

Posicionamiento Taxonómico y Caracterización del Nicho Isotópico del Complejo de Especies del Pez León (*Pterois volitans/miles*) en el Caribe Sur, Costa Rica

Taxonomic Positioning and Isotopic Niche Characterization of Lionfish Species Complex (*Pterois volitans/miles*) in the South Caribbean, Costa Rica

Positionnement Taxonomique et Caractérisation de Niche Isotopique du Complexe d'Espèces de Poisson-Lion (*Pterois volitans/miles*) dans le Caraïbe Sud du Costa Rica

SERGIO CAMBRONERO-SOLANO^{1,4,*}, RODOLFO UMAÑA-CASTRO¹,
SEBASTIAN KLARIAN² y LILLIANA PIEDRA³

¹Laboratorio de Análisis Genómico (LAGEN)

Universidad Nacional, Costa Rica, Heredia 86-3000, Costa Rica.

²Centro de Investigación para la Sustentabilidad (CIS), Universidad Andrés Bello, Chile

³Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI),
Universidad Nacional, Costa Rica, Heredia 86-3000, Costa Rica.

⁴Fundación Pelagos, San José, Costa Rica

*sergiocambrosco@gmail.com

RESUMEN EXTENDIDO

Introducción

Las invasiones biológicas han sido motores del declive de la biodiversidad a nivel mundial, tanto a nivel terrestre como a nivel acuático. Las especies invasoras representan una de las mayores amenazas para las poblaciones de especies nativas y las comunidades humanas que dependen de dichos recursos. Dentro de las invasiones biológicas en el ambiente marino, la del pez león en el oeste del océano Atlántico y el Mar Caribe ha sido la más significativa en cuanto al rango de invasión y recursos afectados. Esta invasión ha sido bien documentada desde los años 90 (Morris y Whitfield 2009), no obstante aún se especulan los efectos poblacionales del pez león sobre especies de interés comercial y su impacto en la actividad pesquera de las comunidades costeras.

El estudio de los efectos del pez león en los ecosistemas invadidos se plantea como uno de los retos para los países afectados, en especial aquellos de la región Suroeste del Caribe donde existe poca información disponible. En los últimos años se han desarrollado tecnologías que permiten el estudio ecológico de las especies invasoras. Estas tecnologías ofrecen un gran alcance espacio-temporal así como una alta resolución de las interacciones ecosistémicas, además de la posibilidad de incorporar diferentes disciplinas al estudio aplicado de esta problemática que amenaza de manera latente a los ecosistemas marinos más vulnerables a nivel mundial. El objetivo de este estudio fue posicionar taxonómicamente al pez león mediante marcadores mitocondriales para la caracterización del complejo (*P. volitans/miles*) presente en el Caribe Sur de Costa Rica así como caracterizar su nicho isotópico en el Caribe Sur mediante análisis de isótopos estables $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en el Caribe Sur de Costa Rica, provincia de Limón. Se muestrearon localidades donde fue posible capturar pez león, la mayoría asociadas a arrecifes de coral y desembocaduras de ríos. Las localidades de muestreo correspondieron a: Isla Uvita, Cienegueta, desembocadura Río Banano, desembocadura Río Bananito, Parque Nacional Cahuita (sector Perezoso), Puerto Viejo, Cocles, Punta Uva, Manzanillo, Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca y la localidad ubicada más al sur fue la desembocadura del Río Sixaola. Los individuos fueron capturados mediante captura directa con arpones caseros desde los 0 hasta los 40 metros de profundidad, 30 de estos fueron utilizados para la determinación taxonómica. Para la caracterización del nicho isotópico los peces se capturaron 84 peces con trampas (nasas) desde los 50 hasta los 150 metros de profundidad en conjunto con pescadores artesanales de la zona.

Para determinar la presencia del complejo *Pterois volitans/miles* en Costa Rica se llevaron a cabo análisis moleculares a nivel genético mediante los genes mitocondriales 16S y citocromo b (*cytb*). Las secuencias resultantes fueron sometidas a un alineamiento múltiple en conjunto con otras secuencias del marcador respectivo disponibles en el GenBank utilizando el programa libre MAFFT 7.0, aplicando el método iterativo de refinamiento G-iNS-i (1PAM/k=2), se determinó el mejor modelo de sustitución nucleotídica para cada set de datos utilizando el programa jModelTest. Se realizaron dos tipos de abordajes estadísticos para la reconstrucción filogenética: Máxima Verosimilitud e Inferencia Bayesiana. El primero basado haciendo uso del programa raxmlGUI y la inferencia bayesiana se realizó con el programa MrBayes.

Con el fin de determinar el nicho isotópico del pez león se recolectaron muestras diferentes profundidades a lo largo del área de estudio. La composición isotópica de dichas muestras fue analizada utilizando un Analizador Elemental EA (Eurovector) para la separación iónica y un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas Nu Instruments Perspective (Ametek) para determinar la composición isotópica de los átomos presentes en las muestras. Los datos obtenidos se analizaron con el software libre R (R Core Team, 2011) utilizando los paquete de datos "SIBER" (Stable Isotope Bayesian

Ellipses in R") (Jackson et al. 2011) y "MixSIAR" (Bayesian Mixing Models in R) (Stock y Semmens 2016). Previo al análisis se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos de isótopos estables. Se realizó una modelación del nicho isotópico del pez león a partir de los datos obtenidos y agrupándolos según su longitud total (juveniles = 15 - 23 cm; adultos jóvenes = 24 - 30 cm; adultos viejos = 30 - 41.2 cm), región de colecta (región norte: Isla Uvita, Cieneguita, Río Banano y Río Bananito y el resto de estaciones como región sur) y sexo. Se calcularon los nichos isotópicos mediante el análisis del área de polígonos convex hull y el cálculo de elipses bayesianas. Se analizó la contribución de las presas a la dieta de los peces león a partir de su relación en el espacio isotópico, a partir de los datos de $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ y TEF aplicando modelos Bayesianos de mezcla basados en la parsimonia Gaussiana con una mezcla "dirichlet-distributed" previa a obtener los valores medios para cada individuo (depredador y presa).

Resultados y Conclusiones

El resultado de la filogenia basada en el cytb (Figura 1) muestra dos clados principales; agrupa las muestras de *Pterois volitans*, *Pterois miles* y las recolectadas en el Caribe Sur de Costa Rica mientras que *P. antennata*, *P. radiata* y *P. mombasae* se agruparon en otro clado soportado por una probabilidad posterior del 100% y un bootstrap del 88%. El cluster donde se agrupan las secuencias previamente reportadas de *Pterois volitans* para el rango invadido no incluye ninguna de las secuencias provenientes de Costa Rica y se agrupa por separado de las secuencias provenientes del rango nativo. La separación

del complejo *P. volitans/P. miles* está soportada por una probabilidad del 100% en ambos abordajes estadísticos. Las muestras de Costa Rica se agruparon en un cluster por separado dentro del clado *Pterois volitans*, esto corrobora los resultados obtenidos de la filogenia construida a partir del gen 16S en cuanto a que se puede afirmar que el pez león del Caribe Sur no corresponde a la especie *P. miles*.

El valor medio $\delta^{15}\text{N}$ de los depredadores fue 10.4667‰ con desviación estándar (SD) de 0.9110, así mismo el valor medio de $\delta^{13}\text{C}$ correspondió a -16.0198‰ y su SD de 0.8226. No hubo relación significativa entre la LT de los especímenes con respecto a los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ($r^2 = 0.1431$) ni con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ ($r^2 = 0.0145$). En cuanto a los tejidos de las presas, el promedio $\delta^{15}\text{N}$ fue de 7.4558‰, SD 1.7287 y para $\delta^{13}\text{C}$ el promedio fue -17.1946 con SD de 3.4637. Los items alimentarios de los contenidos estomacales se agruparon en 5 categorías: Pez ($n = 36$), Cangrejo ($n = 12$), Camarón ($n = 22$), y dos categorías por especie, el herbívoro *Acanthurus coeruleus* ($n = 7$) y *Thalassoma bifasciatum* ($n = 7$), los tejidos de las presas contaron con un rango de $\delta^{15}\text{N}$ entre 2.14 a 11.44‰ mientras que el rango de $\delta^{13}\text{C}$ se ubicó entre -19.05 y -11.8‰. A partir de estos valores se calculó el TEF (ec.2) el cual fue de 3.0107 y utilizando este valor en la ec.3 se calculó que el nivel trófico del pez león en el Caribe Sur de Costa Rica es 2.6, tomando los valores de *A. coeruleus* como nivel base, dadas sus características de herbívoro primario de larga vida.

El pez león presente en el Caribe Sur de Costa Rica se restringe exclusivamente a la especie *Pterois volitans*. Se corrobora la ausencia de *Pterois miles* en el Caribe. Para la identificación molecular del pez león, se

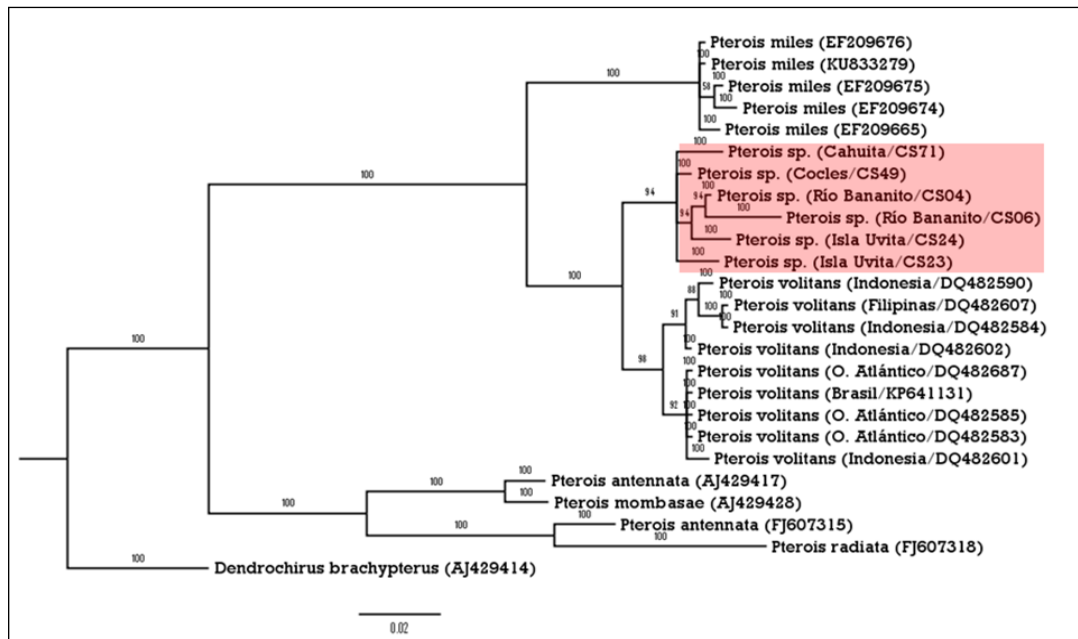


Figura 1. Reconstrucción filogenética a partir de la región codificante del citocromo b (cytb) de pez león presente en el Caribe Sur de Costa Rica e incorporando secuencias de especies congénicas disponibles en GenBank. Análisis a partir de 435bp utilizando el modelo de general de tiempo reversible (GTR+G). Los números muestran la probabilidad de soporte a partir de 300000 MCMC y 5000 iteraciones, respectivamente. Entre paréntesis se indica el lugar de procedencia del espécimen y el número de accesión del GenBank o código del proyecto.

concluye que el marcador *cytb* presenta una mayor capacidad de resolución filogenética que el 16S. A nivel del rango invadido, se identifica un linaje en la región Caribe Suroeste que presenta un distanciamiento genético evidente a raíz de los patrones de conectividad del Caribe. Se determina un nivel trófico de 2.6 para el pez león de la costa sur del Caribe costarricense y se demuestra uno de los mayores niveles tróficos reportados en el rango invadido (Cuadro 1). Esto indica una alta incidencia del pez león sobre la dinámica arrecifal y costera al depredar una amplia variedad de organismos pertenecientes a 6 familias de teleósteos y 8 de crustáceos. También se denota un alto impacto de la invasión en Costa Rica al presentarse el nicho isotópico más amplio de todo el rango invadido. Se concluye que el principal impacto sucede directamente sobre las comunidades crípticas y asociadas a estaciones de limpieza, por lo tanto tienen un efecto indirecto en especies de importancia pesquera.

PALABRAS CLAVES: Pez lion, niche isotopique, Costa Rica

LITERATURA CITADA

- Curtis, J.S. 2016. *Resource Use Overlap in a Native Grouper and Invasive Lionfish*. Ph.D. Dissertation, University of South Florida, St. Petersburg, Florida USA. 96 pp.
- Dahl, K.A. y W.F. Patterson. 2014. Habitat-specific density and diet of rapidly expanding invasive red lionfish, *Pterois volitans*, populations in the northern Gulf of Mexico. *PLoS one* 9(8), e105852.

- Layman, C.A. y J.E. Allgeier. 2012. Characterizing trophic ecology of generalist consumers: a case study of the invasive lionfish in The Bahamas. *Marine Ecology Progress Series* 448:131 - 141.
- Morris, J.A. Jr. y P.E. Whitfield. 2009. *Biology, Ecology, Control and Management of the Invasive Indo-Pacific Lionfish: An Updated Integrated Assessment*. NOAA Technical Memorandum. *NOS NCCOS* 99. 57pp.
- Muñoz, R.C., C.A. Currin y P.E. Whitfield. 2011. Diet of invasive lionfish on hard bottom reefs of the Southeast USA: insights from stomach. *Marine Ecology Progress Series* 432:181 - 193.
- O'Farrell, S., S. Bearhop, R.A. McGill, C.P. Dahlgren, D.R. Brumbaugh y P.J. Mumby. 2014. Habitat and body size effects on the isotopic niche space of invasive lionfish and endangered Nassau grouper. *Ecosphere* 5(10):1 - 11.
- Pimiento, C., J.C. Nifong, M.E. Hunter, E. Monaco y B.R. Silliman. 2013. Habitat use patterns of the invasive red lionfish *Pterois volitans*: a comparison between mangrove and reef systems in San Salvador, Bahamas. *Marine Ecology* 36(1):28 - 37.

Cuadro 1. Comparación valores isotópicos de este y previos estudios realizados con pez león en el rango invadido.

Promedio $\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Rango $\delta^{13}\text{C}$ (‰) [Min-Max]	Promedio $\delta^{15}\text{N}$	Rango $\delta^{15}\text{N}$ (‰) [Min-Max]	Autores	Zona/Región	n
-16.0198 ± 0.82	-13.12 / -19.98	10.4667 ± 0.91	6.53 / 12.74	Este estudio	Costa Rica	84
-11.17 ± 0.50	-11.20 / -12.30	8.5 ± 0.36	7.9 / 9.2	Bond et al. 2018	Belice	5
-14.72 ± 0.03	-13.13 / -16.32	9.10 ± 0.02	8.0 / 10.35	Curtis, 2016	Florida	294
-10.50	-8.50 / -14.00	8.75	7.5 / 10.01	O'Farrell et al. 2014	Bahamas	54
-18.0	-17.20 / -18.9	12.8	12.0 / 13.8	Dahl y Patterson, 2014	Golfo de México	770
-14.93 ± 0.81	NA	8.39 ± 0.34	NA	Pimiento et al. 2013	Bahamas Arrecife	12
-12.72 ± 0.42	NA	9.38 ± 0.37	NA	Pimiento et al. 2013	Bahamas Manglar	11
-11.80 ± 0.65	NA	9.1 ± 0.38	NA	Layman y Allgeier, 2012	Bahamas	35
-16.60 ± 0.02	-16.00 / -17.20	11.00 ± 0.04	9.61 / 12.07	Muñoz et al. 2011	North Carolina	183