

Contribuciones en ciencias del mar

de la Universidad Nacional de Colombia

NÉSTOR HERNANDO CAMPOS
ARTURO ACERO PIZARRO
EDITORES



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Contribuciones
en ciencias del mar**
de la Universidad Nacional de Colombia

Contribuciones en ciencias del mar

de la Universidad Nacional de Colombia

**NÉSTOR HERNANDO CAMPOS CAMPOS
ARTURO ACERO PIZARRO**

EDITORES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE CARIBE
INSTITUTO DE ESTUDIOS EN CIENCIAS DEL MAR - CECIMAR

Bogotá, D. C., 2016

- © Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe
Instituto de Estudios en Ciencias del Mar – CECIMAR
- © Néstor Hernando Campos Campos
Arturo Acero Pizarro
Editores
- © Jenny Consuelo Barrera, Brigitte Gavio y J. Ernesto Mancera-Pineda,
Ana María Alvarado-Laverde y Adriana Santos-Martínez, Paula Pabón Quintero
y Arturo Acero P., y Ana Milena Lagos, Edna Judith Márquez Fernández,
Juan Aicardo Segura Caro y Natalia Restrepo Escobar, Olga María Pérez Carrascal,
Magally Romero-Tabarez, Gloria Ester Cadavid Restrepo, Claudia Ximena Moreno Herrera
Autores varios

Colección Nación

Primera edición, agosto de 2016

ISBN 978-958-775-806-1 (papel)

Impreso:

Centro de Copiado SION

Calle 15 # 3 – 29, Tel: 4230097

Santa Marta

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Campos Campos, Néstor Hernando, 1955-

Contribuciones en ciencias del mar de la Universidad Nacional de Colombia /
Néstor Hernando Campos Campos, Arturo Acero Pizarro, editores. -- Primera
edición. -- Universidad Nacional de Colombia (Sede Caribe). Instituto de
Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR), 2016.

142 páginas : ilustraciones, diagramas, figuras, fotografías, mapas. --
(Colección nación)

Incluye referencias bibliográficas
ISBN 978-958-775-806-1 (papel).

1. Ciencias del mar 2. Ecología marina 3. Fauna marina -- Fisiología
4. Biología marina 5. Biotecnología marina 6. Genética animal 7. Microbiología
marina 8. Invasiones biológicas 9. Mar Caribe -- Colombia I. Acero Pizarro,
Arturo, 1954-, editor II. Título III. Serie

CDD-21 577.7301 / 2016

Citar obra completa como:

Campos, N. H. y A. Acero P. (eds.). 2016. Contribuciones en Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Colombia-2015. CECIMAR, Sede Caribe, Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta, 141 p.

Citar capítulo como:

Nombre de los autores. 2016. Nombre del capítulo. En: Campos, N. H. y A. Acero P. (eds.). 2016. Contribuciones en Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Colombia-2015. CECIMAR, Sede Caribe, Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta, 141 p.

Contenido

Presentación	9
Parte 1	
Aspectos ecológicos	11
Macroalgas asociadas al hábitat del gasterópodo <i>Cittarium pica</i> (Linneaus, 1758), en la isla de San Andrés, Colombia	15
<i>Jenny Consuelo Barrera, Brigitte Gavio y J. Ernesto Mancera-Pineda</i>	
Introducción	15
Materiales y métodos	17
Resultados	19
Discusión	25
Agradecimientos	25
Referencias	25
Cambios espacio-temporales de ensamblajes ícticos en arrecifes de la isla de San Andrés, Caribe colombiano	31
<i>Ana María Alvarado-Laverde y Adriana Santos-Martínez</i>	
Introducción	31
Área de estudio	32
Materiales y métodos	34
Resultados	35
Discusión	39
Conclusiones	43
Agradecimientos	44
Referencias	44
Ecología trófica del invasor pez león <i>Pterois volitans</i> en el Caribe colombiano: impacto sobre familias ícticas de Santa Marta y San Andrés	51
<i>Paula Pabón Quintero y Arturo Acero P.</i>	
Introducción	51
Métodos	52
Resultados	55
Discusión	62
Agradecimientos	66
Referencias	66

Anexo A	71
Teleósteos	71
Crustáceos	73
Moluscos	74
Parte 2	
Aspectos biológicos	75
Estudio comparativo de la fecundidad del cangrejo rey del Caribe <i>Damithrax spinosissimus</i> (Lamarck, 1818) entre poblaciones insulares oceánicas y continentales del Caribe colombiano	79
<i>Jenny Consuelo Barrera, Néstor Hernando Campos y Ana Milena Lagos</i>	
Introducción	79
Materiales y métodos	81
Resultados	84
Discusión	94
Agradecimientos	101
Referencias	101
Evaluación experimental de loci microsatélites en caracol pala <i>Strombus gigas</i> (Linnaeus, 1758) del Caribe colombiano	111
<i>Edna Judith Márquez Fernández, Juan Aicardo Segura Caro</i> <i>y Natalia Restrepo Escobar</i>	
Introducción	111
Materiales y métodos	112
Resultados	113
Discusión	114
Agradecimientos	115
Referencias	116
Detección de actividades enzimáticas extracelulares de bacterias marinas asociadas al caracol <i>Strombus gigas</i> (Linnaeus, 1758) del mar Caribe colombiano	123
<i>Olga María Pérez Carrascal, Magally Romero-Tabarez,</i> <i>Gloria Ester Cadavid Restrepo, Claudia Ximena Moreno Herrera</i>	
Introducción	123
Materiales y métodos	124
Resultados	129
Discusión	134
Referencias	136

Presentación

La Universidad Nacional de Colombia no ha sido ajena a la necesidad nacional de incrementar nuestro conocimiento científico del mar, por eso ha sido partícipe desde hace varias décadas de los adelantos en la generación de conocimiento marino en Colombia. Consciente de la importancia de divulgar el conocimiento sobre el mar que se genera en cada una de las sedes de la Universidad relacionadas con el medio y bajo el liderazgo del instituto CECIMAR de la sede Caribe, se organiza cada dos años un evento en el cual se presentan los avances de las investigaciones en el campo marino.

La primera reunión interna sobre Ciencias del Mar se realizó en diciembre de 2009 (“La Investigación en Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Colombia – 30 Años de la Biología Marina”), en la sede Caribe de la Universidad. Como producto de esta reunión, se publicó el volumen 14 de la serie Cuadernos del Caribe de la sede. A finales de 2014 se realizó en Bogotá el 4° Seminario: Las Ciencias del Mar en la Universidad Nacional de Colombia; se recopilaron varios trabajos presentados durante el desarrollo del mismo, que no han sido aún publicados en otros medios, y se incluyeron en el presente volumen.

Esperamos que esta contribución aumente la difusión del conocimiento sobre el mar, fruto del quehacer académico dentro de la Universidad, y estimule con ello a investigadores en formación a profundizar en el estudio de la aun vasta riqueza ecosistémica marina colombiana. Solo a partir del conocimiento científico se puede llegar a la protección y adecuado uso de los mares.

Néstor Hernando Campos C.

Arturo Acero P.

Editores

Parte 1

Aspectos ecológicos

Trophic ecology of the invasive lionfish *Pterois volitans* in the Colombian Caribbean: Impact on fish families from Santa Marta and San Andrés.

Abstract

Due to the recent invasion by lionfish (*Pterois volitans*) to the Colombian Caribbean Sea, there are few studies about trophic ecology; however, the effects of lionfish on Colombian reefs are widely variable. In the present study, we did an approach to the feeding ecology of lionfish in Santa Marta and San Andrés-Colombia, through stomach contents analysis. Three relative metrics of prey quantity were used: percent number (%N), percent frequency (%F) and gravimetric (%G). We also used relative importance index (% IRI). Lionfish diet at Santa Marta consisted of 60.7 % teleosts and 39.3 % crustaceans. The most important prey families were: Haemulidae (*Haemulon aurolineatum*), Penaeidae (shrimps), Pomacentridae, Serranidae, Apogonidae, among others. San Andrés dietary composition includes 63.8 % teleosts, 33.3% crustaceans, and 2.9% gastropods, where the most important families were: Labridae (*Thalassoma bifasciatum*), Penaeidae, Pomacentridae, Acanthuridae, and Holocentridae, among others. Proportion of crustaceans in *P. volitans* diet decreased with growth. Most predator-prey ratio was 0.53. By means of the cumulative prey curve we estimate more than 200 species on *Pterois* diet.

Keywords: Lionfish, Caribbean Sea, Diet composition, Stomach contents analysis.

Ecología trófica del invasor pez león *Pterois volitans* en el Caribe colombiano: impacto sobre familias ícticas de Santa Marta y San Andrés

Paula Pabón Quintero y Arturo Acero P.

Resumen

Los estudios sobre ecología trófica del pez león (*Pterois volitans*) en el Caribe colombiano son escasos debido a su reciente presencia como invasor; sin embargo, los efectos de este pez sobre los arrecifes han sido vertiginosos y notorios. En el presente estudio se realiza una aproximación a la ecología trófica del invasor, a través del análisis de contenidos estomacales en peces recolectados en dos regiones del Caribe colombiano (Santa Marta y San Andrés). En el análisis se utilizaron tres métodos de cuantificación de importancia de presa: Porcentaje de composición por número (%N), frecuencia de aparición (%F) y método gravimétrico (%G), los cuales fueron la base para el cálculo del índice de importancia relativa (%IIR). Se encontró que la composición dietaria en la región de Santa Marta del pez león fue de 60.7% teleósteos y 39.3% crustáceos, presentando en orden de importancia de presas a las familias Haemulidae con la especie *Haemulon aurolineatum*, Penaeidae (camarones), Pomacentridae, Serranidae, Apogonidae, entre otras. En la región de San Andrés la composición dietaria estuvo determinada por 63.8% teleósteos, 33.3% crustáceos y 2.9% gasterópodos. Las familias en orden de importancia consumidas por *P. volitans* en esta área fueron: Labridae con la especie *Thalassoma bifasciatum*, Penaeidae (camarones), Pomacentridae, Holocentridae y Acanthuridae, entre otras. La proporción de crustáceos en la dieta decreció con el aumento de la talla de *P. volitans*. La mayor relación depredador-presa fue de 0.53. Una curva de acumulación de especies estimó más de 200 especies en la dieta del invasor.

Palabras clave: Pez león, Mar Caribe, Composición dietaria, Análisis de contenidos estomacales.

Ecología trófica del invasor pez león *Pterois volitans* en el Caribe colombiano: impacto sobre familias ícticas de Santa Marta y San Andrés

Paula Pabón Quintero y Arturo Acero P.¹

Introducción

La introducción de especies exóticas que se vuelven invasoras en ambientes naturales, ha sido identificada como uno de los factores más influyentes en la pérdida de biodiversidad en el mundo (Baptiste *et al.*, 2010). El pez león, *Pterois volitans*, nativo del océano Indo-Pacífico, ha sido reconocido recientemente por invadir el oeste del océano Atlántico y el mar Caribe, lo cual ha repercutido en un ambiente ya afectado por problemas como la sobreexplotación pesquera, la polución y el cambio climático, entre otros (Schofield, 2010).

El pez león fue registrado por primera vez en el hemisferio occidental en la costa este del sur de Florida- Estados Unidos, en 1985 (Morris y Akins, 2009; Schofield, 2009), posteriormente fue visto en Carolina del Norte a inicios del presente siglo, donde Whitfield *et al.* (2007) estimaron abundancias similares a las de los serránidos nativos más comunes. En 2004, se divisó por primera vez en el archipiélago de las Bahamas, cuando se comenzó a observar una rápida dispersión por el Caribe (Schofield, 2009). El primer avistamiento de pez león en el Caribe colombiano fue en la isla de Providencia, archipiélago de San Andrés en 2008 y para 2009 fue recolectado en el Parque Nacional Natural Tayrona (González *et al.*, 2009). Actualmente se sabe de su presencia en todo el Caribe continental colombiano, desde Capurganá hasta La Guajira, donde se ha hallado no solo en ecosistemas rocosos y de arrecifes de coral, sino también en fondos arenosos, praderas de pastos marinos, manglares y en el ecosistema de ciénaga (Acero, 2011; 2013).

1 Instituto de Estudios en Ciencias del Mar, Cecimar, Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe, Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. pepabonq@unal.edu.co, aacerop@unal.edu.co.

Desde su introducción en la Florida hasta la actualidad, el pez león se ha convertido en una especie invasora exitosa, entre otros aspectos por su rápida y amplia dispersión, su alta fecundidad, supervivencia larval, persistencia posasentamiento y habilidad para cruzar barreras ambientales (Côté *et al.*, 2013). Además, presenta habilidades competitivas que incluyen la técnica de lanzar chorros de agua a su presa (Albins y Lyons, 2012), espinas venenosas que lo protegen de posibles depredadores (Halstead *et al.*, 1955) y hábitos tróficos generalistas que le permiten consumir una gran diversidad de peces y crustáceos del océano Atlántico (Morris y Akins, 2009; Côté *et al.*, 2010, 2013; Green *et al.*, 2011, 2012; McCleery, 2011; Muñoz *et al.*, 2011; Cure *et al.*, 2012; Layman y Allgeier, 2012; Muñoz y Gil, 2012; Valdez *et al.*, 2012), lo cual, ha llevado a una reducción en la biomasa de peces arrecifales y su reclutamiento (Albins y Hixon, 2008; Arias *et al.*, 2011).

Aunque se han realizado diversos estudios centrados en la ecología del invasor que han permitido recabar información importante sobre las preferencias alimentarias de este en la región invadida, en el Caribe colombiano los estudios son escasos. Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es hacer un aporte al conocimiento de la ecología alimentaria de *P. volitans*. En primer lugar, se hará un análisis de contenidos estomacales en las regiones de Santa Marta y San Andrés y, en segundo lugar, se contrasta estos resultados con los de los demás estudios que se han realizado desde 2004 hasta 2013 en el océano Atlántico. Con ello, se pretende determinar cuáles podrían ser las familias de teleósteos más afectadas por las preferencias alimentarias del invasor.

Métodos

El presente estudio se realizó en la región de Santa Marta-Colombia, en el Parque Nacional Natural Tayrona, y en la isla de San Andrés de agosto a diciembre de 2013. Los especímenes de *P. volitans* fueron recolectados en horas de la mañana con el uso de arpón, por medio de buceo autónomo y en apnea, en fondos rocosos y arrecifes de coral en cinco localidades en la región de Santa Marta (figura 1). En San Andrés los peces fueron recolectados en el marco de un concurso de caza de pez león organizado en diciembre de 2013, en el cual participaron pescadores artesanales de la isla. En total fueron capturados 144 individuos: 44 en Santa Marta y 100 en San Andrés.

Una vez capturado cada individuo se procedió a tomar medidas de longitud total (LT), longitud estándar (LE) y peso (g). Los contenidos estomacales de cada pez fueron extraídos y almacenados en formol amortiguado al 10% en el caso de los teleósteos y en etanol al 75% en el de los crustáceos. Se identificó visualmente con estereoscopio cada presa, hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Para la identificación de teleósteos se usó la guía de Humann (2004) y para la de crustáceos se empleó la guía de Williams (1984).



Figura 1. Izquierda: Sitios de muestreo en Santa Marta; derecha: Sitios de recolecta en San Andrés (los números continuos a cada lugar hacen referencia a la cantidad de individuos recolectados en cada sitio).

Fuente: Google earth.

Para analizar los contenidos estomacales se determinó la contribución de cada taxón al total de la dieta, usando tres métodos de cuantificación de presas: porcentaje de frecuencia de aparición (%F), porcentaje por número (%N) y gravimetría (%G) (Hyslop, 1980). Se determinó el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas *et al.*, 1971) para cada taxón y se estableció la relación depredador-presa con base en la LT.

La relación entre la talla del pez león y la preferencia entre consumir teleósteos o crustáceos se calculó para el total de estómagos recolectados (n=144), exceptuando los estómagos vacíos por medio de un análisis de regresión lineal. Para determinar la semejanza entre los dos sitios de mues-

treo se usaron tres índices de similitud: Índice de similitud de Jaccard, Índice de Sorensen e Índice de Sorensen Cuantitativo.

La segunda parte del presente estudio se enfocó en la compilación de los resultados de diversas investigaciones de ecología trófica de *P. volitans* que se han llevado a cabo en la región invadida, teniendo en cuenta estudios realizados en la costa este estadounidense, el archipiélago de las Bahamas, el golfo de México y el Caribe colombiano. Por medio de la compilación mencionada, se obtuvieron datos de las especies y los taxones hallados en los análisis de contenidos estomacales, la frecuencia de dichas especies en la dieta, la estimación de la cantidad de especies que hacen parte de la dieta en la región invadida y la amplitud del nicho trófico del invasor.

La amplitud de la dieta se calculó por medio del índice estandarizado de Levins donde valores mayores a 0.6 indican depredación generalista (Labropoulou y Eleftheriou, 1997). La determinación de este índice se realizó con base en la suma de frecuencias de familias ícticas en la dieta de los estudios de Morris y Akins (2009), Muñoz *et al.* (2011), Layman y Allgeier (2012), Valdez *et al.* (2012), Abril (2012), Côté *et al.* (2013) y el presente estudio. En cada una de las investigaciones se determinó la importancia de cada familia íctica y de crustáceos, utilizando alguno de los métodos de cuantificación de presas propuestos por Hyslop (1980) (%N, %F o %G), o usando el índice de importancia relativa (IIR). Por medio de una compilación de datos de %F, %N y %IIR de los estudios de Morris y Akins (2009), Muñoz *et al.* (2011), Abril (2012), Layman y Allgeier (2012), Valdez *et al.* (2012), Côté *et al.* (2013), Gómez (2015) y el presente estudio, se determinó, haciendo énfasis en los teleósteos, cuál es la familia más importante en la dieta de *P. volitans*.

Se realizaron tres curvas de acumulación de especies por medio del programa EstimateS 9.1.0. con el fin de estimar, en primer lugar, la cantidad de especies-taxón de teleósteos y crustáceos, entre otros, que hacen parte de la dieta, y en segundo lugar, de analizar cuál debe ser el esfuerzo de muestreo. Para el análisis se utilizaron los estimadores no paramétricos Chao 2, Jackknife 1 y Bootstrap con un intervalo de confianza de 95%. Para comprobar si la curva llegó a una tendencia asintótica se calcularon los coeficientes de variación para cada curva permutada, teniendo en cuenta que cuando el coeficiente de variación fuera menor de 0.05 se considera que la curva se acerca a la asíntota (Polo *et al.*, 2013). La primera curva de acumulación de especies se realizó con base a la matriz de datos de los 144 estó-

magos (incluidos los vacíos) recolectados en este estudio. La segunda curva se basó en una matriz de presencia-ausencia realizada a partir de los datos que se han recabado en el Caribe colombiano, incluyendo los estudios de Abril (2012), Muñoz y Gil (2012), Gómez (2015) y el presente estudio, para un total de 1200 estómagos. La tercera curva abordó los datos de frecuencia de cada taxón de los estudios compilados en la región invadida (Albins e Hixon, 2008; Morris y Akins, 2009; Jud *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2011; Green *et al.*, 2012; Layman y Allgeier, 2012; Muñoz y Gil, 2012; Valdez *et al.*, 2012; Côté *et al.*, 2013; Gómez, 2015). El total de estómagos fue 3443. Para cada curva se tuvieron en cuenta 1000 aleatorizaciones.

Resultados



Figura 2. Contenidos estomacales de *Pterois volitans*. a) Pez león con mayor relación depredador-presa (0,53). b) Presa de mayor tamaño y peso, *Sparisoma aurofrenatum* (9.5 cm, 9.5g). c) *Stegastes* sp. Presa de mayor peso en Santa Marta (6.5g). d) Presa de mayor frecuencia y tamaño en Santa Marta, *Haemulon aurolineatum* (7.2 cm). e) *Thalassoma bifasciatum*, presa de mayor frecuencia en San Andrés. f) Camarón de la familia Penaeidae. g) Cangrejo de la familia Portunidae.

Se analizaron en total 144 estómagos, de los cuales 17 (12.5%) se hallaban vacíos. Se identificaron en total 97 presas, 30% en Santa Marta en 38 estómagos con contenido y 70% en San Andrés en 89 estómagos. Los individuos de *P. volitans* recolectados tuvieron tallas desde 4.9 a 41.0 cm LT, con una talla promedio de 26.1 cm y una desviación estándar de 6.7 cm. La mayor relación depredador presa fue de 0.53, la cual se halló en el pez león de menor tamaño, con una presa de 2.6 cm de un teleósteo no identificado en Santa Marta (figura 2a). La relación depredador-presa promedio en las dos áreas estudiadas fue de 0.13 con una desviación 0.08.

La presa de mayor tamaño y peso fue un pez loro, *Sparisoma aurofrenatum*, de 9.5 cm y 9.5 g, capturado en San Andrés, con una relación depredador-presa de 0.3 (figura 2b). Para la región de Santa Marta la presa de mayor peso fue un espécimen de la familia Pomacentridae perteneciente al género *Stegastes* de 6.5 g (figura 2c). Las presas identificadas fueron teleósteos pertenecientes a 13 familias, de los cuales, la especie más abundante para Santa Marta fue *Haemulon aurolineatum* (figura 2d), mientras que para San Andrés fue *Thalassoma bifasciatum* (figura 2e); y crustáceos que se ubican en seis familias, donde Penaeidae fue la más común. También se halló un gasterópodo de la familia Marginellidae.

Para la región de Santa Marta los teleósteos representaron 60.7% de las presas identificadas, mientras que 39.3% restante fueron crustáceos. Tanto el método numérico (%N), como el de frecuencia de aparición (%F), gravimétrico (%G) e Índice de Importancia Relativa (%IIR) determinaron que la familia más importante en la dieta fue Haemulidae con la especie *Haemulon aurolineatum* (figura 2f, 2g). Para los individuos recolectados en San Andrés los crustáceos representaron 33.3%, los teleósteos 63.8% y los gasterópodos 2.9% de la dieta. Por medio de los métodos %N y %F se obtuvieron resultados iguales, siendo la familia Labridae la mejor representada con la especie *Thalassoma bifasciatum* en estado juvenil. El método (%G) determinó que la de mayor importancia fue la familia Holocentridae con el género *Holocentrus*. Sin embargo, teniendo en cuenta el %IIR, la familia más importante para *P. volitans* en San Andrés fue Labridae, seguida por la familia de camarones Gonodactylidae (tabla 1). Los índices de Jaccard de 0.27, de Sorensen de 0.43 y de Sorensen cuantitativo de 0.3, basados en especies-taxa, demostraron una baja similitud entre las presas de los dos lugares de muestreo.

Tabla 1. Importancia de presas en la dieta de *Pterois volitans* por medio de %N, %F, %G y %IIR

Lugar	Familia	Especies-taxa	n	%N	%F	%G	%IIR
Santa Marta	Apogonidae	<i>Apogon maculatus</i>	1	3.57	6.25	4.29	3.08
	Blenniidae	-	1	3.57	6.25	0.88	1.75
	Bothidae	<i>Bothus lunatus</i>	1	3.57	6.25	0.81	1.72
	Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i>	8	28.57	12.5	56.83	32.46
	Labridae	<i>Clepticus parrae</i>	1	3.57	6.25	0.11	1.44
	Pomacentridae	<i>Stegastes sp.</i>	2	7.14	12.5	7.30	11.32
		<i>Cephalopholis sp.</i>	1	3.57	6.25	1.72	2.07
	Serranidae	<i>Serranus tigrinus</i>	1	3.57	6.25	0.16	1.46
		<i>Synodus sp.</i>	1	3.57	6.25	1.16	1.85
	Synodontidae	<i>Synodus sp.</i>	1	3.57	6.25	1.16	1.85
	Calappidae	<i>Calappa sp.</i>	1	3.57	6.25	0.27	1.51
	Penacidae	-	9	32.14	18.75	26.20	39.83
Portunidae	<i>Cronius sp.</i>	1	3.57	6.25	0.27	1.51	
San Andrés	Acanthuridae	<i>Acanthurus sp.</i>	2	2.90	5.13	5.74	1.95
	Grammatidae	<i>Gramma loreto</i>	1	1.45	2.56	2.36	0.43
	Holocentridae	-	1	1.45	2.56	7.07	0.96
		<i>Holocentrus sp.</i>	4	5.80	5.13	20.18	5.85
	Labridae	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	27	39.13	23.08	15.91	55.77
		<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	1.45	2.56	13.99	1.74
	Pomacentridae	<i>Stegastes partitus</i>	5	7.25	5.13	16.49	5.35
		<i>Stegastes sp.</i>	2	2.90	5.13	8.39	2.54
	Serranidae	-	1	1.45	2.56	0.59	0.23
	Gonodactylidae	-	1	1.45	17.95	0.15	16.03
	Penacidae	-	12	17.39	2.56	2.95	0.18
		<i>Rimapenaeus sp.</i>	5	7.25	12.82	2.06	5.24
Portunidae	<i>Cronius sp.</i>	4	5.80	7.69	3.68	3.20	
Stenopodidae	<i>Stenopus hispidus</i>	1	1.45	2.56	0.29	0.20	
Marginellidae	-	2	2.90	2.56	0.15	0.34	

La relación entre la talla del pez león y el tipo de presa, demostró una preferencia por el consumo de peces y un descenso en la ingesta de crustáceos conforme aumentó la talla. El coeficiente de determinación R^2 para la línea de tendencia fue 0.7. Tanto para la relación entre el consumo de teleósteos, como de crustáceos, con la talla del invasor, el coeficiente de correlación fue positivo, $r=0.84$ (figura 3). Al aplicar el índice estandariza-

do de Levins para calcular la amplitud de nicho trófico sobre la suma de frecuencias de cada tipo de presa, se obtuvo un resultado de 0.97, lo que indica que *P. volitans* es un depredador generalista.

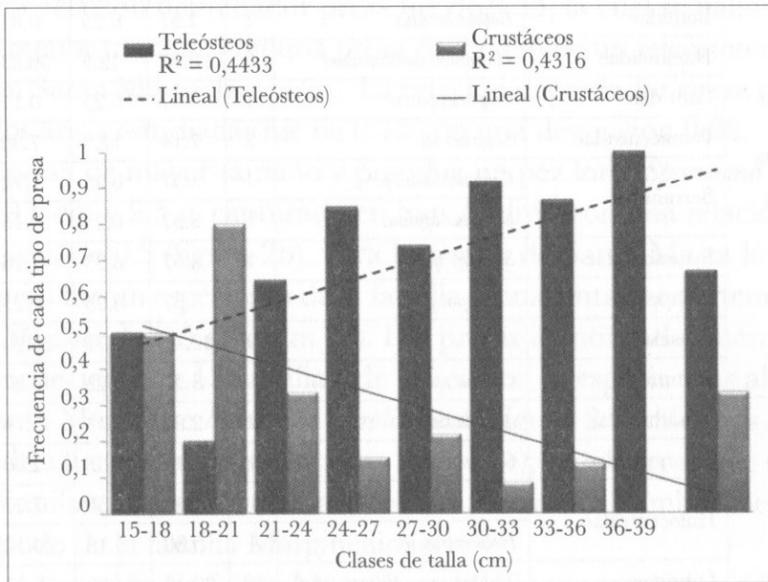


Figura 3. Frecuencia relativa de teleósteos y crustáceos encontrados en los contenidos estomacales en las clases de talla de *P. volitans*.

La familia de teleósteos más importante en la dieta de *P. volitans* es Labridae, seguida de Haemulidae, Serranidae, Gobiidae, Pomacentridae y Apogonidae. Cabe resaltar que la séptima familia en orden de importancia es Scorpaenidae, con *P. volitans* como presa, seguida por Labrisomidae, Grammatidae y Holocentridae. Los crustáceos se encuentran en orden de importancia en segundo lugar después de Labridae. Entre los crustáceos las familias más importantes son los camarones Penaeidae, Stenopodidae y Gonodactylidae (figura 4). Hasta 2013, se habían identificado 107 especies de teleósteos, pertenecientes a 31 familias, como parte de la dieta del invasor (ver anexo A). Las especies que se encontraron en mayor proporción numérica a través de los estudios analizados fueron *Thalassoma bifasciatum*, *Gramma loreto*, *Halichoeres garnoti* y *Stegastes partitus*. Asimismo, para los crustáceos se han registrado 24 familias, 17 géneros y 8 especies.

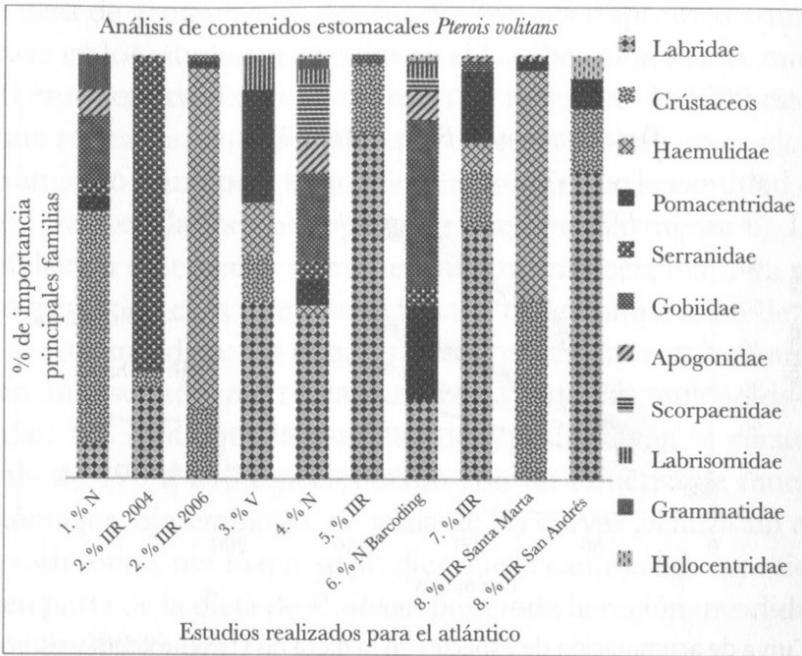


Figura 4. Familias predominantes de teleósteos y porcentajes de crustáceos en distintos estudios realizados en el atlántico en la dieta de *P. volitans*. 1. Morris y Akins (2009), Bahamas; 2. Muñoz *et al.* (2011), sureste Estados Unidos; 3. Layman y Allgeier (2012), Bahamas; 4. Valdez *et al.* (2012), Cozumel-México; 5. Abril (2012), San Andrés-Colombia; 6. Côté *et al.* (2013), Bahamas; 7. Gómez (2014); 8. Presente estudio, Santa Marta y San Andrés- Colombia.

Las curvas de acumulación de especies realizadas con base a los muestreos tanto del presente estudio, como de los realizados para el Caribe colombiano y para toda el área invadida no alcanzaron un nivel asintótico, lo que indica que el esfuerzo de muestreo debe ser mayor a los 3443 estómagos (figuras 5, 6 y 7). Por otro lado, los distintos estimadores de especies usados predicen una gran cantidad de especies-taxón como parte de la dieta del invasor. En la curva de acumulación de especies que se basó en los datos recabados en el presente estudio, los métodos no paramétricos para estimar las especies predicen de 35 a 70 especies con un esfuerzo de muestreo de 144 estómagos. Sin embargo, las curvas están alejadas de presentar un comportamiento asintótico, por lo que se asume que la cantidad de especies ha de ser mayor (figura 5).

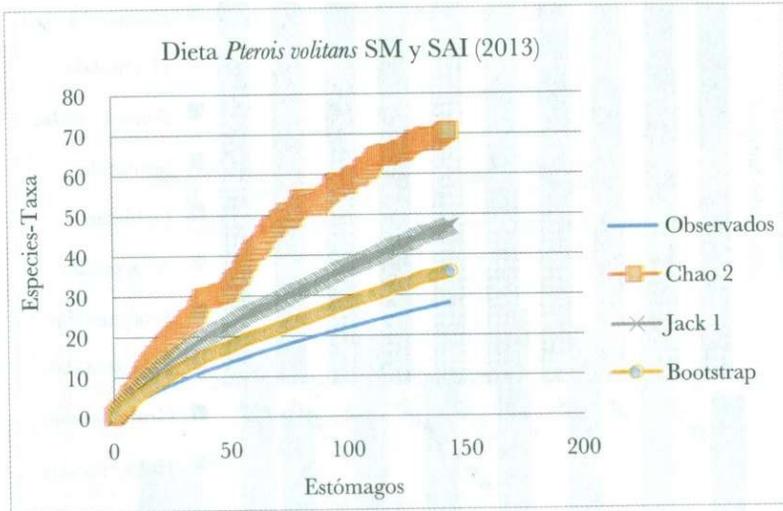


Figura 5. Curva de acumulación de especies en la dieta de *Pterois volitans* y estimadores Chao 2, Jackknife 1 y Bootstrap, basados en los resultados obtenidos en el presente estudio.

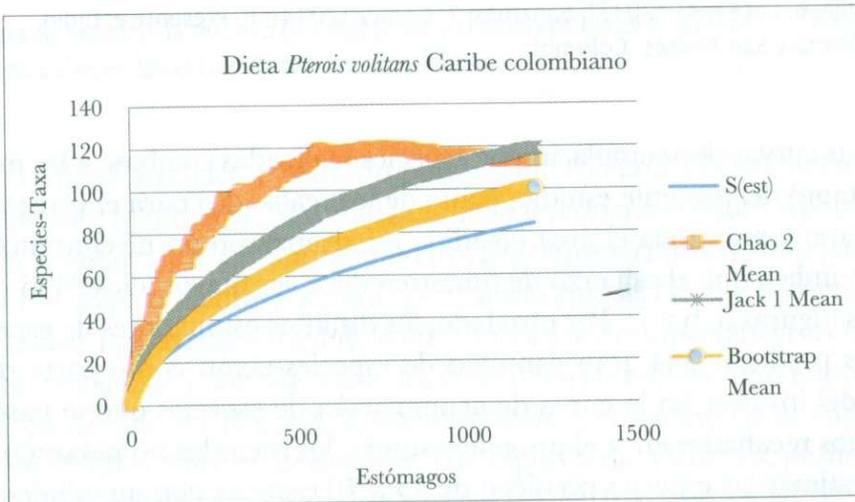


Figura 6. Curva de acumulación de especies en la dieta de *Pterois volitans*. Se realizó la curva y los estimadores Chao 2, Jackknife 1 y Bootstrap con base a los estudios realizados en el Caribe colombiano sobre la dieta de *Pterois volitans*.

La curva de acumulación de especies con sus respectivos estimadores, que se basó en los estudios realizados en el Caribe colombiano, muestra de 80 a 120 especies-taxón con un esfuerzo de muestreo de 1200 estómagos, con lo que se resalta, nuevamente, que ninguna de las curvas alcanza un comportamiento asintótico, lo que lleva a asumir que la cantidad de especies-taxón para el Caribe colombiano es mayor a 120 (figura 6). La curva de acumulación de especies que se encuentra más cercana a un comportamiento asintótico es la que estuvo basada en la compilación de estudios de toda el área invadida. En esta, las curvas obtenidas con los estimadores presentan un resultado más cercano entre sí y entre la cantidad de especies observadas. Se estima que la cantidad de especies-taxón se encuentra en una escala de 170 a 240 especies-taxón con un esfuerzo de muestreo de 3443 estómagos. Sin embargo, ninguna de las curvas alcanza un comportamiento asintótico, por lo que se predice que la cantidad de especies-taxón que hacen parte de la dieta de *P. volitans* para toda la región invadida podría ser mayor de 200 (figura 7).

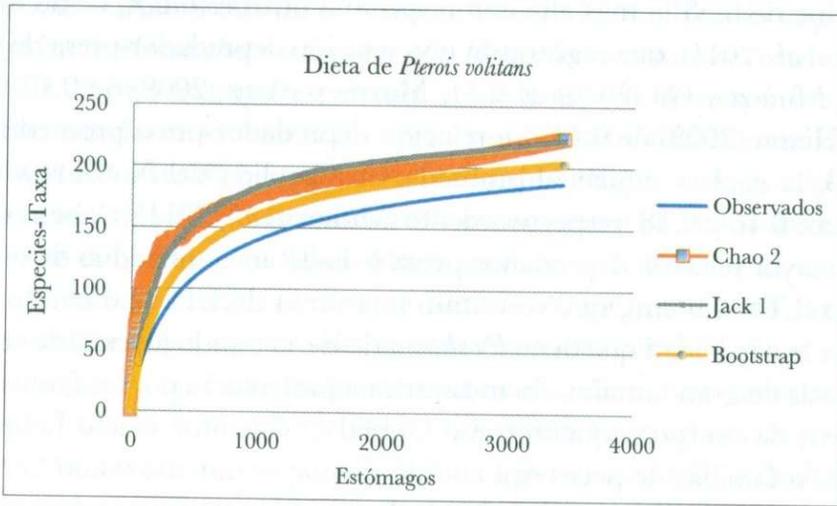


Figura 7. Curva de acumulación de especies en la dieta de *P. volitans*. Se realizó la curva y los estimadores Chao 2, Jacknife 1, y Bootstrap con base a los estudios realizados sobre la dieta de *P. volitans* en el área invadida.

Discusión

El presente estudio indica un generalismo trófico por parte del invasor *P. volitans*, como ya había sido determinado por anteriores estudios (Morris y Akins, 2009; Côté *et al.*, 2010, 2013; Green *et al.*, 2011, 2012; McCleery, 2011; Muñoz *et al.*, 2011; Cure *et al.*, 2012; Layman y Allgeier, 2012; Muñoz y Gil, 2012; Valdez *et al.*, 2012), donde se resaltan hábitos alimentarios similares para toda el área invadida, con preferencia por los peces de las especies *Thalassoma bifasciatum*, *Gramma loreto* y *Stegastes partitus*, entre otras. Sin embargo, para este estudio los resultados de acuerdo con la composición de presas, fueron distintos entre Santa Marta y San Andrés, teniendo en común la composición de camarones de familia Penaeidae y una baja similitud entre las familias de teleósteos, como lo indicaron los índices de Jaccard y Sorensen cualitativo y cuantitativo.

Las distintas relaciones entre el tamaño del depredador respecto a la presa, muestran que el pez león puede consumir presas de una amplia variedad de tamaños. Para el presente estudio la relación depredador-presa mayor fue de 0.53 la más alta con respecto a otros estudios, como los de Muñoz *et al.* (2011), que registraron una relación depredador-presa de 0.48 y 0.25, Muñoz y Gil (2010) de 0.41, Morris y Akins (2009) de 0.48 y Albins e Hixon (2008) de 0.44. La relación depredador-presa promedio fue de 0.13, la cual es similar al promedio en Carolina del Norte-EUA y las Bahamas: 0.16 y 0.18, respectivamente (Muñoz *et al.*, 2011). Cabe resaltar que la mayor relación depredador-presa se halló en el individuo de menor tamaño (LT= 4.9 cm), que consumió una presa de LT= 2.6 cm, lo cual advierte la capacidad que tiene *P. volitans*, desde su estado juvenil, de consumir presas de gran tamaño, sin mostrar una preferencia por las familias de teleósteos de cuerpo pequeño como Gobiidae, Grammatidae o Labridae, respecto a familias de peces con cuerpo de mayor tamaño como Serranidae o Haemulidae (Muñoz *et al.*, 2011). La situación es distinta si se analiza la relación de la talla del invasor con la preferencia por consumir teleósteos respecto a los crustáceos, pues diversos estudios, incluido el presente, han mostrado una clara tendencia del pez león a incrementar el consumo de peces respecto a crustáceos conforme aumenta su tamaño (Morris y Akins, 2009; McCleery, 2011; Muñoz *et al.*, 2011).

De las 107 especies-taxón de teleósteos que se han identificado para la región invadida como parte de la dieta de *P. volitans*, se sabe que 100

se encuentran en el Caribe colombiano. (Acero *et al.*, 1987, 1993; Mejía *et al.*, 1998; Cuadrado, 2002; Olaya *et al.*, 2008; Hooker *et al.*, 2012). Las familias y especies preferidas por el invasor, concuerdan como las de mayor representatividad y abundancia en los arrecifes (Acero *et al.*, 1987, 1993; Cuadrado, 2002; Mejía *et al.*, 1998; Olaya *et al.*, 2008; Abril, 2012; Hooker *et al.*, 2012; Muñoz y Gil, 2012). El hecho de que en la dieta hayan listadas 107 especies-taxón de peces y 25 de crustáceos es preocupante, porque esas 132 especies-taxón han sido listadas en 16 estudios en toda el área invadida, lo que puede indicar que si se realizan más investigaciones, la cantidad de especies, que hacen parte de la dieta, puede aumentar. Además, la mayoría de los estudios de ecología trófica se han basado en la identificación visual de presas, lo que hace que gran parte de estas no sean identificadas y la cantidad de especies esté subestimada (Valdez *et al.*, 2012; Côté *et al.*, 2013).

Para la región de Santa Marta se ha encontrado gran riqueza específica, con más de 350 especies y 72 familias ícticas (Acero y Garzón, 1986), de las cuales se sabe que *P. volitans* consume especies pertenecientes a 31 de esas familias (Anexo A). En el presente estudio la familia más importante en la dieta fue *Haemulidae* con la especie *Haemulon aurolineatum* con un IIR de 53.4%. Cabe resaltar que esta también fue la especie de mayor importancia en el estudio de Gómez (2015) y, así mismo, la familia *Haemulidae* fue la de mayor IIR para dicha región. Es necesario indagar cuáles son los factores en la ecología de *H. aurolineatum* que la convierten en una de las especies preferidas del invasor en Santa Marta, pues esta especie no se encuentra entre las más abundantes en Santa Marta, así como tampoco supera en abundancia a otras especies del género *Haemulon*, como *H. flavolineatum* o *H. chrysargyreum*, las cuales sí hacen parte de las de mayor abundancia en la región (Olaya *et al.*, 2008). De las 30 especies con mayores abundancias registradas por estos autores, 23 hacen parte de la dieta de *P. volitans*. Las primeras cinco especies con mayor abundancia relativa son *Acanthurus bahianus*, *Stegastes partitus*, *Chromis multilineata*, *Thalassoma bifasciatum* y *Myripristis jacobus*. Aunque los estudios que se han realizado para cuantificar el efecto de *P. volitans* sobre los peces arrecifales se pueden extrapolar en cierta medida para el Caribe colombiano, es importante realizar experimentos, especialmente en la región de Santa Marta, como el de Albins (2013), —en el que un solo pez león en un parche arrecifal causó un descenso en la riqueza de peces de cinco especies en ocho semanas—, pues esta región

tiene características heterogéneas que hacen que presente mayor riqueza y abundancia que otros lugares del Caribe colombiano.

En la región del Archipiélago de San Andrés la composición íctica muestra a las familias Pomacentridae, Labridae, Acanthuridae y Grammatidae como las de mayor abundancia (Hooker *et al.*, 2012; Mejía *et al.*, 1998), lo cual converge con lo hallado en el presente estudio para la región, donde el orden de importancia de familias en la dieta de *P. volitans* es Labridae, Haemulidae, Pomacentridae, Serranidae y Gobiidae. Aunque la familia Serranidae representa una frecuencia importante en la dieta, en el Caribe colombiano la abundancia relativa es baja, puesto que es una de las familias mayormente explotada por el ser humano (Acero *et al.*, 1993). Cabe agregar que la especie más importante en la dieta del pez es *Thalassoma bifasciatum*, seguida por *Gramma loreto* y *Stegastes partitus*. A pesar de que *Chromis cyanea* es más abundante para el archipiélago que *T. bifasciatum*, el pez león prefiere consumir *T. bifasciatum*, de lo que se infiere que la preferencia del invasor por ciertas presas no está determinada solamente por la abundancia, sino por comportamientos de la presa que favorezcan su ingesta, como el hecho de que *T. bifasciatum* tiende a formar agregaciones numerosas relativamente cerca de la estructura arrecifal (Côté *et al.*, 2013) respecto a *C. cyanea* que se encuentra en grupos considerablemente más alejados de la estructura del arrecife.

Las curvas de acumulación de especies, con los respectivos estimadores de las especies que hacen parte de la dieta, mostraron una tendencia al aumento de las especies-taxón pese a un esfuerzo de muestreo de más de 3000 estómagos. Los resultados de los estimadores Chao 2, Jackknife 1 y Bootstrap fueron similares tanto para la curva de acumulación de especies basada en los datos del Caribe colombiano, como para la curva que se basó en la compilación de estudios en la región invadida, lo cual conlleva a deducir que en la dieta de *P. volitans* existen más de 200 especies. Lo anterior permite inferir que todo el ecosistema de arrecife está siendo afectado de manera directa e indirecta por la presencia del invasor, por lo que es necesario evaluar cuál es el impacto sobre una región como Santa Marta que por sus condiciones heterogéneas presenta alta riqueza, respecto a otros lugares del Caribe (Acero *et al.*, 1987, 1993; Mejía *et al.*, 1998; Cuadrado, 2002; Olaya *et al.*, 2008; Hooker *et al.*, 2012).

Según el experimento de Albins (2013) en las Bahamas, acerca de los efectos del invasor sobre las comunidades de peces arrecifales de tallas pequeñas, un solo pez león puede reducir en un 93.7% la abundancia de estas

especies en dos meses para un parche arrecifal. De igual forma, Albins (2013) determina que las familias que sufren un mayor descenso de abundancia son Gobiidae, Pomacentridae, Labrisomidae, Labridae, Acanthuridae y Haemulidae. Esto coincide con las especies pertenecientes a dichas familias que habitan los arrecifes de Santa Marta y San Andrés, en mayor abundancia, y que a la vez son las más importantes en la dieta de *P. volitans*.

En el modelo que implementan Arias *et al.* (2011) sobre la afectación en la cadena trófica de determinados grupos funcionales por la presencia del pez león en el Golfo de México, se estima que los peces que sufren mayor descenso en su abundancia son, en primer lugar, el grupo de los peces arrecifales pequeños, de hábitos alimentarios carnívoros. En este grupo se encuentran el lábrido *Thalassoma bifasciatum* y otros lábridos del género *Halichoeres*. El descenso de *T. bifasciatum* repercute también en la salud de otros peces del arrecife, pues este es un limpiador facultativo, al igual que los góbidos pertenecientes al género *Elacatinus*, lo que puede causar un aumento de los ectoparásitos en los peces que dependen de estos limpiadores (Côté y Maljkovic, 2010).

Las familias de carnívoros de tamaño intermedio Haemulidae y Serranidae se encuentran entre las más importantes en la dieta, las cuales, a su vez, ya son diezmadadas por la pesca artesanal (Acero *et al.*, 1993), por lo que la presencia del invasor contribuye al desequilibrio en la presencia de depredadores en la cadena trófica. Asimismo, la familia Pomacentridae se encuentra en tercer lugar de preferencia en el consumo de teleósteos por parte del invasor. Esta hace parte del grupo funcional de los peces intermedios arrecifales herbívoros (Arias *et al.*, 2011) y se presume que, el principal efecto indirecto que habrá con el descenso de su biomasa es una proliferación de macroalgas que contribuya al deterioro del arrecife (Albins y Hixon, 2008). Por otro lado, la familia Gobiidae, además de representar una cuarta parte de las especies en el arrecife (Acero y Garzón, 1988), es una de las más afectadas por la presencia de *P. volitans*, ya que es la quinta familia en orden de importancia en la dieta del invasor en el Atlántico. Esta familia omnívora es parte esencial del alimento de peces carnívoros del arrecife, por lo cual los efectos que tiene el invasor sobre los góbidos son directamente proporcionales al descenso en especies de carnívoros de tamaño intermedio y pequeño (Arias *et al.*, 2011).

Los crustáceos son los segundos en orden de importancia en la dieta de *P. volitans* después de la familia de peces Labridae. Entre los crustáceos,

se han identificado 25 especies que pueden ser usadas a nivel comercial, como los camarones pertenecientes a la familia Penaeidae y los cangrejos de la familia Portunidae. También presentan un papel ecológico fundamental, como es el caso del camarón *Stenopus hispidus* que es un omnívoro de importancia para la salud del arrecife al alimentarse de parásitos y tejidos muertos.

Como se pudo evidenciar a lo largo del presente estudio, el pez león consume una gran variedad de especies de peces y crustáceos, entre otros. Estas especies que son de un alto valor económico y ecológico ya están siendo afectadas por sobreexplotación y contaminación ambiental, entre otros factores. Además, de ellas depende la economía de los habitantes de la costa Caribe colombiana. Por lo tanto, los planes de erradicación del invasor que se formulen a nivel gubernamental deben ser efectivos, ya que este ha sido una de las especies invasoras más impactantes de los últimos tiempos y las pérdidas económicas a nivel mundial por concepto de especies invasoras son mayores a 1.4 billones de dólares anualmente, sin tener en cuenta las pérdidas ecológicas irreversibles (Baptiste *et al.*, 2010).

Agradecimientos

El presente estudio se realizó gracias al programa de apoyo a trabajos de grado de la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe y al Centro de Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR). Se da un agradecimiento especial al profesor Néstor Campos por su ayuda en la identificación de crustáceos y a la profesora Adriana Santos por su indispensable colaboración en la colecta de muestras en San Andrés.²

Referencias

- Abril, A. (2012). *Aspectos de la biología y ecología trófica y reproductiva del pez león, Pterois volitans (Linnaeus 1758), en San Andrés Isla, Reserva de la Biosfera -Seaflower, Caribe Colombiano*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Acero P, A. (1993). Una nueva mirada a los peces comerciales del Caribe continental colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betón*, 29, 129-135.

2 Producto del proyecto Colciencias 1361-521-28271 sobre la invasión del pez león al Caribe colombiano. Contribución No. 424 del Instituto de Estudios en Ciencias del Mar, CECIMAR, de la Sede Caribe de la Universidad Nacional de Colombia.

- Acero P., A. y Garzón, J. (1987). Peces arrecifales de la región de Santa Marta (Caribe colombiano). I. Lista de especies y comentarios generales. *Acta Biol. Col.*, 1(3), 83-105.
- Albins, M. A. (2013). Effects of invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* versus a native predator on Bahamian coral-reef fish communities. *Biol. Invasions*, 15, 29-43.
- Albins, M. A. y Lyons, P.J. (2012). Invasive red lionfish *Pterois volitans* blow directed jets of water at prey fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 448, 1-5.
- Albins, M. A. y Hixon, M. A. (2008). Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 367, 233-238.
- Arias, E. J., González, C., Cabrera, J. L. y Christensen, V. (2011). Predicted impact of the invasive lionfish *Pterois volitans* on the food web of a Caribbean coral reef. *Environm. Res.*, 111, 917-925.
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. P., Gil, D. L y Lasso, C. (Eds.). (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Côté, I. M. y Maljkovic, A. (2010). Predation rates of Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 404, 219-225.
- Côté, I. M., Green, S. J. y Hixon, M. (2013). Predatory fish invaders: Insights from Indo-Pacific lionfish in the western Atlantic and Caribbean. *Biol. Cons.*, 164, 50-61.
- Côté, 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. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 472, 249-256.
- Cuadrado, J. (2002). Caracterización de la estructura de las comunidades ícticas en las zonas arrecifales de Isla Aguja, Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. (Tesis de Trabajo de grado) Universidad Javeriana, Bogotá.
- Cure, K., Benkwitt, C. E., Kindinger, T. L., Pickering, E. A., Pusack, T. J., McIlwain, J. L y Hixon, M.A. (2012). Comparative behavior of red lionfish *Pterois volitans* on native Pacific versus invaded Atlantic coral reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 467, 181-192.
- Green, S. J., Akins, J. L. y Côté, I. M. (2011). Foraging behaviour and prey consumption in the Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 433, 159-167.
- Green, S. J., Akins, J. L., Maljkovic, A. y Côté, I. M. (2012). Invasive lionfish drive Atlantic coral reef fish declines. *PLoS One*, 7: e32596.
- Gómez, H. (2015). Ecología trófica de *Pterois volitans* en el Caribe colombiano. (Tesis de Trabajo de grado) Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.

- González, J., Grijalba-Bendeck, M. Acero P. A. y Betancur-R., R. (2009). The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. *Aq. Inv.*, 4(3), 507-510.
- Halstead, B. W., Chitwood, M. J. y Modglin, F. R. (1955). The anatomy of the venom apparatus of the zebrafish, *Pterois volitans* (Linnaeus). *Anat. Rec.*, 122, 317-333.
- Humann, P. y Deloach, N. (2004). Reef fish identification, Florida, Caribbean, Bahamas. Jacksonville: New World Publications.
- Hooker, H. B., Abril, A., Bolaños, N. y Taylor, E. (2012). Abundancia de peces en los complejos arrecifales de Serranilla, Bajo Alicia y Bajo Nuevo, Reserva de Biósfera Seaflower. *Rev. Cienc. Mar. Cos.*, 4, 33-49.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17, 411-429.
- Jud, Z. R., Layman, C. A., Lee, J. A. y Arrington, D. A. (2011). Recent invasion of a Florida (USA) estuarine system by lionfish *Pterois volitans*/*P. miles*. *Aquat. Biol.*, 13, 21-26.
- Labropoulou, M. y Eleftheriou, A. (1997). The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50, 324-340.
- Layman, C. A. y Allgeier, J. E. (2012). Characterizing the trophic ecology of generalist consumers: a case study of the invasive lionfish in the Bahamas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 448, 131-141.
- Maljkovic, A., van Leeuwen T. E. y Cove, S. N. (2008). Predation on the invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae), by native groupers in the Bahamas. *Coral Reefs*, 27, 501.
- McCleery, C., (2011). A comparative study of the feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Caribbean. *Trop. Mar. Ecol. Cons. Prog.*, 9, 38-43.
- Mejía, L. S., Garzón-Ferreira, J. y Acero P. A. (1998). Peces registrados en los complejos arrecifales de los cayos Courtown, Albuquerque y los bancos de Serrana y Roncador, Caribe occidental, Colombia. *Bol. Ecotrópica*, 32, 25-42.
- Morris Jr., J. A. y Akins, J. L. (2009). Feeding ecology of invasive lionfish (*Pterois volitans*) in the Bahamian Archipelago. *Environ. Biol. Fishes*, 86: 389-398.
- Muñoz, L. y Gil, D. L. (2012). Composición dietaria del pez león, *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae), en Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 41(2), 471-477.
- Muñoz, R. C., Currin, C. A. y Whitfield, P. E. (2011). Diet of invasive lionfish on hard bottom reefs of the Southeast USA: insights from stomach contents and stable isotopes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 432, 181-193.

- Olaya, J., Reyes, M. C. y Rodríguez, A. (2008). Ensamblajes de peces arrecifales del área de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 37(1), 109-126.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S. y Iverson, L. K. (1971). Food habits of albacore, blue fin tuna and bonito in Californian Waters. *Calif. Fish Game*, 152, 1-105.
- Polo-Silva, C., Newsome, S. D., Galván-Magaña, F., Grijalba-Bendeck, M. y Sanjuan-Muñoz, A. (2013). Trophic shift in the diet of the pelagic thresher shark based on stomach contents and stable isotope analyses. *Mar. Biol. Res.*, 9(10), 958-971.
- Schofield, P.J. (2009). Geographic extent and chronology of the invasion of nonnative lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquat. Inv.*, 4, 473-479.
- Valdez, M., Quintal, C., Gómez, R. y García, M. 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, e36636.
- Whitfield, P. E., Hare, J. A., David, A. W., Harter, S. L., Muñoz, R. C. y Addison, C. M. (2007). Abundance estimates of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans/miles* complex in the western North Atlantic. *Biol. Inv.*, 9, 53-64.
- Williams, A. B. (1984). Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press.

Anexo A

Listado de familias y especies registradas como parte de la dieta de *Pterois volitans* en la región invadida en orden de importancia. Los superíndices al lado del nombre de cada especie hacen referencia al estudio donde fue hallada como parte de la dieta.

Teleósteos

1. Labridae

- Bodianus rufus*^{b,c,f,p}
Clepticus parrae^{b,c,e,n,p}
Halichoeres bivittatus^{b,c,e,f,g,h,i}
Halichoeres garnoti^{c,e,g,i}
Halichoeres maculipinna^{b,c,e}
Halichoeres pictus^g
Scarus iserti^{g,j}
Sparisoma aurofrenatum^{b,e,h,i,j,n}
Sparisoma chrysopterygum^p
Sparisoma radians^d
Sparisoma taeniopterygum^j
Sparisoma viride^{g,i,j}
Thalassoma bifasciatum^{b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,m,n,p}
Xyrichtys sp.^{g,i}

2. Pomacentridae

- Abudefduf saxatilis*^{f,j,m}
Chromis cyanea^{b,c,e,p}
Chromis enchrysurus^d
Chromis insolata^c
Chromis multilineata^{b,c,e}
Stegastes diencaeus^{b,m}
Stegastes leucostictus^c
Stegastes partitus^{b,c,e,h,i,j,m,n,p}
Stegastes planifrons^p
Stegastes xanthurus^{b,c,e}

3. Haemulidae

- Haemulon aurolineatum*^{d,i,n,p}
Haemulon flavolineatum^{i,p}
Haemulon melanurum^g
Haemulon plumieri^g
Haemulon vittatum^{b,e}

4. Serranidae

- Cephalopholis cruentata*^{b,e,j,p}
Diplectrum sp.^d
Epinephelus striatus^{b,c}
Hypoplectrus spp.^{b,c}
Liopropoma rubre^{b,c,e,j}
Schultzea beta^d
Serranus baldwini^d
Serranus subligarius^d
Serranus phoebe^d
Serranus tabacarius^b
Serranus tigrinus^{b,c,d,e,l,n,p}

5. Gobiidae

- Coryphopterus dicrus*^{g,i}
Coryphopterus eidolon^{b,c,i}
Coryphopterus glaucofraenum^{b,c,g,h,i,l}
Coryphopterus hyalinus^{g,e,j,k}
Coryphopterus personatus^{c,e,k,m,p}
Coryphopterus thrix^j
Coryphopterus tortugae^j
Coryphopterus venezuelae^{b,e,j}
-

Gnatholepis thompsoni^{b,e,g,i}

Lythrypnus spilus^{b,e}

Priolepis hipoliti^{b,c,e,i,j}

6. Apogonidae

Apogon aurolineatus^g

Apogon binotatus^{c,e,i}

Apogon lachneri^j

Apogon maculatus^{j,p}

Apogon mosavi^j

Apogon phenax^e

Apogon planifrons^b

Apogon pseudomaculatus^d

Apogon quadrisquamatus^p

Apogon towsendi^{b,c,l}

Astrapogon puncticulatus^j

Phaeoptyx pigmentaria^{b,e}

7. Scorpaenidae

Pterois volitans^{s,j}

8. Labrisomidae

Labrisomus haitiensis^{b,e}

Labrisomus nuchipinnis^p

Malacoctenus boehlkei^{b,c,e}

Malacoctenus gilli^{g,i}

Malacoctenus macropus^f

Malacoctenus triangulatus^e

Starksia langi^j

Starksia ocellata^j

9. Grammatidae

Gramma loreto^{b,c,e,g,h,i,j,k,m,n}

Gramma melacara^c

10. Holocentridae

Holocentrus rufus^{e,p}

Sargocentron coruscum^{b,e,j}

Sargocentron vexillarium^c

11. Carangidae

Selar crumenophthalmus^d

12. Synodontidae

Saurida normani^d

Synodus intermedius^{b,p}

Synodus saurus^b

Synodus synodus^{b,e}

13. Blenniidae

Hypleurochilus geminatus^d

14. Monacanthidae

Monacanthus ciliatus^d

Monacanthus tuckeri^{b,c,e,j}

15. Bothidae

Bothus lunatus^{j,n}

Bothus ocellatus^e

16. Tripterygiidae

Enneanectes altivelis^j

17. Acanthuridae

*Acanthurus chirurgus*ⁱ

*Acanthurus coeruleus*ⁱ

Acanthurus tractus^{c,i}

18. Atherinidae

Atherinomorus sp.^b

19. Aulostomidae

Aulostomus maculatus^{b,c,m,n}

20. Lutjanidae

Ocyurus chrysurus^c

21. Chaenopsidae

Acanthemblemaria aspera^{b,e}

Lucayablennius zingaro^{b,c}

-
22. Opistognathidae
Opistognathus aurifrons^g
23. Mullidae
Pseudupeneus maculatus^{h,c}
24. Syngnathidae
25. Balistidae
26. Tetradontidae
Canthigaster rostrata^{g,t,p}
27. Cirrhitidae
Amblycirrhitus pinos^c
28. Triglidae
29. Pempheridae
Pempheris schomburgki^p
30. Paralichthyidae
Syacium micrurum^p
31. Gerreidae^o
- Crustáceos**
1. Alpheidae
Alpheus sp.^p
2. Calappidae
Calappa sp.^{m,n,p}
Hepatus sp.^m
3. Corallanidae^c
4. Euphausiidae^m
Euphausia americana^j
5. Goneplacidae^{m,p}
6. Gonodactylidae^{m,n}
7. Hippolytidae^{m,p}
Thor sp.^{j,p}
Lysmata sp.^o
8. Inachidae
Stenorhynchus seticornis^p
9. Mithracidae^{c,d}
Mithrax spp.^{a,f}
10. Paguridae^m
11. Penaeidae^f
Penaeus sp.^p
Rimapenaeus sp.^{n,p}
Metapenaeus sp.^m
12. Palaemonidae^{i,m}
Brachycarpus biunguiculatus^p
13. Panopeidae^o
14. Porcellanidae^o
Petrolisthes sp.^p
15. Portunidae^f
Charybdis hellerii^p
Cronius sp.ⁿ
Portunus sp.^{m,p}
16. Processidae^{m,p}
17. Pseudosquillidae^j
Pseudosquilla sp.^j
18. Rhynchocinetidae
Rhynchocinetes rigens^a
19. Sicyoniidae
Sicyonia brevirostris^p
-

20. Squillidae ^m

Squilla sp. ^p

21. Stenopodidae

Stenopus hispidus ^{m,n}

22. Thychidae ^f

Pitho ^f

23. Xanthidae ^{m,p}

24. Thalassinidea ⁿ

Moluscos

Bivalva ^d

Cefalopoda ^m

Cirripedia ^d

Octopodidae ^d

Marginellidae ⁿ

a McCleery (2011), Bonaire

b Green *et al.* (2012), New Providence (Bahamas)

c Morris y Akins (2009), Archipiélago Bahamas

d Muñoz *et al.* (2011), Sureste de EE.UU.

e Côté *et al.* (2013), Bahamas

f Layman y Allgeier (2012), isla Abaco (Bahamas)

g Albins y Hyxon (2008), Bahamas

h Cure (2012) Bahamas

i Green *et al.* (2011), isla Eleuthera (Bahamas)

j Valdez-Moreno *et al.* (2012) Cozumel (México)

k Côté y Maljkovic (2010), New Providence (Bahamas)

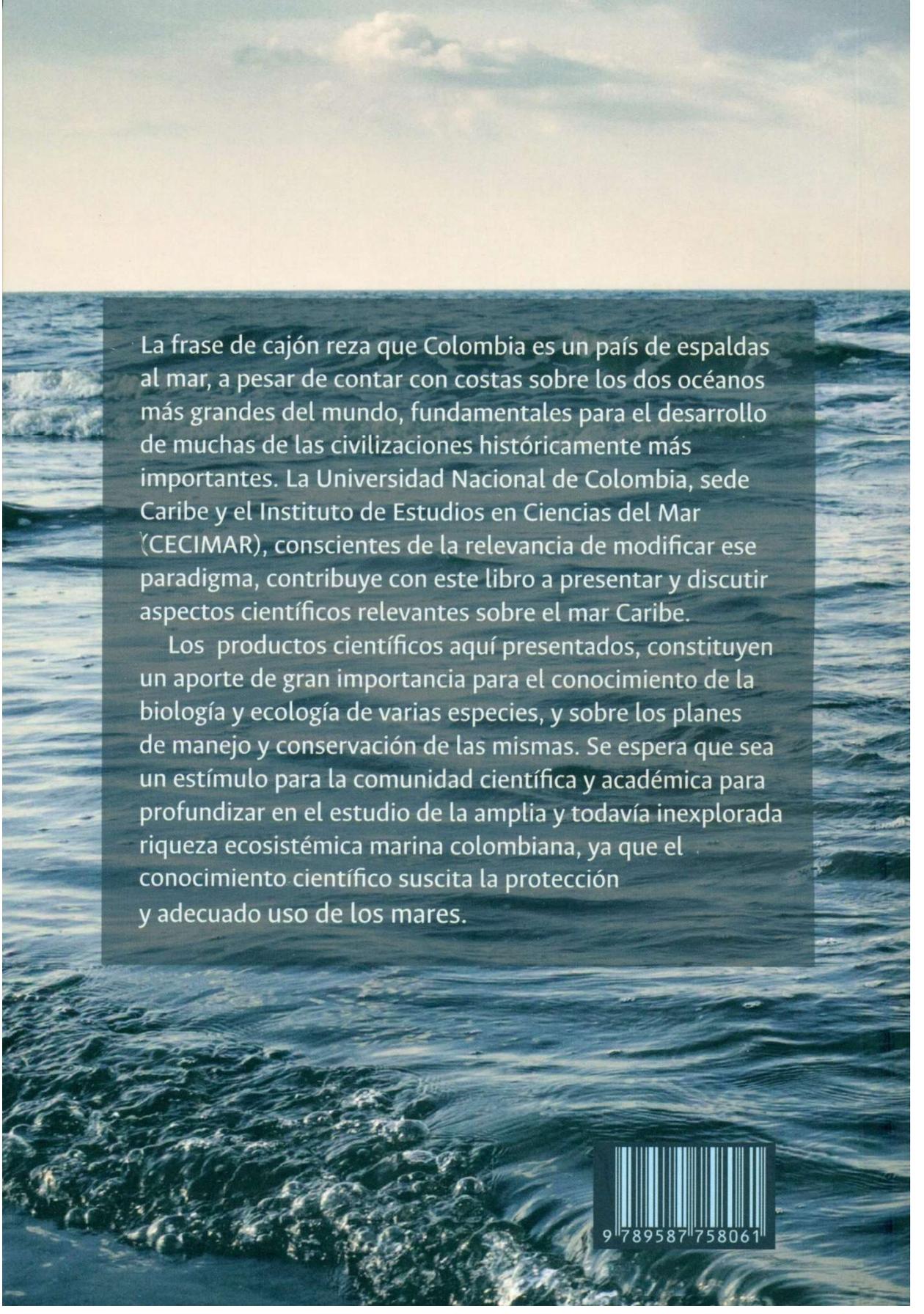
l Muñoz (2012), Santa Marta (Colombia)

m Abril (2012), isla San Andrés (Colombia)

n Presente estudio (2013), Santa Marta y San Andrés (Colombia)

o Jud *et al.* (2011), Florida

p Gómez (2015) Caribe continental colombiano



La frase de cajón reza que Colombia es un país de espaldas al mar, a pesar de contar con costas sobre los dos océanos más grandes del mundo, fundamentales para el desarrollo de muchas de las civilizaciones históricamente más importantes. La Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe y el Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR), conscientes de la relevancia de modificar ese paradigma, contribuye con este libro a presentar y discutir aspectos científicos relevantes sobre el mar Caribe.

Los productos científicos aquí presentados, constituyen un aporte de gran importancia para el conocimiento de la biología y ecología de varias especies, y sobre los planes de manejo y conservación de las mismas. Se espera que sea un estímulo para la comunidad científica y académica para profundizar en el estudio de la amplia y todavía inexplorada riqueza ecosistémica marina colombiana, ya que el conocimiento científico suscita la protección y adecuado uso de los mares.



9 789587 758061