

Dinámica Poblacional del Pez León (*Pterois volitans*) en El Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), Quintana Roo, Caribe Mexicano

Lion Fish Population Dynamics (*Pterois volitans*) In Xcalak Reefs National Park (PNAX), Quintana Roo, Mexican Caribbean

Dynamique des Populations des Poisson Lion (*Pterois volitans*) Dans le Parc Nationale Récifs Des Xcalak (PNAX), Quintana Roo, Mexicaine Caraïbes

MIGUEL MATEO SABIDO ITZÁ^{1*}, JORGE MANUEL GÓMEZ POOT², ALEJANDRO MEDINA QUEJ¹,
MARÍA DEL CARMEN GARCÍA RIVAS², y WADY HADAD LÓPEZ²

¹Instituto Tecnológico de Chetumal Parque Nacional Arrecifes de Xcalak-CONANP, Ave. Insurgentes 330 Col. David Gustavo Gutiérrez, Chetumal, Q.Roo 77013 México. *oetam1988@hotmail.com. ²Parque Nacional Arrecifes de Xcalak Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Ave. Insurgentes No. 445, Edif. SEMARNAT, Chetumal, Quintana Roo 77039 México. jgomez@conanp.gob.mx.

RESUME

El pez león (*Pterois volitans*) es la primera especie exótica-invasora en establecerse en el Caribe Mexicano. Actualmente no son claros los efectos que tendrá esta especie sobre las comunidades marinas del Caribe Mexicano, pero se realizan numerosos intentos por conocer estos en este su nuevo hábitat. En el Parque Nacional Xcalak se han obtenido un total de 2554 capturas de 2009 a 2011, con medias por año de 118, 133 y 178 mm de LT respectivamente; los datos de capturas están debidamente georeferenciados dentro del ANP. De acuerdo al hábitat se ha dividido en dos zonas de importancia ecológica, a) laguna arrecifal LA y b) arrecife profundo AP, encontrándose hasta ahora que la talla promedio en LA fue de 127 mm LT y en AP fue de 206 mm de LT. También se sexaron 1923 peces y por medio de la prueba estadística χ^2 obtuvimos que las proporciones de sexo son iguales. De igual manera se determinó el tipo de crecimiento de la especie por medio de una relación potencial mediante las variables longitud-peso para cada sexo, resultando ser de tipo alométrico. Por último se realizó un análisis de los parámetros de crecimiento por métodos indirectos, mediante la aplicación del programa informático FISAT, obteniéndose diferencias significativas en el tamaño y la tasa de crecimiento entre sexos. Se espera que con los resultados obtenidos podamos establecer estrategias de control de esta especie para proteger el ecosistema arrecifal del ANP, siendo este estudio un primer paso al entendimiento del pez invasor en la zona.

PALABRAS CLAVE: Pez león, caribe mexicano, xcalak, proporción de sexos, parámetros de crecimiento

INTRODUCCIÓN

Las especies exóticas invasoras ya establecidas son aquellas introducidas en un ecosistema fuera de su área de distribución natural y cuyas características les confieren la capacidad de colonizar, establecerse y seguir causando daños al ambiente (IMTA 2007). El pez león (complejo *Pterois volitans/miles*) que es originario del océano pacífico e índico (Fishelson 1975, Schutlz 1986), es la primera especie exótica invasora en establecerse en el Oeste del Atlántico Norte (Hare and Whitfield 2003, Morris and Whitfield 2009, Schodfield 2009).

El primer reporte de la presencia del pez león en aguas mexicanas, ocurrió a principios del mes de enero del 2009 en los arrecifes de Cozumel (Schodfield 2009) y hasta el año 2009 se encontraba invadiendo un total de ocho Áreas Naturales Protegidas (ANP) del estado de Quintana Roo (CONANP, 2009), ya que en el 2010 se reportó la captura de un ejemplar en los Arrecifes de Alacranes en el Golfo de México del estado de Yucatán (Aguilar-Perera y Tuz-Sulub 2010). En este momento aún no son claros los efectos que tendrá esta especie sobre las comunidades marinas de esta zona, es por ello que actualmente se están sumando esfuerzos para conocerlo en su nuevo hábitat. Este estudio será un primer análisis del establecimiento de la población del pez león en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), Quintana Roo.

METODO

Los peces fueron colectados en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak entre julio-2009 y agosto 2011. Los especímenes fueron capturados por pescadores, guardaparques y pobladores; con el equipo de esnorkel o utilizando equipo de buceo se abarcaron los arrecifes de coral de perfil alto, parches arrecifales, manglar y dentro de la laguna, que se extienden en profundidades de 0 a 57 m. Los diferentes habitats fueron elegidos con el fin de optimizar el éxito de la prueba. Las artes de pesca más utilizadas fueron las redes manuales o jamos, arpones, hawaianas y ganchos.

Trabajo de Laboratorio

La estadística básica y la frecuencia de tallas, con intervalo de 1 cm, para cada mes de muestreo fueron procesados en una hoja de cálculo del programa Excel, del paquete Microsoft Office, para posteriormente realizar el análisis.

Para cada ejemplar se registró: longitud total, longitud patrón, altura (mm), mediante un vernier y el peso total en

gramos por medio de una balanza digital de 1.0 g de precisión. La relación longitud-peso fué representada por la ecuación (Ricker 1975):

$$W = a * L^b$$

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se utilizó el programa FISAT II (Gayaniño et al. 2001), Shepherd 1987 (SLCA. Sheperd's Length Composition Analysis).

Para describir el crecimiento que presenta la especie, se empleó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938), ecuación que satisface ciertas condiciones primordiales como son, el que la expresión matemática sea coherente con el proceso biológico del crecimiento, tener una formulación que pueda ser incorporada fácilmente a los modelos de dinámica de poblaciones y de administración de recursos pesqueros, y lo más importante, que la ecuación se ajuste bien a la mayor parte de los datos observados sobre crecimiento de los peces:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

(L_t) es la longitud del organismo a la edad t ,

(L_{∞}) es la longitud máxima asintótica,

(k) es la tasa crecimiento,

(t_0) parámetro de ajuste; punto en el tiempo, en el cual el organismo tiene una talla cero y t es la edad en años.

RESULTADOS

La primera captura registrada de pez león (*Pterois volitans*), en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), fue el 23 de julio del 2009 con una LT de 70 mm y un peso de 5 g.

Ante la inminente invasión en los arrecifes de Xcalak, se han realizado pláticas con los pobladores, estudiantes y prestadores de servicios para reportar avistamientos así como sensibilizarlos sobre esta problemática. Se ha capturado organismos dentro del polígono del parque por pobladores (59%), guardaparques (14%), pescadores (14%) y otros (13%).

Con la finalidad de conocer como se encuentra la población del pez león invasor (*P. volitans*), en el (PNAX), se trabajó a partir de la captura del primer organismo en julio del 2009, 2010 y hasta agosto del 2011, obteniendo

una muestra total de 2,644 datos registrados de pez león. Haciendo mención que debido a las condiciones climatológicas y disponibilidad de las personas en cada mes, se encontraron variación en el número de organismos analizados, siendo que en el mes de noviembre del 2010 se realizó el primer torneo de pesca de pez león con un total de 752 peces capturados; contrastando con los meses de diciembre-2010 y febrero-2011 con 19 peces registrados cada uno. Se comprendió un rango de talla y peso máximo de 365 mm de LT y 859 g; y con una talla y peso mínimo de 25 mm de LT con 0,5 g, Tabla 1.

En la tabla anterior, se pueden observar varios aspectos importantes, uno de ellos es la variabilidad en la abundancia de organismos muestreados por año. En el año 2009 se registró el menor número de capturas con un total de 36 organismos, en el 2010 se registró la muestra con el mayor número de capturas ($n = 1,594$) y en el 2011 se capturaron y registraron 1,014 peces, con tallas y pesos promedio de 118.8 mm de LT con 31.1 g 133.2 mm con 45.6 g y 175.4 mm de LT con 120.4 g, respectivamente. Y para determinar la existencia de diferencias significativas entre estas medias, se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA) a los datos anuales ($F = 176.80$; $p < 0.05$), esto indica que las tallas promedio por año fueron significativamente diferentes. Observándose un incremento en las tallas conforme pasa el tiempo, Figura 1.

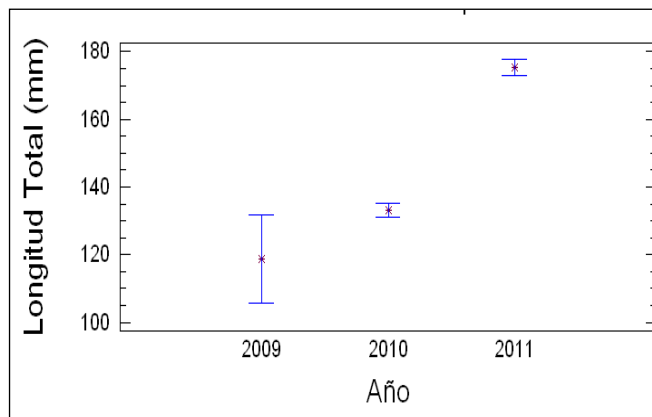


Figura 1. Tallas medias encontradas por año del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

Tabla 1. Tallas promedio, STD, mínimos, máximos por año y total, encontrados en "Pez León" (*Pterois volitans*) en el PNAX, México.

AÑOS	MEDIA		DESVEST		MÍNIMO		MÁXIMO		N° DE MUESTRAS
	LT(mm)	PESO (gr)	LT(mm)	PESO (gr)	LT(mm)	PESO (gr)	LT(mm)	PESO (gr)	
2009	118,8	31,1	34,8	32,0	40	1	210	126	36
2010	133,2	45,6	47,0	57,6	25	0,5	321	528	1594
2011	175,4	120,5	69,8	135,8	38	0,5	365	859	1014
TOTAL	149,1	74,1	60,4	102,1	25	0,5	365	859	2644

Se realizó la distribución de frecuencias con intervalo de 1 cm de LT. En la Figura 2, se puede apreciar que la talla más abundante y principal grupo modal corresponde a los 12 cm con un total de 237 peces. De esta forma existe un pico de captura localizado entre 11 y 13 cm. Pero si se realiza la separación de tallas por año se tiene que para el año 2009 la longitud total más representativa fue 110 mm, en el 2010 fue 120 mm con presencia de tallas superiores al año pasado y en el 2011 se tienen dos picos que corresponden a longitudes de 90 - 99 mm y 180 - 189 mm, respectivamente, lo que sugiere que la primera corresponde a un incremento de juveniles y la segunda un crecimiento de la población.

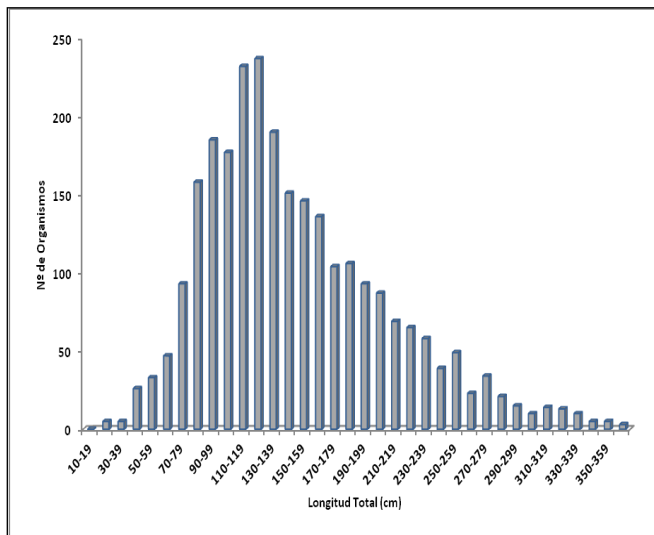


Figura 2. Distribución de frecuencia de tallas del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

Proporción de Sexos

A partir del mes de septiembre-2010 a agosto-2011, se hizo un análisis sobre la proporción de sexos de esta especie de manera mensual y debido a que no existe un dimorfismo sexual aparente, fue necesario hacer una incisión en la cavidad abdominal para observar de manera directa las gónadas y así determinar el sexo del organismo. Resultando un total de 2,014 datos analizados de los cuales 1089 fueron machos, 866 hembras y 59 indefinidos. De esta manera la proporción de sexos H:M resultantes fue 1:1.26. Se aplicó la prueba estadística χ^2 , resultando en una diferencia estadística significativa entre sexos a favor de los machos ($\chi^2 p = 3.84$; $p < 0,05$).

Para poder apreciar el comportamiento de las tallas macho-hembra del pez león, se realizó la distribución de frecuencias con intervalo del cm de LT. En el caso de ambos sexos el principal grupo modal corresponde a los 120 mm. Habiendo un pico comprendido entre 110 y 130 mm, se observa la tendencia de encontrar un aumento en la cantidad de peces machos de mayor tamaño en comparación con las hembras, con una media en ♀ de 140 mm de LT y en ♂ con 167 mm de LT. Resultando diferencias significativas en las medias encontradas por sexo a través de un análisis de varianza (ANOVA) el cual fue $F = 108.2$; $p < 0.05$ (Figura 3).

Crecimiento

Con la separación de los datos de acuerdo al sexo, se procedió a comprobar la relación existente entre la longitud y el peso.

En la Figura 4 que corresponde a las hembras, se observa que la curva que mejor se ajusta es de tipo potencial con un valor de $r^2 = 0,9803$ y de igual forma en los machos el valor de $r^2 = 0,9876$ (Figura 5).

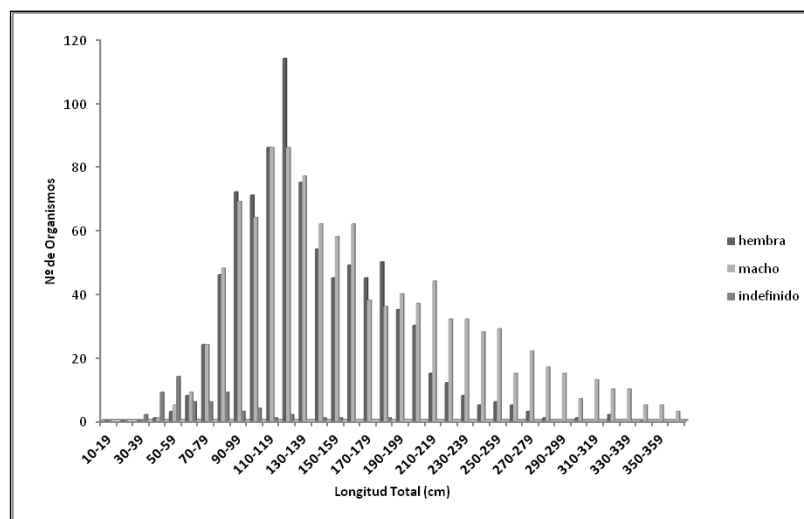


Figura 3. Distribución de frecuencia de Tallas por sexo del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

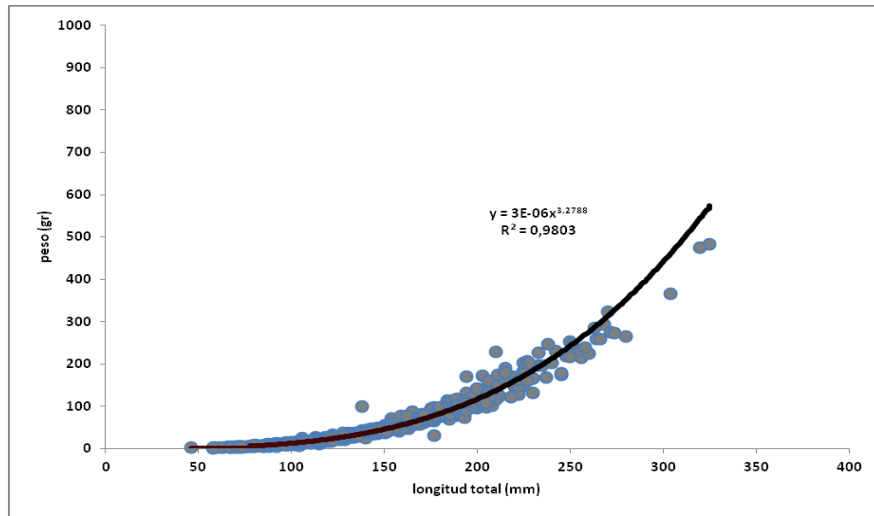


Figura 4. Relación Longitud total-peso de las hembras del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

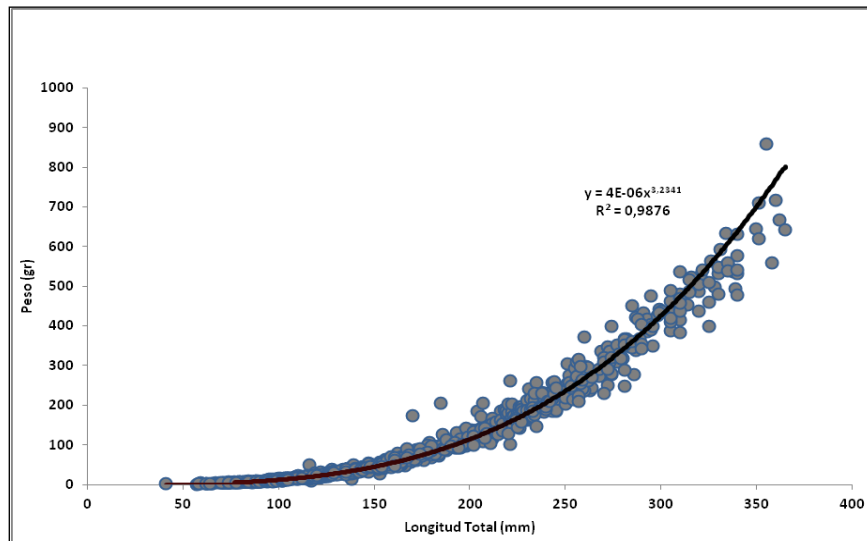


Figura 5. Relación Longitud total-peso de los machos del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

Los valores de las pendientes fueron de $b = 3,2788$ en las hembras y en machos $b = 3,2341$. Para conocer el tipo de crecimiento que presenta la especie, se realizó una prueba estadística t' student por sexo, entre dos variables con el fin de conocer si hay un crecimiento homogéneo (crecimiento isométrico) o un crecimiento desigual (crecimiento alométrico). Debido a nuestro resultado ($p < 0.05$), existe diferencia significativa y por lo tanto, el crecimiento de la especie es de tipo alométrico.

La estimación de los parámetros de crecimiento, se realizó mediante un método indirecto, el modelo no paramétrico de Sheperd del programa Fisat y se obtuvieron para *P. volitans*, la longitud máxima (L_{∞}) y tasa de crecimiento (k), resultados que se presentan en la Tabla 2. Estos parámetros indican que son organismos de crecimiento rápido.

Una vez obtenidos los parámetros de crecimiento, se calculó la talla de los peces a cualquier edad, esto se realizó mediante la ecuación de Von Bertalanffy (1938), la cual generó las curvas de crecimiento para hembras y machos, presentada en la Figura 6.

Distribución

Otro aspecto importante es la distribución de las tallas de pez león en relación al hábitat en el que se encuentre; de acuerdo al hábitat se ha dividido en dos zonas de importancia ecológica, a) pez león de Laguna Arrecifal **LA** y b) pez león de Arrecife Profundo **AP**, encontrándose hasta ahora que la talla promedio LA fue de 127 mm LT, con 1843 datos y un rango de 25 - 279 mm de Lt y AP la talla promedio fue de 206 mm de LT, con 704 datos registrados

y el rango de 45 - 365 mm de Lt. Para determinar si hay variación en las tallas encontradas por hábitat se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) ($F = 1262.73$; $p < 0.05$), encontrándose que sí hay diferencia de tallas en ambos hábitats de distribución, Figura 7.

Se registraron las zonas de captura del pez león, con el fin de poder apreciar los lugares donde se aplica mayor esfuerzo de captura y poder darnos referencia de las abundancias por cada zona dentro del PNAX, obteniendo que la zona conocida como "Punta Gavilán" tuvo el mayor

número de individuos con 273 capturas, 212 en la zona de "7 Cocos" y 188 en el muelle y". De igual forma se referenciaron todas las zonas del parque, que presentaron capturas y se realizó un mapa de distribución de la especie en el PNAX (Figura 8).

DISCUSION

Los muestreos realizados en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, permitieron conocer las tallas y pesos del pez león por sexo, que son capturados en la zona, lo

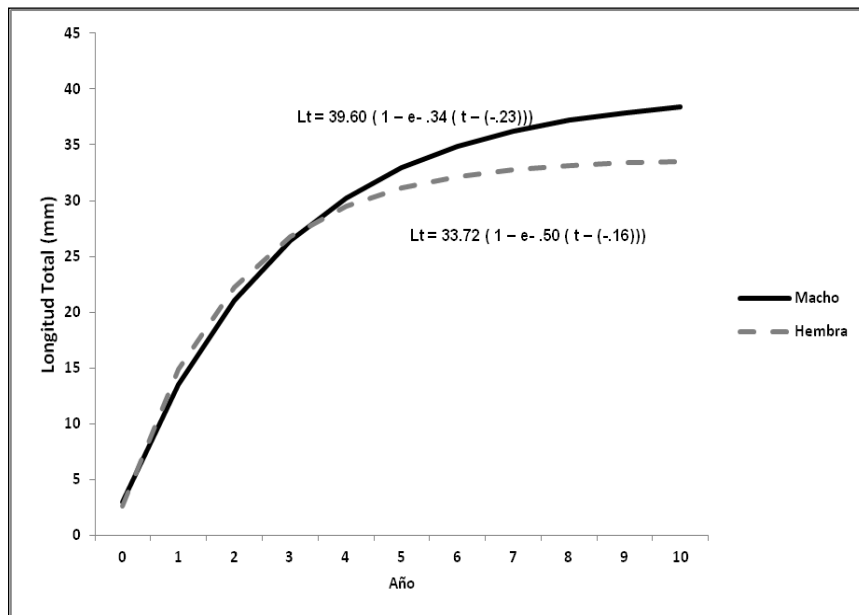


Figura 6. Curva de crecimiento macho y hembra del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

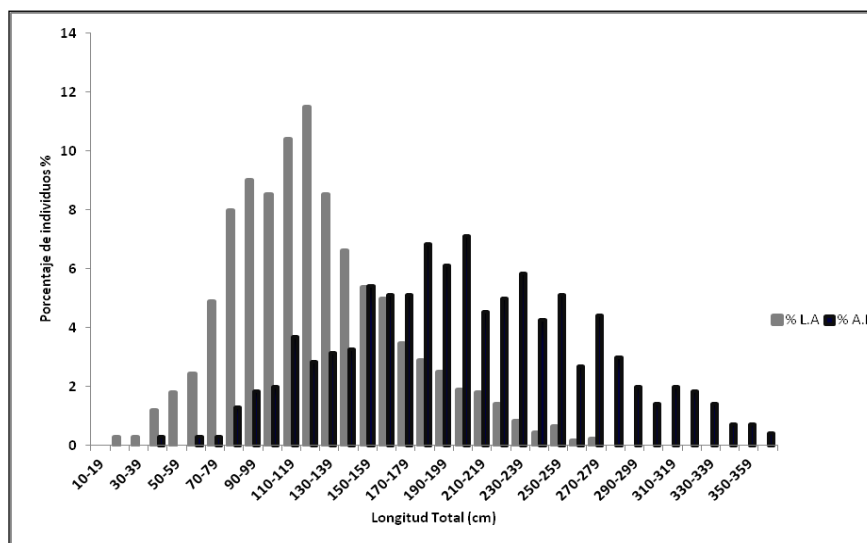


Figura 7. Relacion entre las tallas y el habitat del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

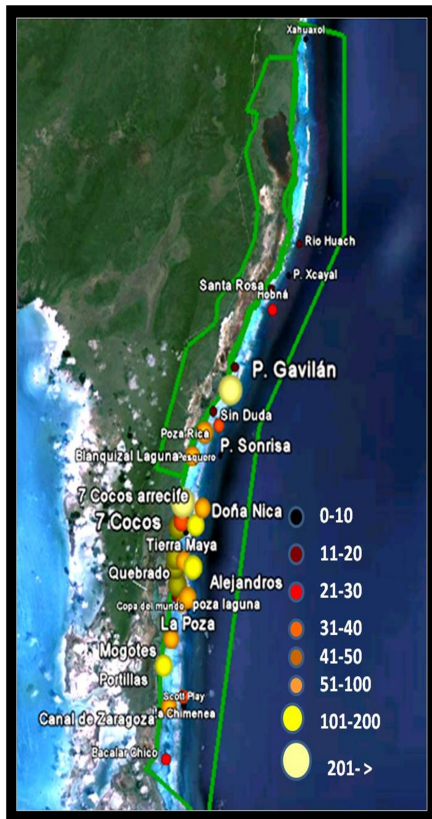


Figura 8. Mapa de distribución de las zonas de captura del pez león (*Pterois volitans*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

que hace prescindible, ya que es una especie exótica-invasora en todo el caribe mexicano, motivo por el cual, fue importante estimar sus parámetros poblacionales los cuales facilitarían el entendimiento de la población actualmente establecida.

Dentro de las primeras fases que comprende la invasión de una especie exótica, está: la adaptación, el crecimiento de la población y su dispersión. Para el caso del pez león, se ha observado el incremento de la población y la abundancia de organismos capturados por año, ya que para el 2009 se tuvieron 36 registros, en el 2010 con 1,594 y hasta agosto del 2011 con 1,014 organismos; además las tallas de Lt y pesos promedio por año (118.8 mm - 31.1 g; 133.2 mm con 45.6 g y 175.4 mm - 120.4 g respectivamente), nos indican que ha habido un incremento significativo de las medias encontradas y tallas máximas de Lt (210 mm, 320 mm y 365 mm), durante los primeros tres años de invasión. Pudiéndose comparar con los reportes de Chevalier, (2008 y 2009), en aguas cubanas, cuyo primer año menciona tallas entre 50 a 290 mm, y en el 2009 de 125 a 370 mm de Lt.

La talla máxima captura fue de 365 mm y la mínima fue de 25 mm, teniendo una talla promedio general de 149 mm de Lt. (Whitfield et al. 2007), reporta que la longitud máxima del pez león en su hábitat natural es de 38 cm y en

Carolina del Norte la tallas oscilan entre 5 a 45 cm con una media de 30.5 cm de Lt. Albins & Hixon (2008), realizaron un estudio en la Bahamas teniendo un rango de tallas de 11.8 a 28.5 cm y un promedio de Lt = 16.5 cm.

En el 2010 se reportó la presencia del pez león en el Golfo de México Lt = 137 mm, Venezuela con Lt = 127-215 mm y Colombia con LT= 96 - 157 mm. (Aguilar-Perera y Tuz-Sulub 2010, Lasso-Alcalá y Posadas 2010, González et al. 2009). Darling et al. (2011), comparan las poblaciones de pez león en Bahamas y Kenya obteniendo una media de 23.0 cm y 14.0 cm de Lt, respectivamente; de esta forma se puede determinar que las tallas encontradas en Xcalak son muy similares a varias áreas geográficas del Atlántico, Golfo de México, Caribe y hábitat natural.

Al graficar la frecuencia de tallas se pudo apreciar que la longitud con más capturas fue de 11 a 13 cm; mientras que en los mares de South Caicos, Turks & Caicos Islands obtuvieron una mayor frecuencia de tallas a partir de 5 a 10 cm; Teniendo una talla máxima de 27.7 y una mínima de 4.7 cm. (Claydon et al. 2009).

Proporción de Sexos

Se analizaron un total de 2014 datos de los cuales 1089 fueron machos (53%), 866 hembras (43%) y 59 indefinidos (3%). De esta manera la proporción de sexos H:M resultantes fue 1:1.26. Coincidiendo con el resultado presentados por Morris, (2009), identificando mayor número de machos (n = 927) que hembras (n = 712). Santos et al. (2010) reporta los porcentajes de juveniles (52%), machos (28%) y hembras (20%); con mayor proporción de machos. Al graficar la frecuencia de tallas se pudo apreciar que los machos presentaron intervalos de tallas más grandes que las hembras haciendo el comparativo con el trabajo realizado por Morris (2009), donde obtiene una talla máxima en machos de 461 mm y en hembras 381 mm, y Cerino (2010) menciona que los peces más grandes > 390 mm Lt todos son machos.

Crecimiento

Se graficó por sexo la relación existente entre la longitud y el peso por medio de la ecuación $W = aL^b$, el valor de las pendientes para hembras y machos $b = 3,2788$ y $3,2341$, nos indica que esta especie presenta un tipo de crecimiento alométrico, sin embargo por medio de la prueba de t-student se obtuvo el valor menor que $p < 0,05$, lo cual confirma que el crecimiento de la especie es alométrico. Ajustándose a los resultados de Santos-Martínez, (2010) obtiene una $r^2 = 0,9708$ y $b = 2,292$ en Colombia y Babour, (2011) con $b = 2,89$ en Carolina del Norte.

La obtención de los parámetros de crecimiento de una población, se hace de suma importancia ya que por medio de éstos, se facilita el entendimiento de la dinámica poblacional de esta especie.

En este estudio se calcularon los parámetros de crecimiento del pez león para cada sexo, por medio del método de Shepherd (1987), resultando una $L_{\infty} = 337,2$ mm y una $k = 0,50$ para hembras y para machos $L_{\infty} = 396,0$ mm y $k = 0,34$. Los resultados de Potts et al. (2010) y Babour, (2011) reportan tasas de crecimiento (k) = 0,32 y 0,47 respectivamente, esto nos señala que los parámetros que se estimaron para este estudio son los adecuados. Ahora la talla máxima reportada en ambos trabajos son (L_{∞}) = 445,1 y 425,2 lo que nos da una idea que las tallas reportadas en Carolina del Norte son mayores que las de Xcalak con una diferencia en 5 cm, sin embargo se espera que en el transcurso del tiempo las tallas encontradas en el PNAX, continúen incrementando, por ejemplo en Puerto Morelos y Cozumel que reportan tallas superiores a los 40 cm y peso superior al kilogramo (Pers. Conocida, CONANP).

La descripción del crecimiento se realizó mediante la ecuación de Von Bertalanffy, además, los datos de entrada deben ser separados por sexo y los valores de K , L_{∞} y t_0 se deben estimar separadamente para machos y hembras (Cerino 2010).

En la curva se observa que el macho al tener una K menor, éste puede alcanzar longitudes mayores, comparándose con las hembras que al principio tiene un crecimiento rápido, pero conforme llega a su edad adulta, su crecimiento disminuye ya que las hembras invierten un 12.6 % de su energía total a consecuencia de la producción de gametos (Cerino 2010).

Distribución

Los biotopos que se encuentran en aguas superficiales como: manglares, camas de pastos marinos y parches de coral de laguna arrecifal, son considerados guarderías y zonas de reclutamiento de peces arrecifales juveniles (Parrish 1989, Nagelkerken et al. 2002), observándose en una etapa particular de su ciclo de vida, un desplazamiento ontogénico a zonas más profundas cuando son adultos (Gibson et al. 2002). El pez león al ser una especie arrecifal establecida en el Caribe, puede presentar este comportamiento del uso del hábitat, en zonas donde se presenten dichas condiciones, ya que en Xcalak se presentó una diferencia muy significativa en las tallas encontradas de L_t por hábitat, distinguiéndose dos zonas denominadas Laguna Arrecifal (AL) con profundidad de 0-3 m con y Arrecife Profundo (AP) de 10 - 57 m. encontrándose hasta ahora que la talla promedio LA fue de 127 mm L_t , con 1,843 datos y AP con L_t promedio de 206 mm de L_t , con 704 registros. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Meister, (2005) en EUA, quien recolectó organismos juveniles (25 - 62 mm L_t) en aguas con profundidad de 0 - 5 m; Ya que a grandes profundidades las tallas oscilaron entre 120-389 mm L_t . También este comportamiento se puede observar en lugares como Turks and Caicos, Bahamas, y Roatán, Honduras (Claydon et al. 2009, Babour 2010, Biggs y Olden 2011).

En la Figura 8, se puede observar que las zonas donde se han encontrado más abundancias de pez león (Punta Gavilán y 7 Cocos), coinciden con las zonas de pesca de langosta, escama y actividades de buceo y snorkel dentro del PNAX (CONANP 2004). De esta forma la distribución de las capturas se enfocan en la porción central y sur del ANP, haciendo falta un mayor esfuerzo en la parte norte del polígono, ya que corresponde a la zona núcleo (CONANP 2004).

El muelle, la draga, el puente y la zona que comprende portillas, son lugares que debido a que son de poca profundidad, aguas tranquilas, y en el caso de las tres primeras son estructuras artificiales (Smith 2010), pueden servir como zonas de refugio y de reclutamiento de juveniles de pez león ya que se han encontrado en grandes densidades en pocos metros cuadrados a la vez que solo se encuentran tallas por debajo de los 12 cm.

Se espera que con los resultados obtenidos, podamos establecer estrategias de control de esta especie, para proteger el ecosistema arrecifal del ANP, siendo este estudio un primer paso al entendimiento del pez invasor en la zona.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Perera, A. and A. Tuz-Sulub. 2010. Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern Gulf of Mexico, of the northern Yucatan peninsula, Mexico. *Aquatic Invasions* 5(2):9-12.
- Albins, M.A. and M.A. Hixon. 2008. Invasive Indo-Pacific lionfish (*Pterois volitans*) reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 367:233-238.
- Barbour, A.B., M.L. Montgomery., A.A. Adamson., E. Díaz-Ferguson, and B.R. Silliman. 2010. Mangrove use by the invasive lionfish *Pterois volitans*. *Marine Ecology Progress Series* 401:291-294.
- Biggs, C.R. and J.D. Olden. 2011. Multi-scale habitat occupancy of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in coral reef environments of Roatán, Honduras. *Aquatic Invasions* 6(3):7.
- Cerino, D.S. 2010. Bioenergetics and trophic impacts of invasive Indo-Pacific lionfish. Thesis for Master of Science, East Carolina University, Greenville, North Carolina USA.
- Claydon, J.A.B., M.C. Caloso, and S.E. Jacob. 2009. The red lionfish of South Caicos, Turks & Caicos Islands. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 61:400-402.
- Darling, E.S., S.J. Green, I.M. Cote, and J.K. O'Leary. 2011. Indo-Pacific lionfish are larger and more abundant on invaded reefs: a comparison of Kenyan and Bahamian lionfish populations. *Biological Invasions*: DOI 10.1007/s10530 011-0020-0.
- 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.
- Gayani, F.C., S. Sparre, and D. Pauly. 2002. FiSAT II versión 1.0.0. FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools. Rome, Italy.
- Gibson, R.N., L. Robb., H. Wennhage., and M.T. Burrows. 2002. Ontogenic changes in depth distribution of juvenile flatfishes in relation to predation risk and temperature on a shallow-water nursery ground. *Marine Ecology Progress Series* 229:233-244.
- González, J., M. Grijalba-Bendeck., P.A. Acero, and R. Betancur. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans*, in the southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* 4:507-510.
- Hare, J.A. and P.E. Whitfield. 2003. An integrated assessment of the introduction of lionfish (*Pterois volitans/miles* complex) to the Western Atlantic Ocean. *NOAA Technical Memorandum NOSNCCOS*. 21 pp.

- IMTA, Conabio, GECI, Aridamérica, The Nature Conservancy. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México, Jiutepec, Morelos.
- Lasso-Alcalá, O.M. and J.M. Posada. 2010. Presence of the invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), on the coast of Venezuela, southeastern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* 5:S53-S59.
- Meister, H., D.M. Wyanski, J.K. Loefer, S.W. Ross, A.M. Quattrini, and K.J. Sulak. 2005. Further evidence for the invasion and establishment of *Pterois volitans* (Teleostei: Scorpaenidae) along the Atlantic Coast of the United States. *Southeastern Naturalist* 4:193-206.
- Morris, J.A., Jr. 2009. *The Biology and Ecology of Invasive Indo-Pacific Lionfish*. Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina USA.
- Morris, J.A., Jr. and 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.
- Nagelkerken, I., C.M. Roberts., G. van der Velde., M. Dorenbosch., M.C. van Riel., E. Cocheret de la Moriniere., and P.H. Niehuis. 2002. How important are mangroves and sea grass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an island scale. *Marine Ecology Progress Series* 244:299-305.
- Parrish, J.D. 1989. Fish communities of interacting shallow water habitats in tropical oceanic regions. *Marine Ecology Progress Series* 58:143-160.
- Santos-Martínez, A., A. Acero, and O. Sierrarozo. 2010. Trophic and reproductive aspects of the lion fish *Pterois volitans*, in San Andrés Island, Biosphere Reserve - Seaflower, Colombian Caribbean. *Abstracts of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 63:67.
- Schofield, P.J. 2009. Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* 4:473-479.
- Schultz, E.T. 1986. *Pterois volitans* and *Pterois miles*: two valid species. *Copeia* 1986:686-690.
- Shepherd, J.G. 1987. A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data, Pages 113-119 in: D. Pauly and G.R. Morgan (eds.) *Length-based Methods in Fisheries Research*. ICLARM Conference Proceedings Number 13. Manila, Philippines.
- Smith, N.S. 2010. Lionfish invasion in nearshore waters of the Bahamas: an examination of the effects of artificial structures and invader versus native species colonization rates. Thesis for Master of Science. 83 pp.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growths laws II). *Human Biology* 10:181-213.
- Whitfield, P.E., J.A. Hare, A.W. David, S.L. Harter, R.C. Muñoz, and C.M. Addison. 2007. Abundance estimates of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans/miles* complex in the Western North Atlantic. *Biological Invasions* 9:53-64.
- Whitfield, P.E., T. Gardner, S.P. Vives, M.R. Gilligan, W.R. Courtenay, G.C. Ray, and J.A. Hare. 2002. Biological invasion of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* along the Atlantic coast of North America. *Marine Ecology Progress Series* 235:289-297.