

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

Cambios espacio-temporales de ensamblajes ícticos en arrecifes de la isla de San Andrés, Caribe colombiano

Ana María Alvarado-Laverde y Adriana Santos-Martínez

Resumen

Se analizaron los cambios espacio-temporales de ensamblajes de peces en arrecifes coralinos de la isla de San Andrés, mediante censos visuales en transectos de banda de 100 m² y se midieron variables fisicoquímicas básicas. Los muestreos fueron hechos en tres zonas arrecifales ubicadas entre 5 y 15 m de profundidad, durante la temporada de lluvia de 2010 y de sequía de 2011. En total se censaron 7093 individuos distribuidos en 69 especies, 40 géneros, 22 familias y 5 órdenes. Las familias más abundantes fueron Labridae, Pomacentridae, Acanthuridae y Haemulidae. Las especies más abundantes fueron *Thalassoma bifasciatum*, *Chromis cyanea*, *Stegastes* sp., *Acanthurus coeruleus* y *Scarus taeniopterus*. Los sitios de muestreo fueron agrupados por similitud de especies utilizando un análisis de ordenación (NMDS) y de clasificación (CLUSTER), y se determinaron diferencias significativas en la composición de los ensamblajes de peces entre sitios (PERMANOVA). La profundidad tuvo una mayor correlación (0.7 BIOENV) con la composición del ensamblaje de peces, comparada con salinidad, oxígeno, transparencia y pH. Mediante SIMPER, las principales especies que determinaron la disimilitud entre sitios fueron *C. cyanea*, *Halichoeres garnoti*, *Halichoeres bivittatus*, *S. taeniopterus* y *A. coeruleus*, evidenciando una fuerte asociación de las especies con la configuración del hábitat. Los resultados obtenidos sobre la diversidad y distribución espacial de las especies ícticas contribuyen con nuevos conocimientos sobre los ensamblajes ícticos de zonas arrecifales en la región y al manejo de las Áreas Marinas Protegidas en la Reserva de Biosfera SeafLOWER.

Palabras clave: Ensamblaje íctico, Ecología de comunidades, Arrecife insular, Isla de San Andrés, Caribe.

Spatio-temporal changes of reef fish assemblages in San Andrés island, Colombian Caribbean.

Abstract

Spatio-temporal changes in fish assemblages on the coral reef in San Andrés island were analyzed by visual censuses in band transects of 100 m², measuring basic physicochemical variables. The censuses were made in three reef zones located between 5 and 15 m deep, during the rainy season of 2010 and the dry season of 2011. In total 7093 individuals distributed in 69 species, 40 genera, 22 families and 5 orders were registered. The most abundant families were Labridae, Pomacentridae, Acanthuridae and Haemulidae. The most abundant species were *Thalassoma bifasciatum*, *Chromis cyanea*, *Stegastes* sp., *Acanthurus coeruleus* and *Scarus taeniopterus*. The sampling sites were grouped by similarity of species using an ordination (NMDS) and classification analysis (CLUSTER), and significant differences were determined in the composition of fish assemblages across sites (PERMANOVA). Depth had a higher correlation (0.7 BIOENV) with the fish assemblage composition, compared with salinity, dissolve oxygen, transparency and pH. Through SIMPER, the main species that determined the dissimilarity between sites were *C. cyanea*, *Halichoeres garnoti*, *Halichoeres bivittatus*, *S. taeniopterus* and *A. coeruleus*, showing a strong species association with the site configuration. The results of diversity and the spatial distribution of fish species contribute new knowledge about fish assembly in reef areas of the region, and the management of the Marine Protected Areas in the Seaflower Biosphere Reserve.

Keywords: Fish assemblage, Community ecology, Insular reef, San Andres Island, Caribbean.

Cambios espacio-temporales de ensamblajes ícticos en arrecifes de la isla de San Andrés, Caribe colombiano

Ana María Alvarado-Laverde¹ y Adriana Santos-Martínez²

Introducción

Los arrecifes coralinos son ecosistemas marinos de gran importancia ecológica y económica, ya que se encuentran entre los más productivos y biodiversos del planeta (Burke y Maidens, 2005). La principal función que desempeñan para el ser humano es servir como guardería de peces y moluscos de interés comercial; sin embargo, las decisiones sobre la protección de zonas arrecifales a cargo de agencias locales y regionales enfocadas en su conservación pueden verse perjudicadas por la falta de información sobre los patrones de distribución espacial de las especies (Arias-González *et al.*, 2012).

En estos ecosistemas marinos habitan ensamblajes de peces cuya abundancia y composición de especies pueden estar determinadas por la estructura del arrecife (Almany, 2004; Espinoza y Salas, 2005), ya que su heterogeneidad espacial proporciona diversos tipos de refugio y alimento aprovechados por las especies que allí habitan. De esta manera, los hábitos alimentarios y la dinámica trófica de las especies ícticas provee información importante de la función y la composición de los ensamblajes en los arrecifes coralinos, lo que permite desarrollar planes de manejo para las reservas marinas (Loreto *et al.*, 2003).

Variables ambientales como temperatura, profundidad, salinidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto, complejidad topográfica, cobertura de coral y relieve vertical, tienen un efecto importante sobre la estructura del ensamblaje de peces en arrecifes (Lara y Arias, 1998), lo que ha suscitado el interés de investigadores por estudiar la relación entre la complejidad

1 Departamento de Biología, Facultad de Ciencias - Sede Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Contacto: amalvaradol@unal.edu.co.

2 Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe, Jardín Botánico, Vía Harmony Hall Hill, San Luis, isla de San Andrés- Colombia. Contacto: asantosma@unal.edu.co.

del hábitat y la diversidad de especies (Espinoza y Salas, 2005; Arias-González *et al.*, 2006, 2008; Acosta-González *et al.*, 2013). La temporalidad es un factor adicional que puede explicar cambios en la abundancia y composición de especies de los ensamblajes ícticos de arrecifes coralinos, al estar relacionada con la precipitación, corrientes de agua, oleaje y características fisicoquímicas del ambiente que varían con los ciclos climáticos anuales (Sale y Douglas, 1984; Galván-Villa *et al.*, 2011).

Este estudio permitió comparar la composición específica de ensamblajes ícticos en arrecifes coralinos de la isla de San Andrés durante la temporada de lluvia de 2010 y de sequía de 2011, y el efecto que tuvieron las variables abióticas como la temperatura, profundidad, salinidad, transparencia, pH y oxígeno disuelto, con el fin de determinar cambios espacio-temporales de dichos ensamblajes. Se espera así contribuir con nuevo conocimiento sobre la distribución íctica en arrecifes coralinos para la conservación y el manejo sustentable de los recursos marinos en la reserva de biosfera Seaflower.

Área de estudio

La isla de San Andrés (12°28'-12°35'N, y 81°40'- 81°43'W) está ubicada en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano, declarado Reserva de la Biosfera “*Seaflower*” en 2000 por la UNESCO (Santos-Martínez *et al.*, 2009) (figura 1). La temperatura del aire media anual es cercana a 27 °C y la precipitación media anual a 1900 mm, con un régimen de lluvias monomodal (Coralina-Invemar, 2012); la temporada seca va de enero a abril con una precipitación promedio mensual de 50 mm, y la temporada de lluvia de mayo a diciembre con un promedio mayor a 150 mm. Las temporadas climáticas se denominaron de la siguiente manera: SE (sequía) y LL (lluvias).

El complejo arrecifal que rodea la isla cuenta con una barrera arrecifal, arrecife de borde de plataforma insular, arrecifes de franja y parches lagunares. La barrera en el N y NE es casi continua y está separada de la costa por una amplia cuenca lagunar, y al sur del flanco oriental a unas decenas de metros se encuentra a modo de arrecife franjeante (Díaz, 2000).



Figura 1. Ubicación del área de estudio, con los tres sitios donde se llevaron a cabo los muestreos. San Andrés isla, Caribe colombiano.

Fuente: Coralina, 2010.

Los sitios de muestreo fueron seleccionados en las zonas de arrecife, así:

- 1) Bajo Bonito (BB): $12^{\circ}35'11.6''$ N, $81^{\circ}42'59''$ W, es un arrecife de parche que se ubica a unos 400 m de la costa noroccidental de la isla, y tiene un promedio de 13 ± 2.2 m de profundidad. Corresponde a un arrecife mixto con un notable desarrollo de corales duros de tipo masivos y ramificados, con corales blandos y esponjas, que da lugar a una topografía variada con abundantes oquedades; pertenece a una Zona de No Extracción, de acuerdo con las AMP.
- 2) Little Reef (LR): $12^{\circ}34'59.3''$ N, $81^{\circ}41'12.3''$ W, es una barrera arrecifal a 100-200 m de la costa, discontinua y somera, con una

profundidad media de 7 ± 1.8 m de profundidad, y una longitud de 1.3 km. Se encuentra rodeada por arena y praderas de pasto marino, el oleaje y la corriente son pronunciados, y presenta un alto desarrollo de corales ramificados como *Acropora palmata*, también formaciones de *Millepora complanata*, *Porites porites* y *Diploria* sp. (Díaz *et al.*, 2000). Se encuentra en una Zona de No Entrada según las AMP.

- 3) Half a Reef (HR): $12^{\circ}33'25''$ N $81^{\circ}42'05''$ W hace parte de la barrera arrecifal que se encuentra al oriente de la isla "Big Reef", y se ubica en una zona donde se fragmenta la barrera. Por su ubicación se encuentra en un área con pronunciada corriente y oleaje. La profundidad media en este sitio es de 6 ± 1.5 m, y los corales más representativos son *Millepora complanata*, *Acropora palmata* y *Diploria strigosa* (Díaz *et al.*, 2000). Corresponde a una Zona de No Entrada en las AMP.

Materiales y métodos

Muestreos

Los muestreos se realizaron durante la temporada de lluvia (noviembre-diciembre) de 2010 y de sequía (abril) de 2011, en los tres sitios descritos en el área de estudio, que fueron seleccionados por sus diferencias en cuanto a composición del hábitat, ámbitos de profundidad y clasificación de la de zona según las AMP. Se cuantificó la abundancia de las especies ícticas mediante censos visuales de día con buceo autónomo SCUBA (Nagelkerken *et al.*, 2000; WWF, 2006; Dorenbosch *et al.*, 2007; Acosta-González *et al.*, 2013), en seis transectos de banda de 2 x 50 m separados uno del otro por 10 m. Las especies se determinaron según la guía ilustrada de Humann (1996) y se discriminaron en juveniles y adultos, según su tamaño y coloración; las tallas de madurez sexual se fijaron teniendo en cuenta los registros establecidos en Fish Base World Wide Web (Froese y Pauly, 2013). En cada transecto se registraron las siguientes variables abióticas, temperatura a 50 cm de la superficie; pH con un electrodo de vidrio pHmetro Schott handylab1; oxígeno disuelto con un oxímetro YSI-S50-DO; transparencia vertical con el Disco Secchi; salinidad con un refractómetro VISTA A366ATC; y profundidad con una cinta métrica.

Análisis estadístico

Los datos fueron almacenados en bases de Excel y los análisis se realizaron con los programas estadísticos Excel 2013 y PRIMER V6 + PERMANOVA V1.01. Se determinaron los índices de diversidad de Simpson (D y 1-D), de Shannon-Wiener (H'), y de equidad de Pielou (J'). Para la similitud de especies entre sitios de muestreo, se utilizó un análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS) y un análisis de clasificación (CLUSTER). Las matrices de semejanza para ambos análisis se realizaron con similitud de Bray-Curtis; los datos fueron transformados con raíz cuarta para aumentar la contribución de las especies raras en las muestras; la identificación de grupos se realizó con la prueba de similitud (SIMPROF), basada en 10000 permutaciones y 999 simulaciones con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Ríos-Jara *et al.*, 2013).

Para evaluar la variación de ensamblajes de peces entre sitios durante las temporadas climáticas, se usó un análisis multivariado basado en permutaciones (PERMANOVA) utilizando la prueba Montecarlo. Para esto se utilizó una matriz de similaridad de Bray-Curtis construida con datos pretransformados con raíz cuarta (Acosta-González *et al.*, 2013), la significancia estadística se probó con 10000 permutaciones residuales bajo un modelo reducido de Tipo III (parcial), y un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ (Gittenberger *et al.*, 2014). Se determinó cuáles especies contribuyeron más a la similitud dentro de los sitios y disimilitud entre sitios a través de las temporadas y años, mediante un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Acosta-González *et al.*, 2013; Soeth, 2013).

Se realizó un análisis de relación entre matrices bióticas y abióticas (BEST) utilizando el procedimiento BIOENV. Este análisis permitió establecer la correlación entre las variables fisicoquímicas y la composición del ensamblaje de peces. Se utilizó raíz cuarta para la transformación de los datos biológicos; la matriz de semejanza se hizo con similitud de Bray-Curtis. Los datos abióticos se transformaron utilizando raíz cuadrada; se normalizaron para su estandarización en las mismas unidades de medida, y la correlación final se hizo utilizando el método de Spearman.

Resultados

Se registraron 7093 individuos distribuidos en 69 especies, 40 géneros, 22 familias y 5 órdenes. Las familias más abundantes fueron Labridae (39%),

Pomacentridae (27%), Acanthuridae (14%) y Haemulidae (10%). Scaridae reconocida anteriormente como familia, fue agrupada dentro de la familia Labridae en el presente estudio como una subfamilia; estos peces también son conocidos actualmente como lábridos scarinos. El agrupamiento se llevó a cabo a raíz de análisis filogenéticos que han revelado que los peces loro (scarinos) se encuentran incluidos dentro de la familia Labridae, luego de grandes dificultades para determinar las relaciones filogenéticas entre los lábridos y peces loro (Westneat y Alfaro, 2005; Choat *et al.*, 2012). Por otro lado, las especies más abundantes fueron *T. bifasciatum* (23%), *C. cyanea* (14%), *Stegastes* sp. (9%), *A. coeruleus* (9%) y *S. taeniopterus* (4%).

BB y LR aumentaron su riqueza y abundancia en la temporada sequía de 2011, contrario a lo que sucedió en HR. Los tres sitios tuvieron valores normales de diversidad según el índice de Shannon-Weiner, a excepción HR en 2011 (SE). Para ambas temporadas climáticas (2010 LL y 2011 SE), LR tuvo mayor índice de diversidad de Shannon-Wiener H' (2.85 y 2.93), de Simpson 1-D (0.22 y 0.23), y de equidad de Pielou J' (0.77 y 0.78). HR tuvo los valores más bajos para los índices de diversidad y equidad, y los valores más altos para el índice de dominancia de Simpson D (0.22 y 0.23) (tabla 1).

Tabla 1. Resultados de los índices ecológicos, Riqueza (S), abundancia (N), índices de diversidad (Shannon-Weiner y Simpson), índice de equidad (Pielou) y de dominancia (Simpson), para los sitios de muestreo durante la temporada de lluvia de 2010 y de sequía de 2011, en arrecifes coralinos de San Andrés isla. BB: Bajo Bonito, LR: Little Reef, HR: Half a Reef, LL: lluvia, SE: sequía.

Año - Temporada	Sitio	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Shannon-Wiener (H')	Simpson (1-D)	Simpson (D)	Pielou (J')
2010 LL	BB	34	978	2.30	0,83	0.17	0.65
	LR	41	1035	2.85	0.92	0.08	0.77
	HR	41	1231	2.25	0.78	0.22	0.61
2011 SE	BB	45	1398	2.59	0.86	0.14	0.68
	LR	43	1399	2.93	0.91	0.09	0.78
	HR	27	1052	1.93	0.77	0.23	0.59

Se registró un mayor número de individuos adultos en todos los sitios independiente de la época climática. Estos resultados reiteran la importancia de la conectividad ecosistémica durante el ciclo de vida de estos organismos, ya que existe variación en la preferencia de hábitats a través de su desarrollo ontogénico, por lo que se espera encontrar más adultos en arrecifes, y juveniles en ecosistemas de manglar y pasto marino.

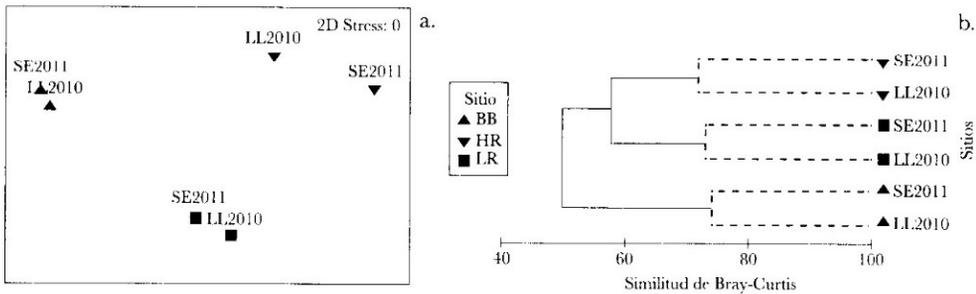


Figura 2. Análisis de similitud de especies entre sitios (arrecifes coralinos) para la temporada de lluvia de 2010 y de sequía de 2011. a. Análisis multidimensional no métrico (NMDS) b. Análisis de clasificación (CLUSTER); las líneas segmentadas en el dendrograma muestran los grupos identificados por la prueba SIMPROF que tienen una estructura interna significativa. BB: Bajo Bonito, HR: Half a Reef, LR: Little Reef, LL: lluvia, SE: sequía.

El escalonamiento multidimensional no métrico NMDS y el análisis de clasificación CLUSTER agruparon los sitios de muestreo, evidenciando mayor similitud en la composición de especies dentro cada sitio que entre sitios, independiente de la temporalidad (figura 2). Según la distribución espacial para cada grupo en el NMDS, HR presentó mayor variación en la composición del ensamblaje, mientras que BB y LR tuvieron mayor similitud (Figura 2a). El CLUSTER estableció una similitud entre HR y LR de 58% (SIMPROF, $\pi = 3.92$, $p = 0.5$), y BB con respecto a los otros sitios de 50% (SIMPROF, $\pi = 4.5$, $p = 0.1$) (figura 2b). Por otro lado, el PERMANOVA determinó que la interacción sitio-temporada fue estadísticamente significativa (tabla 2), lo que sugiere que el ensamblaje de peces varió significativamente en los sitios a través de las temporadas climáticas de lluvia y sequía.

En el análisis de variables fisicoquímicas no se incorporó transparencia por haber sido constante (100%) en todos los sitios, pero según el BIOENV la variable que tuvo mayor correlación con la composición del ensamblaje

fue la profundidad (0.66) (tabla 3). También se correlacionó con la composición del ensamblaje, la profundidad-salinidad (0.57) y profundidad-temperatura (0.52), las demás correlaciones fueron inferiores a 0.5.

Tabla 2. Resultados de la prueba permutacional (PERMANOVA - prueba Montecarlo), basada en una matriz de similaridad de Bray-Curtis, para evaluar cambios espacio-temporales significativos de la abundancia y composición de especies ícticas en los arrecifes coralinos.

Factores	Df	SS	MS	Pseudo-F	P(MC)
Sitio	2	22834	11417	12,545	0,0001
Temporada	1	1518,4	1518,4	1,6684	0,0797
SitioxTemporada	2	4048,5	2024,3	2,2243	0,0016
Residuales	30	27302	910,06		
Total	35	55703			

Tabla 3. Resultados del análisis de relación entre matrices bióticas y abióticas (BIOENV). La tabla muestra los cinco mejores resultados de correlaciones entre las variables fisicoquímicas y la composición del ensamblaje de peces.

Variables		
1 Temperatura	2 Profundidad	3 pH
4 Salinidad	5 Oxígeno disuelto	
Mejores resultados		
No. Variables	Correlación	Variables
1	0.657	2
2	0.404	2.4
2	0.368	1.2
2	0.364	2.5
2	0.275	2.3

Según el análisis de similitud de porcentajes (SIMPER), la composición del ensamblaje de peces en BB fue distinta con respecto a HR (62.1%) en la temporada 2011 LL, mientras que los menos disímiles fueron HR y LR (53.3%) durante la misma temporada. De las 10 especies que más contribuyeron al porcentaje de disimilitud entre sitios, la especie con mayor contribución fue *C. cyanea* (8.4 y 6.0) que, durante todo el muestreo fue más abundante en BB. *Halichoeres garnoti* también tuvo alta contribución en la

disimilitud (5.9 y 4.9) con mayor abundancia en LR que en los otros dos sitios, seguida por *S. taeniopterus* (5.7) con mayor contribución en BB y por *H. bivittatus* (4.7) la cual no se registró en BB, y su abundancia fue mayor en HR (tabla 4). Dentro de este grupo de especies también se encuentran *A. coeruleus* y *T. bifasciatum*, más abundantes en LR y HR; *Haemulon sciurus* y *H. flavolineatum*, más abundantes en LR y BB; *Abudefduf saxatilis* que no se registró en BB y presentó mayor abundancia en LR y *Melichthys niger* ausente en LR y más abundante en HR.

Tabla 4. Análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) entre los grupos formados por el NMDS. Porcentajes de disimilitud entre sitios para las diez especies con mayor contribución. BB: Bajo Bonito, HF: Half a Reef, LR: Little Reef.

Especie	2010			2011		
	Lluvia			Sequía		
	BB x HR	BB x LR	LR x HR	BB x HR	BB x LR	LR x HR
<i>Chromis cyanea</i>	5.1	3.7	3.1	8.4	3.0	6.0
<i>Halichoeres garnoti</i>	-	5.93	4.9	2.9	2.1	5.6
<i>Scarus taeniopterus</i>	5.7	3.7	2.6	3.7	-	4.0
<i>Halichoeres bivittatus</i>	2.7	-	3.9	-	4.7	3.9
<i>Acanthurus bahianus</i>	4.6	3.4	1.9	2.1	2.7	2.2
<i>Haemulon flavolineatum</i>	3.1	2.5	4.01	2.8	2.8	3.2
<i>Acanthurus coeruleus</i>	4.8	4.6	-	3.2	2.3	2.7
<i>Abudefduf saxatilis</i>	3.0	5.5	2.6	-	4.3	3.9
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	3.6	-	2.8	2.2	2.0	2.58
<i>Melichthys niger</i>	2.8	-	4.6	2.6	1.2	5.0

Discusión

Las familias más representativas en el estudio se encuentran entre las más abundantes en arrecifes del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Mejía y Garzón-Ferreira, 2000; Sierra, 2011; Bolaños-Cubillos *et al.*, 2015), en el Caribe colombiano (Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez, 2009; Navas *et al.*, 2009) y el gran Caribe (Thompson y Jones,

1978; Gladfelter *et al.*, 1980; Rodríguez y Villamizar, 2000). La ictiofauna registrada es típica de arrecifes insulares, con ausencia de familias de peces de áreas cercanas al continente como lo son Elopidae y Centropomidae (Mejía y Garzón-Ferreira, 2000).

Las especies más abundantes son comunes en arrecifes del Caribe, pero no necesariamente hacen parte de las más abundantes (Thompson y Jones, 1978; Gladfelter *et al.*, 1980), sin embargo, si se encuentran dentro de las más numerosas en arrecifes de la isla de San Andrés (Sierra, 2011). En cuanto a la representatividad de familias con importancia económica como recurso pesquero, se encontró una baja abundancia de Lutjanidae, en la que se encuentran los pargos (*Lutjanus apodus*, *L. jocu* y *Ocyurus chrysurus*) y Serranidae que incluye las chernas (*Cephalopholis cruentata* y *C. fulva*), y los meros (*Epinephelus striatus* y *Mycteroperca venenosa*). La categorización de estas especies como importantes para esta actividad económica se determinaron por un estudio sobre pesquería realizado en la región (Santos-Martínez *et al.*, 2013), y probablemente la escasez de estas especies se deba a un pesca intensiva y falta de regulación en las actividades de pesca extractiva (Navas *et al.*, 2009).

Con respecto a la riqueza de peces se registraron pocas especies (69), comparadas con las registradas para San Andrés (336 especies) en la investigación realizada por Bolaños-Cubillos *et al.* (2015), lo cual representa solo cerca del 20%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los autores de esa investigación recopilan información de varios estudios realizados en la isla, mientras que en el presente estudio solo se basa en los peces registrados durante los censos que se llevaron a cabo en 2010LL y 2011SE en tres zonas arrecifales.

En el sitio BB casi la mitad de la abundancia total de especies estuvo representada por *C. cyanea* y en HR por *T. bifasciatum*, lo que indica una dominancia alta por parte de una especie en estos sitios; los resultados se relacionan directamente con los índices de diversidad y de equidad que tuvieron valores más altos en LR, mientras que los otros sitios tuvieron mayor índice de dominancia. No obstante, todos los sitios tuvieron índices de diversidad similares con respecto a estudios realizados en regiones insulares así: el índice de diversidad de Shannon (H) varió entre 1.78 y 2.93, comparables con los encontrados en los atolones del archipiélago de San Andrés (Mejía y Garzón-Ferreira, 2000) y en otras zonas del Caribe (Alevison *et al.*, 1985), y el índice de equidad de Pielou (J') estuvo entre 0.51 y

0.78, semejantes con los determinados en las islas del Rosario (Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez, 2009).

La mayor abundancia de individuos en BB y LR durante la temporada de sequía, pudo estar relacionada con aguas ligeramente más cálidas; no obstante, la diferencia de temperatura no fue significativa debido a la poca variabilidad de esta en el mar Caribe (Castellanos *et al.*, 2002). En contraste, durante esta misma temporada se registró una disminución de abundancia y riqueza en HR. Este sitio hace parte de una zona de no entrada en la AMP, pero la disminución de especies e individuos puede relacionarse por pesca excesiva en áreas marinas anexas e incluso dentro del perímetro, por un bajo control de vigilancia debido a su ubicación lejos de la costa; contrario a lo que sucede en LR sitio con mayor diversidad, que corresponde a una zona de no entrada pero que se encuentra cerca a la costa donde está mejor vigilado.

En cuanto a la abundancia, según la talla de los peces, se registró un mayor número de adultos, como se espera en este tipo de ecosistemas. Esto puede explicarse debido a que los juveniles de algunas especies ícticas (i.e. *H. sciurus*, *Lutjanus griseus*, *L. apodus* y *A. chirurgus*) se asientan y crecen en ecosistemas de manglar y pasto marino, para luego, en una etapa posterior de su ciclo de vida, migrar a arrecifes coralinos; como lo demuestra Sierra (2011). Este hecho recalca la importancia de la conectividad ecosistémica entre los ecosistemas marinos y el buen estado de conservación de estos (Cocheret de la Morinière *et al.*, 2001; Mumby y Steneck, 2008), ya que estudios han demostrado que algunas especies son más abundantes en arrecifes interconectados, e incluso establecen una fuerte dependencia, necesitando estrictamente la presencia de ecosistemas de manglar y pasto marino para su supervivencia (Mumby *et al.*, 2004; Dorenbosch *et al.*, 2007).

Los análisis de ordenación y de clasificación determinaron diferencias significativas entre los sitios con respecto a la composición del ensamblaje de peces, resultado que se respalda con el análisis multivariado permutacional PERMANOVA. Las diferencias significativas entre sitios evidencian que la variabilidad en la estructura física del arrecife puede determinar la composición y abundancia de especies del ensamblaje de peces locales (Arias-González *et al.*, 2006), además también pueden influir la ubicación del arrecife, sus características fisicoquímicas y la exposición al oleaje.

La profundidad tuvo mayor correlación con la composición del ensamblaje, este resultado se puede comparar con otros estudios, donde la

profundidad, la exposición al oleaje y la distancia entre la zona arrecifal y la costa, generan una variación significativa en la estructura de los ensamblajes ícticos (Lecchini *et al.*, 2003). Por ejemplo, en este estudio HR y LR, que corresponden a los sitios más someros y expuestos al oleaje, tuvieron mayor abundancia de *T. bifasciatum*, *A. coeruleus*, *A. bahianus*, *H. bivittatus*, *H. flavolineatum* y *H. sciurus*, mientras que en BB, más profundo y con menor influencia del oleaje, fueron más abundantes *C. cyanea* y *S. taeniopterus*. Estos son resultados comparables con los encontrados por Mejía y Garzón-Ferreira (2000), quienes mencionan una distribución similar de las especies en atolones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y con otros estudios realizados en los arrecifes de la isla de San Andrés (Sierra, 2011; Rincón-Díaz *et al.*, 2012).

La distribución de las especies en los hábitats puede estar determinada por las preferencias de alimento y refugio de los diferentes grupos taxonómicos, como lo mencionan Arias-González *et al.* (2006). En BB hubo mayor abundancia de la especie *C. cyanea*, la cual se alimenta de plancton principalmente (De Boer, 1978), y las condiciones ambientales del sitio proporcionan un ambiente propicio para este tipo de alimento, ya que no es tan somero ni presenta una alta exposición al oleaje, además se encuentra cerca del emisario submarino encargado de verter aguas residuales al mar lo que incrementa los nutrientes en el agua (Proactiva, 2008). En este sitio también se registró mayor abundancia del pez loro *S. taeniopterus*, para el cual se ha determinado una distribución entre 2 y 25 m de profundidad siendo más común a los 25 m (Froese y Pauly, 2013).

La mayor abundancia de *H. flavolineatum* y *H. sciurus* registrada en LR pudo estar relacionada con la conectividad que tiene este sitio con praderas de pastos marinos. Algunos estudios han demostrado que la familia Haemulidae y, específicamente esas dos especies, son depredadores nocturnos que abandonan el arrecife justo al atardecer para forrajear una amplia variedad de invertebrados bentónicos en praderas de pasto marino y bancos de arena (Burke, 1995). Por otro lado, la preferencia de arrecifes someros y con alto grado de exposición al oleaje por parte de especies principalmente herbívoras como *A. coeruleus*, *A. bahianus* y *M. chrysurus*, se debe posiblemente a una mayor cobertura de macroalgas en estos hábitats, debido al alto grado de irradiación y presión por herbívora en estas zonas, donde pueden dominar algas costrosas resistentes a la herbivoría y filamentosas de creci-

miento rápido; razón por la cual los herbívoros evitan zonas más profundas con menos alimento para ellos (Mejía y Garzón-Ferreira, 2000).

Según la distribución de las especies registradas, las condiciones de profundidad y posiblemente la exposición al oleaje, determinan de forma más predecible las especies colonizadoras. Estas características del ambiente se relacionan con la disponibilidad de alimento, la proporción de refugios y la capacidad de las especies para resistir altas turbulencias, lo que genera variación en la composición del ensamblaje íctico en las distintas zonas arrecifales. De esta manera, en sitios más profundos se espera encontrar mayor abundancia de peces planctófagos, mientras que en aguas someras se espera encontrar herbívoros. Es así como la profundidad, la estructura del hábitat y sus atributos bentónicos, pueden ser muy útiles para la conservación de la biodiversidad y el manejo sustentable de los recursos pesqueros, ya que conocer los atributos del arrecife da una idea de los peces que allí se encuentran.

De esta manera, los atributos del sustrato bentónico pueden ser muy útiles para predecir el tipo de ensamblaje íctico y su estado actual, y el tener conocimiento de la estructura del ensamblaje íctico también se convierte en un indicador útil del estado de la vida bentónica y de los gradientes ambientales (Arias-González *et al.*, 2006). Por lo tanto, se contribuye a la conservación de la biodiversidad y al manejo sustentable de los recursos y la pesca, al identificar espacios claves para la ubicación de las AMP, como sucede en los sitios de muestreo que hacen parte de zonas *no entry* (LR y HR) y *no take* (BB), fundamentales para proteger la estructura y función del ecosistema arrecifal en estas zonas.

Conclusiones

Los índices de diversidad determinados fueron semejantes a los encontrados para el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y otras regiones insulares del Caribe colombiano. El sitio con índices de diversidad y equidad más altos fue Little Reef, que hace parte de una zona *no entry* en la AMP y que se encuentra cercana a la costa por lo que se facilita su vigilancia. Las especies más abundantes fueron *T. bifasciatum*, *C. cyanea*, *Stegastes* sp., *A. coeruleus* y *S. taeniopterus*, con distribuciones diferentes entre los sitios de muestreo relacionadas con las características ambientales de cada uno, ya que la variación espacial de peces arrecifales depende principal-

mente de su necesidad de refugio, disponibilidad de alimento en el hábitat y su capacidad de resistir altas turbulencias. Estas condiciones son determinadas por la configuración del hábitat, la oferta de recursos alimenticios, su ubicación y cercanía respecto a la costa, lo que hace que las características físicas del sistema arrecifal influyan significativamente en la distribución de especies ícticas. Para el desarrollo de planes dirigidos hacia la conservación de la biodiversidad en estos ecosistemas, y por lo tanto al manejo sustentable de los recursos pesqueros y la ubicación de las AMP en la región, es importante conocer el estado de conservación de los ensamblajes ícticos y la estructura del hábitat. Lo anterior resume la importancia de este estudio, el cual se enfoca en conocer la composición de los ensamblajes ícticos y permite, a su vez, evaluar el estado de las zonas arrecifales, que resulta útil para la toma de decisiones sobre la delimitación de las AMP, en pro de una zonificación con mayor conectividad ecosistémica, que mantenga el buen estado y función de los ecosistemas marinos de la región. Además, es importante continuar las investigaciones e incrementar el número de sitios arrecifales, que aporten conocimientos para la toma de decisiones con bases científicas, ayudando a mantener la conservación y la producción sustentable de los recursos.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo a la investigación por parte de los colegas y la financiación de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe, el Jardín Botánico y la Coordinación de Investigación. Igualmente, al equipo de trabajo que apoyó en gran parte la toma de los datos, en especial a M.Sc. Omar Sierra y M.Sc. Natalia Rincón. También a los profesores de la Universidad de Guadalajara en México, Fabián Rodríguez y Amilcar Cupul por su asesoría en el análisis de datos.

Referencias

- Acosta-González, G., Rodríguez-Zaragoza, F., Hernández-Landa, R. y Arias-González, J. (2013). Additive Diversity Partitioning of Fish in a Caribbean Coral Reef Undergoing Shift Transition. *PLoS ONE*, 8, e65665.
- Alevizon, W., Richardson, R., Pitts, P. y Serviss, G. (1985). Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian reef fishes. *Bull. Mar.Scie.*, 2, 304–318.

- Almany, G. (2004) Does increased habitat complexity reduce predation and competition in coral reef fish assemblages? *OIKOS*, 106, 275–284.
- Arias-González, J., Acosta-González, G., Membrillo, N., Garza-Pérez, J. y Castro-Pérez, J. (2012). Predicting spatially explicit coral reef fish abundance, richness and Shannon–Weaver index from habitat characteristics. *Biodiversity and Conservation*, 21, 115–130.
- Arias-González, J., Done, T., Page, T., Cheal, A., Kininmonth, S. y Garza-Pérez, J. (2006). Towards a reefscape ecology: relating biomass and trophic structure of fish assemblages to habitat at Davies Reef, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 320, 29–41.
- Arias-González, J., Legendre, P. y Rodríguez-Zaragoza, F. (2008). Scaling up beta diversity on Caribbean coral reefs. *Journal of Experimental Mar. Biol. and Ecol.*, 366, 28–36.
- Bolaños-Cubillos, N., Abril-Howard, A., Bent-Hooker, H., Caldas, J. y Acero A. (2015). Lista de peces conocidos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Reserva de la Biosfera Seaflower, Caribe Occidental Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 44(1), 127–162.
- Burke, N. (1995). Nocturnal foraging habitats of French and bluestriped grunts, *Hacmulon flavolineatum* and *H. sciurus*, at Tobacco Caye, Belize. *Environ. Biol. of Fishes*, 42, 365–374.
- Burke, L. y Maidens, J. (2005). *Reefs at risk in the Caribbean*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Castellanos, P., Varela, R. y Muller-Karger, F. (2002). Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 154, 55–76.
- Choat, J., O. Klanten, L. Herwerden, D. Robertson y K. Clements. (2012). Patterns and processes in the evolutionary history of parrotfishes (Family Labridae). *Biol. J. of the Linn. Soc.*, 107, 529–557.
- Cocheret de la Morinière, E., Pollux, B., Nagelkerken, I. y Van del Velde, G. (2001). Post-settlement Life Cycle Migration Patterns and Habitat Preference of Coral Reef Fish that use Seagrass and Mangrove Habitats as Nurseries. *Bull. Mar. Sci.*, 2, 304–318.
- Coralina-Invemar. (2012). Atlas de la Reserva de Biosfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (28). Santa Marta: INVEMAR.
- De Boer, B. (1978). Factors influencing the distribution of the damselfish *Chromis cyanea* (poey), pomacentridae, on a reef at Curasao, Netherlands Antilles. *Bull. Mar. Sci.*, 28(3), 550–565.

- Delgadillo-Garzón, O. y Zapata-Ramírez, P. (2009). Evaluación rápida de peces arrecifales y su relación con la estructura del sustrato en las Islas del Rosario, Área Marina Protegida del Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 33(127), 273–283.
- Díaz, J., Barrios, L., Cendales, M., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., López-Victoria, M., Ospina, G., Parra-Velandia, F., Pinzón, J., Vargas-Ángel, B., Zapata, F., y Zea, S. (2000). Áreas Coralinas de Colombia. (5). Santa Marta: INVEMAR. 175 p.
- Dorenbosch, M., Verberk, W., Nagelkerken, I. y Van der Velde, G. (2007). Influence of habitat configuration on connectivity between fish assemblages of Caribbean seagrass beds, mangroves and coral reefs. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 334, 103–116.
- Espinoza, M. y Salas, E. (2005). Estructura de las comunidades de peces de arrecife en las Islas Catalinas y Playa Ocotal, Pacífico Norte de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 53, 523–536.
- Froese, R. y Pauly, D. (2013). FishBase. Disponible en línea: www.fishbase.org
- Galván-Villa, C., López-Urriarte, E. y Arreola-Robles, J. (2011). Diversidad, estructura y variación temporal del ensamble de peces asociados al arrecife coralino de Playa Mora, Bahía de Tenacatita, México. *Hidrobiológica*, 21, 135–146.
- Gittenberger, A., Draisma, S., Arbi, U., Langenberg, V., Erftemeijer, P., Tuti Y. y Hoeksema, B. (2014). Coral reef organisms as bioregion indicators off Halmahera. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 25(6), 743–55.
- Gladfelter, W., Ogden J. y Gladfelter, E. (1980). Similarity and diversity among coral reef fish communities: a comparison between tropical western atlantic (Virgin islands) and tropical central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. *Ecology*, 5, 1156–1168.
- Humann, P. (1996). *Reef Fish Identification*. Jacksonville, Florida U.S.A: Ned DeLoach.
- Lara, E. y Arias, E. (1998). The relationship between reef fish community structure and environmental variables in the southern Mexican Caribbean. *J. of Fish Biol.*, 53, 209–221.
- Lecchini, D., Adjerouda, M., Pratchetta, M., Cadoret, L. y René Galzin, R. (2003). Spatial structure of coral reef fish communities in the Ryukyu Islands, southern Japan. *Oceanológica Acta*, 26, 537–547.
- Loreto, R., Lara, M. y Schmitter-Soto, J. (2003). Coral reef fish assemblages at Banco Chinchorro, Mexican Caribbean. *Bull. Mar. Sci.*, 73, 153–170.
- Mejía, L. y Garzón-Ferreira, J. (2000). Estructura de comunidades de peces arrecifales en cuatro atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia (Caribe sur occidental). *Rev. Biol. Trop.*, 48, 883–896.
- Mumby, P., Edwards, A., Arias-González, J., Lindeman, K., Blackwell, P., Gall, A., Gorczynska, M., Harborne, A., Pescod, C., Renken, H., Wabnitz, C. y Llewel-

- lyn, G. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427, 533–536.
- Mumby, P. (2006). Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological Conservation*, 128, 215–222.
- Mumby, P. y Steneck, R. (2008). Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. *Trends in Ecology and Evolution*, 23(10), 555–563.
- Nagelkerken, I., Dorenbosch, M., Verberk, W., Cocheret de la Morinière, E. y van der Velde, G. (2000). Importance of shallow-water biotopes of a Caribbean bay for juvenile coral reef fishes: patterns in biotope association, community structure and spatial distribution. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 202, 175–192.
- Navas, R., Gómez, K., Vega, J., López, T., Duque, D., Abril, A. y N. Bolaños. (2009). Estado de los arrecifes coralinos.. En: *Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009* (pp. 75-100). Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta: INVEMAR.
- Proactiva S.A E.S.P. (2008). Plan de saneamiento y manejo de vertimientos para la isla de San Andrés. Departamento Archipiélago de San Andes, Providencia y Santa Catalina. San Andrés:Gerencia de Planeación y Construcción.
- Rincón-Díaz, N., Sierra-Rozo, O. y Santos-Martínez, A. (2013). Patrones Ontogénicos y Estacionales de Peces Cirujano (Acanthuridae) según el Uso de Hábitat en un Paisaje Insular: Reserva de Biosfera Seaflower, Caribe colombiano. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, (5-9), 365–369.
- Ríos-Jara, E., Galván-Villa, C., Rodríguez-Zaragoza, F., López-Uriarte, E., Bastida-Izaguirre, D. y Solís-Marín, F. (2013). Los equinodermos (Echinodermata) de bahía Chamela, Jalisco, México. *Rev. Mexicana de Biod.*, 84(1), 905–928.
- Rodríguez, J. y Villamizar, E. (2000). Estructura de la comunidad de peces arrecifales de Playa Mero, Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 48, 107–113.
- Sale, P. y Douglas, W. (1984). Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure. *Ecology*, 65, 409–422.
- Santos-Martínez, A., Hinojosa, S. y Sierra-Rozo, O. (2009). Proceso y avance hacia la sostenibilidad ambiental: la Reserva de la Biosfera Seaflower, en el Caribe colombiano. Problemas ambientales. Universidad Nacional de Colombia, San Andrés isla. *Cuadernos del Caribe*, 13, 7–23.
- Santos-Martínez, A., Mancera Pineda, J., Castro González, E., Sjogreen Velasco, M., Bent Hooker, H. y Torres Rodríguez, J. (2013). Propuesta para el manejo pesquero de la zona del sur del área marina protegida en la Reserva de Biosfera

Seaflower - Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Sierra-Rozo, O. (2011). *Patrones ontogénicos y estacionales de peces arrecifales según el uso*. (Tesis Magíster en Ciencias, Biología - Línea Biología Marina). San Andrés: Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe.

Soeth, M. (2013). Dinâmica da assembleia de peixes no infralitoral raso do sul do Brasil. (Tesis PósGraduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos). Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná.

Thompson, J. y Jones, R. (1978). Comparasion of Florida reef fish assemblages using rapid visual technique. *Bull. Mar. Sci.*, 28, 159–172.

Westneat, M. y Alfaro, M. (2005). Phylogenetic relationships and evolutionary history of the reef fish family Labridae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 36, 370–390.

WWF. (2006). Mejores prácticas de pesca en arrecifes coralinos. Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas. WWF, México. 81 p.

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