extendido por todo el Atlántico Occidental y en el Golfo de México, por lo que los efectos de su presencia pueden ser significativos sobre las comunidades nativas de peces y crustáceos, entre otros grupos (Layman y Allgeier, 2012). En el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), del sureste del Golfo de México, el pez león se alimenta predominantemente de peces teleósteos y, en un pequeño porcentaje, de crustáceos. Con estos resultados se corrobora que el pez león del PNAA es un depredador generalista que se alimenta principalmente de peces teleósteos bénticos de las familias Gobiidae y Pomacentridae.

Quijano et al. (2013) reporta para el pez león del PNAA un consumo de 13 familias de peces de teleósteos, mientras que en este trabajo se detectó 14 familias de teleósteos. Considerando ambos estudio podemos determinar que el pez león en PNAA se alimenta de 17 familias de teleósteos.

De las 14 familias de peces reportadas en este trabajo 12 de ellas fueron identificadas mediante la caracterización de los otolitos *sagitta*, debido al estado muy avanzado de digestión que presentaba parte de los ítems-presa analizados. Según Fishelson (1975), el alto número de ítem-presa en avanzado estado de digestión, se debe a que el pez león tiene una mayor actividad durante la noche, aunque incrementa en el crepúsculo. Por otra parte el hecho de los peces del PNAA fueran capturados incidentalmente por pescadores en una jornada larga (8:00 am a 5:00 pm), podría explicar la digestión avanzada de los ítem-presa y la dificultad de ser reconocidos morfológicamente.

Aunque el número de familias reportadas como ítem-presa del pez león, en este trabajo, fue bajo (14), en comparación con las 30 especies mencionadas en los estudios de Valdez et al., 2012; Quijano et al., 2013; Villaseñor y Herrera, 2013, este trabajo aportó dos familias no reportadas con anterioridad (Sparidae y Scienidae). Así mismo, se encuentra gran similitud en cuanto a las familias de peces consumidas por el pez león del Golfo de México y del Mar Caribe (Valdez et al., 2012; Quijano et al., 2013; Villaseñor y Herrera, 2013). Por lo tanto se puede deducir que las familias Labridae, Gobiidae, Scaridae, Serranidae, Pomacentridae, Grammatidae y Labrisomidae, son las más consumidas por el pez león en el Atlántico Oeste.

De manera general, aunque el pez león presenta la ingesta de los mismos grupos faunísticos en otras regiones geográficas, los porcentajes de tales grupos varían (Fishelson, 1997; Morris y Akins, 2009; Côte y Maljkovic, 2010; Muñoz et al., 2011; Mumby et al., 2011; Layman y Allgeier, 2012; Valdez et al., 2012; Côte et al., 2013; Quijano et al., 2013; Villaseñor y Herrera, 2014).

En el PNAA, se detectó que el 97.3% (%N) de la ingesta de pez león son teleósteos y 2.7 %N crustáceos. Mientras que para Las Bahamas, Morris y Akins (2009) mencionan que el pez consumió 71.2 %N de teleósteos y 28.5 %N de crustáceos y Quijano et al. (2013) encuentran que el pez león en PNAA en 2011 se alimentó de peces teleósteos (79 %N) y crustáceos (21 %N).

En general las familias de peces identificadas como ítem-presa del pez león para el PNAA se han reportado también en estudio realizados en el Mar Caribe y Las Bahamas (Morris y Akins 2009; Côte y Maljkovic, 2010; Green et al., 2012; Valdez et al., 2012; Côte et al, 2013; Villaseñor y Herrera, 2014). Quijano et al. (2013), reportan que para el PNAA las principales familias con mayor frecuencia numérica son Labrisomidae (13.9%), Pomacentridae (12.6%), Blenniidae y Labridae (11.4% cada uno), mientras que en este trabajo son Gobiidae (21.7%), Pomacentridae (15.5%) y Haemulidae (13.9%). Con respecto a los índices de importancia (IIR, IOI y IOP), Quijano et al. (2013) ubican en primer lugar a Pomacentridae (IIR, IOI y IOP), en contraste, en este trabajo Gobiidae (IIR y IOP) y Pomacentridae (IOI) ocupan los primeros lugares. Es posible que la dieta del pez león cambie con el tiempo si su depredación reduce o altera la abundancia de las comunidades de ítem-presa (Morris y Akins, 2009).

El consumo de peces béticos podría afectar niveles tróficos elevados del arrecife coralino. Según Layman y Allgeier (2012), el pez león tiene un nicho de dieta amplio, lo cual tiene un impacto negativo sobre la cadena trófica del ecosistema arrecifal. Al respecto, Lesser y Slattery (2011) reportan que en Las Bahamas el incremento de las poblaciones algales en un sistema arrecifal ocasionado por exceso de

la depredación del pez león sobre especies de peces forrajeras está afectando a las comunidades coralinas.

Aunque se analizaron peces león de tallas relativamente grandes (>200 mm), varios peces león de talla pequeña tuvieron una mayor frecuencia de ocurrencia de ítem-presa en sus estómagos. Varios de los ítem-presa detectados en los contenidos estomacales como los géneros *Diplectrum* e *Hypoplectrus* de la familia Serranidae pudiesen no tener importancia pesquera, pero son alimento de varias especies de peces carnívoros nativos que pudieran tener importancia pesquera (Morris y Whitfield, 2009). Villaseñor y Herrera (2014) encontraron que peces león de tallas pequeñas (<190 mm) presentan un alto consumo de invertebrados y al igual que en este trabajo, identificaron como ítem-presa al género *Callinectes* sp, que tiene importancia comercial para Yucatán, como consumo y carnada para el pulpo *Octopus maya* y *O. vulgaris*.

## Referencias

- Aguilar-Perera, A., Tuz-Sulub, A., 2010: Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern Gulf of México, off the northern Yucatan Peninsula, México. Aquatic Invasions 5:s9-s12.
- Barbour, A.B.; Allen, M.S.; Frazer, T.K.; Sherman, K.D. 2011: Evaluating the potential efficacy of invasive lionfish (*Pterois volitans*) removals. PLoS ONE 6(5):e19666. doi:10.1371/journal.pone.0019666
- Baremore, I. E.; D. M. Bethea. 2010: A guide to otoliths from fishes of the Gulf of Mexico. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-599, 102 p.
- Biggs, M. A., Pérez, M. A., 1985: Modified volume: a frequency-volume method to

- assess marine mammal food habits. In Marine mammals and fisheries. Edited by J.R. Beddington, R.J.H. Beverton, and D.M. Lavigne. George Allen & Unwin, London, U.K. pp. 277-283.
- Campana, S. E., 2004: Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences No. 133. NRC Research press.
- Carpenter, K. E., 2002: The living resources of the western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO species identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetotologists Species Publication N. 5. Rome, FAO, 2002, 1375-2127.
- Carpenter, K. E., 2002(a): The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication, (5), 601-1374.
- Côte, I. M.; Maljkovic, A., 2010: Predation rates of Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. Marine Ecology Progress 404:219-225
- Côte, I. M.; Green, S. J.; Morris, J. A.; Akins, J. L.; Steinke, D., 2013: Diet richness of invasive Indo-Pacific lionfish revealed by DNA barcoding. Marine Ecology Progress Series. 475:249-256. Doi:10.3354/meps09992.
- Fishelson, L., 1975: Ethology and reproduction of *Pterois* 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 observation on food consumption, growth and

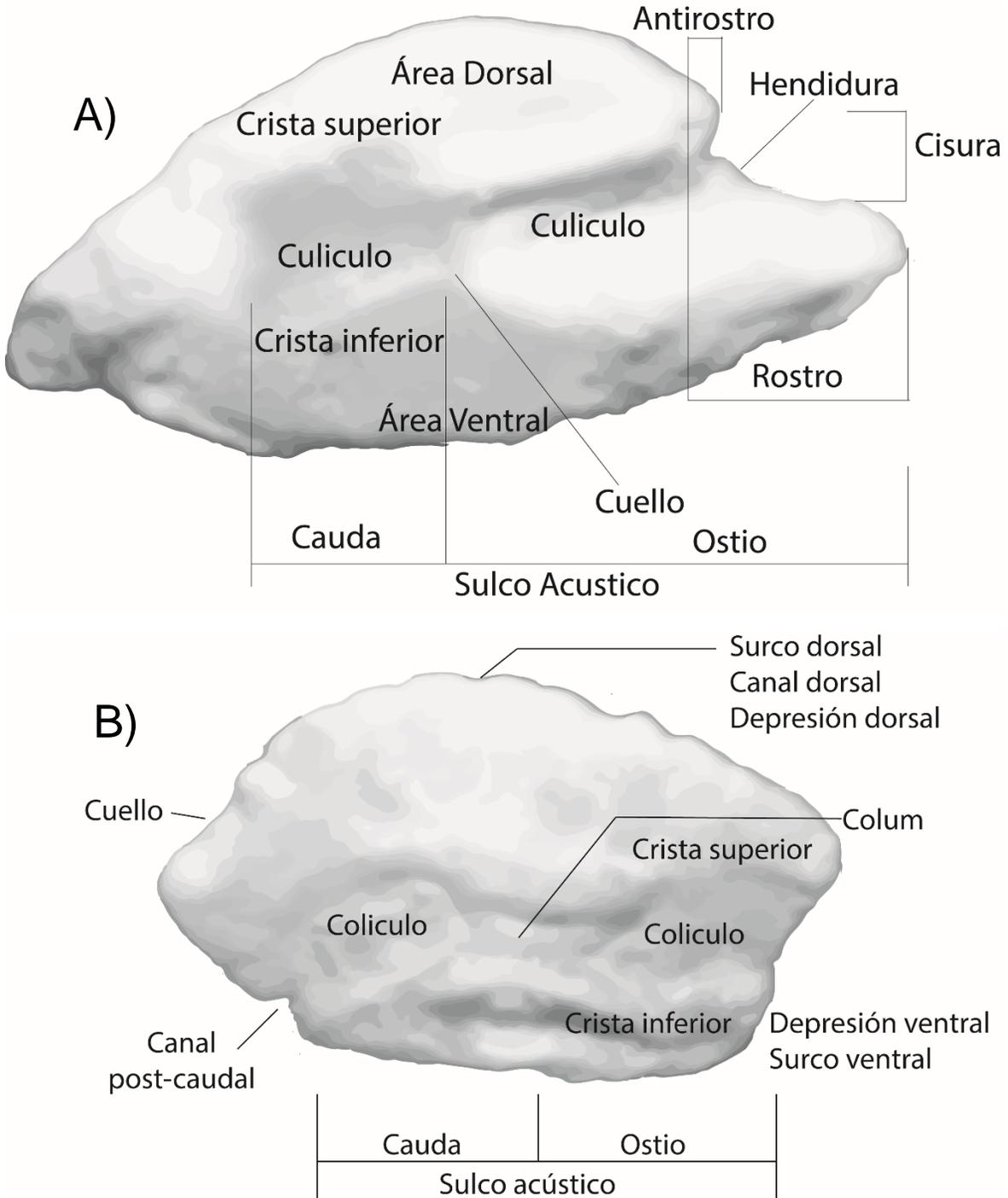
- starvation in *Dendrochirus brachypterus* and *Pterois volitans* (Pteroinae, Scorpaenidae). *Environmental Biology of Fishes* 50:391-403
- García-Godos Naveda, I., 2001: Patrones morfológicos del otolito *sagitta* de algunos peces óseos del mar peruano. Instituto del Mar del Perú. Vol. 20 (1-2).
- González, J D.; Arceo, A.; Serrat, A.; Betancur, R., 2011: Caracterización taxonómica de la población de pez león *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) (Scorpaenidae) residente en el Caribe Colombiano: merística y morfometría. *Biota Colombiana*. 12(2):15-22.
- Green, S. J.; Akins, J. L.; Maljkovic, A.; Côte, I. M., 2012: Invasive lionfish drive Atlantic coral reef fish declines. *PLoS ONE* 7(3): e32596. Doi:10.1371/journal.pone.0032596
- Humann, P.; DeLoach, N.; Wilk, L., 2002: Reef creature identification: Florida, Caribbean, Bahamas (p. 320). Jacksonville (FL): New World Publications.
- Hyslop, E. J., 1980: Stomach contents analysis- A review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- Layman, C. A.; Allgeier, J. E., 2012: Characterizing trophic ecology of generalist consumers: a case study of the invasive lionfish in The Bahamas. *Marine Ecology Progress Series*. 448: 131–141
- Lesser, M.P.; Slattery, M., 2011: Phase shift to algal dominated communities at mesophotic depths associated with lionfish (*Pterois volitans*) invasion on a Bahamian Coral Reef. *Biological Invasions* 13:1855-1868.
- Mascareñas-Osorio, I.; Aburto-Oropeza, O.; Balart, E. F., 2003: Otolitos de peces de arrecifes del Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, SC México.

- McBride R. S.; Hauser J. W.; Sutherland S. J (eds)., 2010: Brodeur's guide to otoliths of some northwest Atlantic fishes. Northeast Fish Sci Cent Ref Doc. 10-04; 35 p.
- Morris, J. A.; Whitfield, P. E. 2009: Biology, Ecology, control and management of the invasive Indo-Pacific lionfish: An updated integrated assessment. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 99,57pp.
- Morris, J. A.;Akins, J. L., 2009: Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamas archipelago. Environmental Biology Fish. 86:389–398 DOI 10.1007/s10641-009-9538-8
- Muñoz, R. C., Currin, C. A., Whitfield, P. E., 2011: Diet of invasive lion-fish on hard bottom reefs of the Southeast USA: insights from stomach contents and stable isotopes. Marine Ecology Progress Series 432:181-193.
- Mumby, P. J., Harborne, A. R., Brumbaugh, D. R., 2011: Grouper as a Natural Biocontrol of Invasive Lionfish. PLoS ONE 6(6): e21510. doi:10.1371/journal.pone.0021510.
- Pimentel, D.; Lach, L.; Zuniga, R.; Morrison, D. 2000: Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. BioScience. 50(1)53-65.
- Quijano-Puerto, L., Perera-Chan, L., Aguilar-Perera, A. y Tuz-Sulub, A., 2013: Dieta del pez león rojo, *Pterois volitans*, en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Sureste del Golfo de México. Proc Gulf Carib Fish Int. 65:333-337
- Rilov, G.; Crooks, J. A., 2009: Biological invasions in marine ecosystems: ecological, management and geographic perspectives. Ecological Studies 204. Springer-Verlag, 641pp.

- Schofield, P. J., 2009: Geographic extent and chronology of invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*. 4:473-479.
- Valdez, M.; Quintal, C.; Gómez, R.; García, Md C., 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. doi:10.1371/journal.pone.0036636
- Villaseñor Derbez, J. C.; Herrera Pérez, R., 2014: Brief description of prey selectivity and ontogenic changes in the diet of the invasive lionfish *Pterois volitans* (Actinopterygii, Scorpaenidae) in the Mexican Caribbean. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 9(2):131-135.

# 11. ANEXOS

## 11.1 Anexo 1



Diferentes características utilizadas en la descripción de los otolitos. A) Otolito heteromorfo, B) Otolito homomorfo.