

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# PNN Old Providence McBean Lagoon: evidencias de refugio para especies de peces amenazadas y de herbívoros durante la Expedición Seaflower 2019

## *PNN Old Providence McBean Lagoon: Evidences of refuge for threatened and herbivorous fishes during Seaflower Expedition 2019*

DOI: <https://doi.org/10.26640/22159045.2024.647> Fecha de recepción: 2024-08-27 / Fecha de aceptación: 2024-09-30

Julián Prato-Valderrama<sup>1</sup>, Adriana Santos-Martínez<sup>2</sup>, Diana Castaño<sup>3</sup>, John Carvajal<sup>4</sup>

### CITAR COMO:

Prato-Valderrama, J.; Santos-Martínez, A.; Castaño, D.; Carvajal, J. (2024). PNN Old Providence McBean Lagoon: evidencias de refugio para especies de peces amenazadas y de herbívoros durante la Expedición Seaflower 2019. *Boletín Científico CIOH*, 43(2), 57-70. <https://doi.org/10.26640/22159045.2024.647>

### RESUMEN

El Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon (PNN OPMBL) fue creado con propósitos como el de conservar ecosistemas y especies clave que aporten a la productividad pesquera local y regional. La sobrepesca y pérdida de hábitat han puesto en amenaza de extinción a diversas especies de peces de interés comercial y algunos peces herbívoros. El PNN OPMBL puede constituir un importante refugio para estas especies en cumplimiento con sus objetivos de conservación. Durante la Expedición Seaflower 2019 a la isla de Providencia se evaluó la riqueza, abundancia y biomasa de la comunidad íctica dentro y fuera del Parque. En la estación PNN OPML dentro del Parque se registraron 16 especies de peces categorizadas como amenazadas, quince (15) de ellas incluidas en el Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia, tanto la biomasa como la abundancia y densidad de dichas especies fueron superiores a los registrados para otros sitios fuera del Parque. La biomasa de peces herbívoros, considerados importantes para la resiliencia de arrecifes coralinos por su papel ecológico, fue también mayor dentro del Parque. Estos resultados demuestran el importante papel de estas áreas para proteger especies objeto de conservación y para aportar a la sustentabilidad natural y social.

**PALABRAS CLAVE:** peces marinos; áreas marinas protegidas; conservación; refugio biodiversidad; Caribe colombiano

### ABSTRACT

*The Old Providence McBean Lagoon National Natural Park (PNNOPMBL) was created with purposes such as conserving ecosystems and key species that contribute to local and regional fishing productivity. Overfishing and habitat loss have threatened several commercial fish species and some herbivorous fish.*

<sup>1</sup> ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4409-0792>. Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe. Corporación Centro de Excelencia en Ciencias del Mar-CEMarin. Correo electrónico: [jprato@unal.edu.co](mailto:jprato@unal.edu.co)

<sup>2</sup> ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7800-3656>. Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe. Correo electrónico: [asantosma@unal.edu.co](mailto:asantosma@unal.edu.co)

<sup>3</sup> ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6618-9676>. Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe. Correo electrónico: [dcastano@unal.edu.co](mailto:dcastano@unal.edu.co)

<sup>4</sup> ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3934-2070>. Universidad Nacional de Colombia - Sede Caribe. Correo electrónico: [jocarvajalg@unal.edu.co](mailto:jocarvajalg@unal.edu.co)

*The PNNOPMBL can constitute an important refuge for these species in fulfillment of their conservation objectives. During the 2019 Seaflower Expedition in Providencia Island, the richness, abundance, size ranges and biomass of the fish community were evaluated inside and outside the park. In the PNNOPML station within the Park, 16 species of fish categorized as threatened were registered, 15 of them included in the red book of fish in Colombia, the biomass, abundance and density of these species were higher than those registered for other sites outside the Park. The biomass of herbivorous fish considered important for the resilience of coral reefs due to their ecological role was also higher within the Park. These results demonstrate the important role of these areas to protect species under conservation and contribute to natural and social sustainability.*

**KEYWORDS:** marine fish; marine protected areas; conservation; biodiversity refuge; Colombian Caribbean

## INTRODUCCIÓN

El Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales (SN PNN) tiene como objetivo proteger la biodiversidad, conservando especies y ecosistemas importantes para el bienestar humano. El PNN OPMBL ubicado dentro de la Reserva de la Biósfera Seaflower (RBS), incluye ecosistemas marinos como manglares, pastos y arrecifes coralinos, así como especies de vertebrados e invertebrados marinos que son objetos de conservación incluidos en el plan de manejo del Parque, que además cuenta con conectividad natural desde el bosque seco tropical hasta el mar abierto.

Las áreas marinas protegidas (AMP) son una propuesta de las Naciones Unidas para conservar la vida del planeta Tierra y para recuperar las áreas impactadas o las especies agotadas (PNUMA, 2019). Permiten recuperar la biomasa de los *stocks* cuando la sobrepesca y los impactos ambientales han colapsado los principales recursos pesqueros (Worm *et al.*, 2006; Pauly, 2010; Pauly y Zeller, 2016), y aumentar su productividad por el efecto de rebose (Roberts, Bohnsack, Gell, Hawkins y Goodridge, 2001; Prato y Newball, 2016). Pauly, Alder, Bennett, Christensen, Tyedmers, y Watson (2003) destacan el manejo adecuado de las AMP como una de las acciones requeridas para mantener la sustentabilidad ambiental para las pesquerías y seguridad alimentaria.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), el 80 % de las poblaciones pesqueras han sido plenamente explotadas, sobreexplotadas o agotadas. En Colombia los indicadores de producción presentan tendencia a la baja, en gran parte por sobrepesca (Rueda *et al.*, 2018; Escobar,

Viloría, Girón y Rueda, 2019), en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina los análisis pesqueros presentan igualmente tendencia decreciente asociada a sobrepesca, pérdida de hábitat o pesca ilegal (Santos-Martínez y Rojas Archbold, 2019a; Santos-Martínez, Castaño Giraldo, Morales-de-Anda, Prato, Echeverry-Hernández y Cupul-Magaña, 2019b).

La sobrepesca en el Caribe es además considerada uno de los factores que afecta ampliamente los arrecifes de coral y sus servicios ecosistémicos (Burke, Reyntar, Spalding y Perry, 2011). En la isla de Providencia peces de interés comercial como los meros y las chernas se han visto afectados por la sobrepesca, llegando a quedar en riesgo de extinción; debido a su escasez se ha transferido la presión pesquera a peces de niveles tróficos más bajos como los herbívoros, dejando varias especies de peces loro en peligro de extinción (Chasqui *et al.*, 2017). Lo anterior conlleva a ciclos de deterioro arrecifal con aumento en coberturas de algas y pérdida de cobertura coralina conocidos como cambios de fase (Mumby, Flower, Chollett, Stephen, Yves-Marie y Fitzsimmons, 2014), que agravan aún más las pérdidas de coberturas coralinas del 80 % reportadas para el Caribe desde los años 70 (Gardner, Côté, Gill, Grant y Watkinson, 2003), y generan considerables pérdidas de hábitat para peces arrecifales de importancia comercial, herbívoros e invertebrados. La alta dependencia de los ecosistemas marinos para la seguridad alimentaria en territorios insulares oceánicos como el archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina, hacen que las AMP como el PNN OPMBL tomen mayor relevancia para el bienestar humano y para la resiliencia misma de los ecosistemas estratégicos marinos.

En esta investigación desarrollada por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) - Sede Caribe, en el marco del Proyecto de Valoración de Servicios Ecosistémicos de Arrecifes Aledaños a las Islas de Providencia y Santa Catalina, y dentro de los proyectos desarrollados por las expediciones científicas *Seaflower*, coordinadas por la Comisión Colombiana del Océano (CCO), se buscó evaluar las características de la comunidad de peces en sitios con condiciones similares en la isla de Providencia, uno de ellos protegidos por el Parque Nacional (PNN OPMBL) y otro sin la protección del AMP, para determinar posibles diferencias entre atributos (abundancia, biomasa) de la comunidad íctica, en especial de los grupos de especies que han sido categorizadas con distintos grados de amenaza de extinción en Colombia o en listados internacionales definidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (disponible en línea en: IUCN Red List of Threatened Species ) (NT, VU, EN, CR) o por el libro Rojo de Peces Marinos de Colombia (Chasqui et al., 2017); así como también posibles diferencias en la biomasa del grupo de peces herbívoros que puedan estar relacionadas al factor de protección especial que ofrece el AMP. Adicionalmente, se compararon los resultados de ambos sitios de Providencia con un sitio de muestreo en la isla de San Andrés que no hace parte del AMP McBean Lagoon, que además puede estar expuesto a mayor presión pesquera dada la mayor densidad poblacional de la isla de San Andrés.

## ÁREA DE ESTUDIO

La RBS fue declarada por el programa *Man and Biosphere* de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) en el año 2000. Se encuentra en el Caribe Occidental de Colombia, abarcando todo el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Con un área total de 180 000 km<sup>2</sup>, incluye nueve islas arrecifales, bancos sumergidos, cayos de arena habitados y estructuras como atolones (Coralina-Invemar, 2012). Se destaca por sus extensos arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos, manglares y bosques secos tropicales. Además, protege más de 2 300 especies marinas y es parte del *hotspot* de arrecifes del Caribe Occidental; posee cerca del 77 % de los arrecifes coralinos de

Colombia (Coralina-Invemar, 2012). La población de personas que habita en las islas archipiélago, incluyendo San Andrés y Providencia, recibe valiosos beneficios de los ecosistemas marinos en un territorio compuesto en un 99 % por el mar, con múltiples beneficios de los servicios ecosistémicos aportados por el maritorio y sus ecosistemas, que son la base para el bienestar y la economía en el departamento más grande de Colombia (Prato y Newball, 2016).

El PNN Old Providence McBean Lagoon es un área protegida clave a nivel nacional, del Caribe oceánico colombiano. Se encuentra ubicado en las islas de Providencia y Santa Catalina, y fue declarado AMP en 1995. Desde el año 2000 forma parte de la RBS, y desde el 2004 también hace parte de las AMP del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Este PNN se extiende por 1 613.9 hectáreas y presenta una combinación única de belleza natural y biodiversidad. En su porción marina destaca parte de la barrera de arrecife que protege las costas de la isla de Providencia, y más al norte una formación de barrera discontinua, formada por múltiples montículos submarinos, conocida como los 'Pináculos', cubiertos en general por el coral de fuego (*Millepora complanata*) en su parte superior expuesta al oleaje. Este arrecife de coral, junto con la laguna arrecifal ubicada frente al manglar de McBean, genera una espectacular gama de colores, que se conoce comúnmente como 'El Mar de los Siete Colores'. El PNN OPML tiene como objetos de conservación la protección de varios elementos clave como los ecosistemas estratégicos de arrecifes de coral y pastos marinos, así como de especies de peces amenazadas, como algunas pertenecientes al grupo de meros y chernas, el cual es uno de los ocho (8) objetos de conservación priorizados en el plan de manejo del PNN OPMBL (Recuperado en línea de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2019/12/Cartilla-Old-providence-ESPANOL.pdf>).

## METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar el papel del PNN OPMBL para la conservación de especies amenazadas de peces de interés comercial (como meros y chernas) y con función ecológica clave para la resiliencia coralina (peces herbívoros), durante la

Expedición Científica Seaflower 2019 a las islas de Providencia y Santa Catalina se realizaron censos visuales de peces, de acuerdo con la metodología de World Wildlife Fund (WWF, 2006). En cada sitio de muestreo se realizaron cinco transectos (n=5) de banda de 50 m x 2 m (total 500m<sup>2</sup>) en cada sitio de muestreo. Durante los censos de peces se registró la cantidad de individuos por especie (abundancia), y los rangos de tallas de cada individuo registrado. Con esta información se calculó el número de especies registrado (riqueza) y la biomasa la cual se puede estimar a partir del número de individuos por especie, el rango de talla de estos individuos y ecuaciones alométricas específicas para cada especie disponibles en FishBase (<https://fishbase.se/home.htm>), usando las bases de datos y metodología propuestas en WWF (2006).

Los censos visuales de peces se realizaron en dos sitios de muestreo ubicados en arrecifes periféricos de barlovento (este de Providencia), a profundidades similares (8 m – 11 m), de manera que un sitio quedó ubicado dentro del PNN OPML y el otro más al norte, ubicado por fuera del Parque (Provout). Adicionalmente, con la misma metodología, se realizaron censos visuales de peces en la isla de San Andrés, en el sector de bajo Bonito (9 m - 12 m) (Sanandr) (Tabla 1).

Las especies de peces registradas durante los muestreos fueron buscadas en listados internacionales y nacionales para determinar si estaban categorizadas bajo algún grado de amenaza de extinción (NT, VU, EN, CR) en Colombia en el libro Rojo de Peces Marinos de Colombia (Chasqui *et al.*, 2017) o listados internacionales

definidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (disponible en línea en: <https://www.iucnredlist.org/en>).

Como atributos principales de la comunidad íctica se evaluaron la abundancia y biomasa de peces en general, para luego realizar énfasis en el grupo de especies categorizadas en grado de amenaza de extinción y para el grupo de peces herbívoros, incluyendo peces cirujanos (Acanthuridae) y loros (Scaridae), principalmente.

De acuerdo con el propósito particular de esta investigación, los grupos de interés de especies de peces amenazadas y peces herbívoros fueron analizados mediante pruebas estadísticas para evaluar posibles diferencias entre los sitios analizados en cuanto a la abundancia o biomasa. Se aplicaron pruebas de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) para evaluar viabilidad de uso y selección de métodos paramétricos como Anova, o no paramétricos; al no encontrar distribución normal en los datos, se decidió emplear métodos no paramétricos como Kruskal-Wallis y análisis pareados de Wilcoxon, utilizando el software libre R y R-Studio (Zar, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los muestreos se encontró que en la estación ubicada dentro del PNN OPML se registró una mayor riqueza que en la estación Provout, el número de especies encontradas en estas dos estaciones fue a su vez notablemente mayor a las registradas en Sanandr. La abundancia total y densidad de peces en PNN OPML duplicó la encontrada en los otros dos sitios (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ubicación de las estaciones de muestreo y resultados generales de la comunidad de peces registrada en los censos visuales (n=5) realizados en cada estación.

Ítem / Estación	Pnnopml	Provout	Sanandr
Coordenadas	N 13°23'26.7" W 81°20'19.6"	N 13°25'46.4" W 81°20'07.4"	N 12°35'12.5" W 81°43'15.19"
Profundidad (m)	8-11	8-10	8-11
Total individuos	3717	1047	1548
Densidad (ind/100m <sup>2</sup> )	743	209	309
Biomasa total (g)	560117	117336	82768
Biomasa por área (g/100m <sup>2</sup> )	112023	23467	16553
Total número de especies	136	105	32

En la estación dentro del AMP del PNN OPMBL se registraron 136 especies, de las cuales 16 corresponden a especies amenazadas; catorce (14) clasificadas en distintas categorías de amenaza definidas por la Unión Internacional

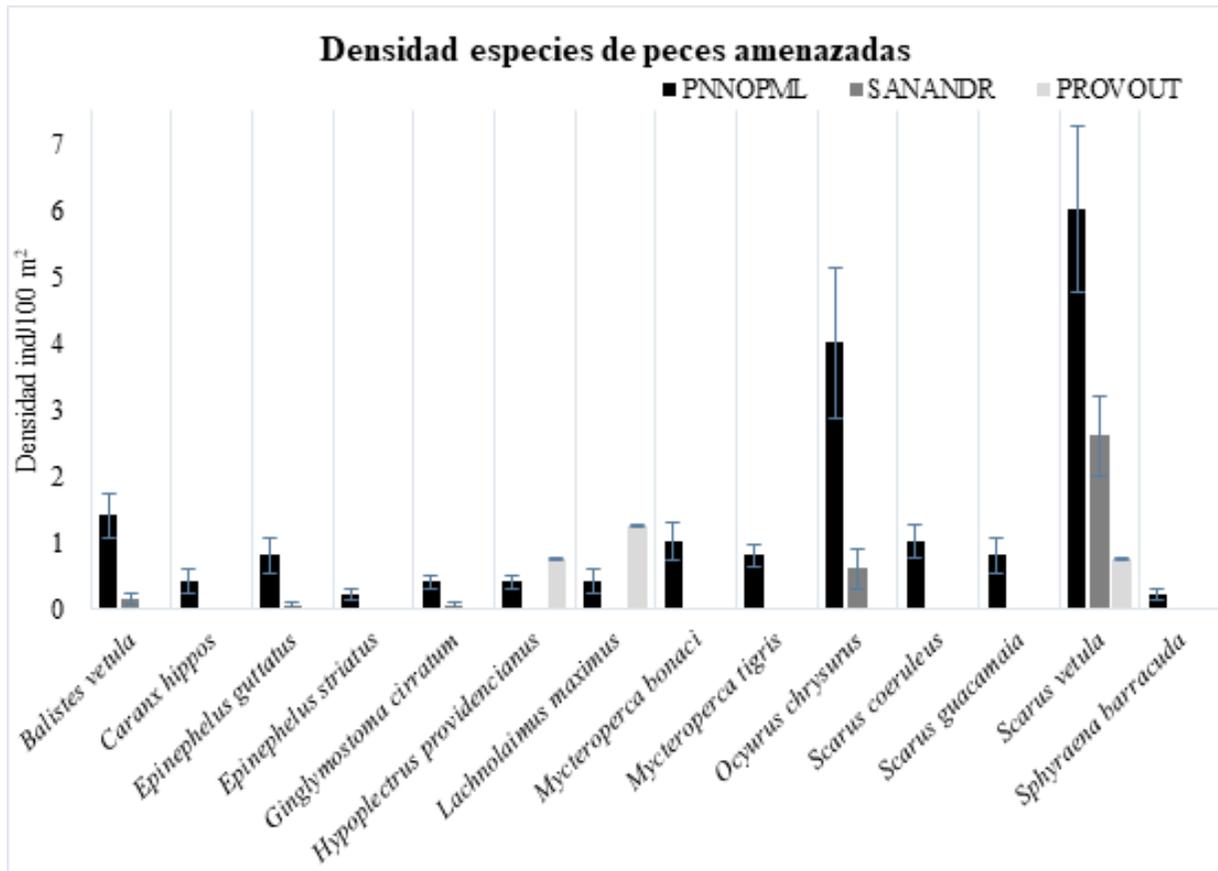
para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (disponible en línea en: IUCN Red List of Threatened Species ) (NT, VU, EN, CR) y quince (15) por el Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia (Chasqui *et al.*, 2017) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Abundancia, densidad y biomasa promedio de las especies catalogadas bajo categorías de amenaza de acuerdo con la UICN y/o el Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia (Chasqui *et al.*, 2017), registradas durante la Expedición Seaflower 2019 en la estación Pnnopml dentro del PNN Old Providence McBean Lagoon.

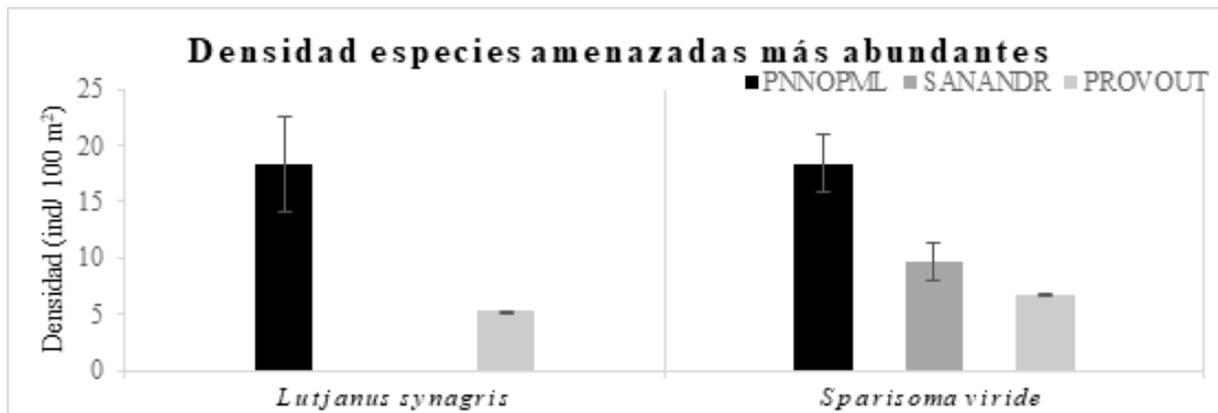
Especie	Abundancia (Ind/500m <sup>2</sup> )	Densidad (Ind/100m <sup>2</sup> ) ± EE	Biomasa (g/100m <sup>2</sup> ) ± EE	Categoría UICN	Categoría Libro Rojo Peces Marinos de Colombia
<i>Balistes vetula</i>	7	1.4 ± 0.3	1282.4 ± 254.7	VU	EN
<i>Caranx hippos</i>	2	0.4 ± 0.2	3048.0 ± 1363.1	LC	VU
<i>Epinephelus guttatus</i>	4	0.8 ± 0.3	193.4 ± 63.0	NT	NT
<i>Epinephelus striatus</i>	1	0.2 ± 0.1	121.1 ± 54.2	CR	CR
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	2	0.4 ± 0.1	1561.4 ± 427.6	VU	VU
<i>Hypoplectrus providencianus</i>	2	0.4 ± 0.1	0.01 ± 0.01	LC	NT
<i>Lachnolaimus maximus</i>	2	0.4 ± 0.2	714.1 ± 319.4	EN	EN
<i>Lutjanus synagris</i>	92	18.4 ± 4.2	3003.6 ± 794.9	NT	LC
<i>Mycteroperca bonaci</i>	5	1 ± 0.3	428.4 ± 150.7	VU	EN
<i>Mycteroperca tigris</i>	4	0.8 ± 0.2	756.7 ± 158.3	NT	NT
<i>Ocyurus chrysurus</i>	20	4 ± 0.1	9916.8 ± 2804.9	NT	NT
<i>Scarus coeruleus</i>	5	1 ± 0.2	1581.9 ± 341.3	EN	EN
<i>Scarus guacamaia</i>	4	0.8 ± 0.2	2770.5 ± 1132.1	VU	EN
<i>Scarus vetula</i>	30	6.0 ± 1.1	1819.8 ± 319.8	NT	NT
<i>Sparisoma viride</i>	92	18.4 ± 2.5	3149.1 ± 384.4	NT	NT
<i>Sphyraena barracuda</i>	1	0.2 ± 0.1	209.6 ± 93.8	NT	NT

Dentro de las especies registradas en Pnnopml se destaca *Epinephelus striatus*, catalogada como 'En Peligro Crítico' (CR), con riesgo de extinción extremadamente alto en estado silvestre; así como *Mycteroperca bonaci* y *M. tigris*, las cuales hacen parte del grupo de meros y chernas amenazados (Tabla 2), grupo que se enfatiza debido a que es uno de los ocho (8) objetos de

conservación priorizados en el plan de manejo del PNN OPMBL (Recuperado en línea de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2019/12/Cartilla-Old-providence-ESPANOL.pdf>). Estas especies únicamente estuvieron presentes en la estación dentro del AMP PNN, con densidades de 0.2 ind/m<sup>2</sup>, 1.0 ind/m<sup>2</sup> y 0.8 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente (Fig. 1).



A.



B.

**Figura 1.** Densidades promedio de peces pertenecientes a especies amenazadas registradas en estaciones de muestreo dentro y fuera del AMP PNN OPMBL. **A.** Especies amenazadas. **B.** Especies amenazadas más abundantes.

La presencia de especies amenazadas de meros y chernas, así como del lábrido conocido como pargo pluma (*L.maximus*), jureles (*C. hippos*) y barracudas (*S. barracuda*), además de demostrar la importancia del Parque para la conservación de la biodiversidad, demuestra también su importancia socio-económica al ser un reservorio de especies importantes para seguridad y soberanía alimentaria para el consumo local y con interés comercial. De esta manera el AMP no solo aporta refugio a estas especies importantes para la soberanía alimentaria, sino que también puede tener potencial para generar un efecto de rebose reconocido para algunas AMP (Roberts *et al.*, 2001), el cual podrá ser evaluado más a fondo en próximas investigaciones.

Martínez-Viloria *et al.* (2014) entrevistaron a 49 pescadores, quienes confirmaron aprovechar recursos hidrobiológicos dentro del PNN OPMBL mediante buceo y línea de mano, reconociendo la importancia del AMP para su bienestar. Lo anterior es muy importante ya que la pesca artesanal al interior del Parque representa el 52.9 % de los desembarcos en las islas de Providencia y Santa Catalina (Cano, Ward y Posada, 2007), y ya que estas islas oceánicas se encuentran a más de 200 km del continente centroamericano y a más de 700 km del puerto más cercano en Cartagena, de manera que los recursos pesqueros locales son vitales para la seguridad alimentaria y bienestar en estos territorios insulares del Caribe.

En relación con los sitios fuera del parque (Provout y Sanandr), se encontró que siete (7) de las 16 especies amenazadas registradas dentro del Parque estuvieron ausentes en ambos sitios de muestreo sin la protección del AMP; en general, con menores valores de abundancia que en el sitio evaluado dentro del AMP (Fig. 1).

Tan solo dos de estas especies estuvieron presentes en todas las estaciones. La densidad de peces registrada para catorce (14) de estas especies amenazadas fue mayor en la estación dentro del Parque (Figura 1).

Los resultados de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis confirmaron diferencias significativas en la abundancia de las especies de peces amenazadas entre los sitios evaluados ( $\chi^2 = 16.09$ ,  $df = 2$ ,  $p\text{-value} = 0.00032^*$ ). Las pruebas pareadas de Wilcoxon mostraron diferencias significativas de la abundancia de especies amenazadas entre el AMP y las otras dos locaciones por fuera del AMP, confirmando mayores valores de abundancia para estas especies en la estación dentro del AMP. Asimismo, para la abundancia de especies amenazadas, las pruebas estadísticas muestran que no hay diferencias significativas entre la estación de muestreo fuera del AMP en Providencia y la ubicada en San Andrés (Tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados de pruebas pareadas de Wilcoxon, las diferencias significativas se presentan en negrilla\*, para valores de p menores a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

Sitio	Pnnopml	Provout
Provout	0.0010*	—
Sanandr	0.0044*	0.4534

Se destacó dentro del AMP Pnnopml la presencia de especies de peces herbívoros que cumplen un papel ecológico importante para la resiliencia de arrecifes de coral como *Scarus guacamaia* y *S. coeruleus* (Fig. 1), que no fueron observados en las otras dos estaciones y consideradas escasas o ausentes en varios sitios del Archipiélago, como en la isla Cayos de Serranilla, isla Cayos Bajo Nuevo y bajo Alicia (Bent Hooker, Abril-Howard, Bolaños-Cubillos y Taylor-Jay, 2012; Bolaños-Cubillos, Abril-Howard, Bent-Hooker, Caldas y

Acero, 2015) y San Andrés (Sierra-Rozo, Santos-Martínez y Acero, 2012).

Las especies de peces loro (Labridae, Scarinae) de tallas grandes y medias catalogadas en distintos niveles de riesgo como *Scarus coeruleus* (EN), *S. guacamaia* (EN), *S. vetula* (NT) y *Sparisoma viride* (NT) estuvieron presentes con mayor abundancia y densidad dentro del PNN OPMBL (Fig. 1), lo cual resalta la importancia del AMP para su protección, ya que según Chasqui *et al.* (2017),

estas poblaciones se han reducido en más de un 50 % y en algunas locaciones están ausentes, principalmente por la sobrepesca dirigida, pesca ilegal (Castaño, Morales-de-Anda, Prato, Cupul-Magaña, Echeverry y Santos-Martínez, 2021) al declive de otras especies de interés comercial como meros y chernas, y a procesos de pérdida de hábitat.

Otros estudios muestran también la ausencia o baja abundancia de peces loro de grandes tallas. Castaño (2024) encontró una ausencia total de *S. coelestinus* en censos de peces realizados entre 2013 y 2019, y solo cinco (5) observaciones de *S. guacamaia* en un total de 137 transectos (100 m<sup>2</sup> cada uno, totalizando 13.700 m<sup>2</sup> muestreados) en cuatro sitios de monitoreo en los arrecifes occidentales y la laguna arrecifal, al este de la isla de San Andrés. Por otro lado, estudios previos basados en 348 censos visuales, realizados entre 1997 y 2004, en 17 territorios del Gran Caribe, observaron una ausencia general de peces loro de tallas grandes (Vallés y Oxenford, 2014).

Estas especies son también notablemente raras en otras islas de la RBS, según varios autores (Bolaños-Cubillos, 2006; Abril-Howard, Bolaños-Cubillos y Bent-Hooker, 2010; Bolaños-Cubillos, Bent, Abril, Sánchez, Howard y Taylor, 2010; Acero, Bent-Hooker, Maya, Santos-Martínez y Sierra Roza, 2011; Bent *et al.*, 2012; Bruckner, 2012; Vega-Sequeda, Díaz-Sánchez, Gómez-Campo, López-Londoño, Díaz-Ruiz y Gómez-López, 2015), en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina era posible observar individuos adultos de especies de peces loro de tallas grandes; sin embargo, en los últimos diez años *han sido pescados selectivamente y, actualmente, es raro ver adultos de S. guacamaia* en todo el estado insular. Algunos de estos autores mencionaron que la escasez de varias especies de peces arrecifales tradicionalmente explotadas, como los pargos y los meros, pueden haber aumentado la presión pesquera sobre peces herbívoros de grandes tallas como *S. coeruleus* y *S. guacamaia*,

que han sido directamente capturadas para el consumo humano, afectando tanto a adultos como a juveniles. En consecuencia, estas especies han experimentado una disminución significativa en abundancia y biomasa, y a menudo están ausentes en la mayoría de las localidades (Chasqui *et al.*, 2017; Rivas y Tavera, 2022). Teniendo en cuenta lo anterior, la presencia y mayor abundancia de especies de peces loro de grandes tallas dentro del AMP PNN OPMBL demuestra su importancia para la conservación de estas especies en el Caribe y en la RBS.

Estas especies de peces loro, debido a su mayor tamaño, pueden tener mayor capacidad de herbivoría, siendo especies clave para el control de algas y recuperación de los ecosistemas arrecifales luego de perturbaciones (Adam, Schmitt, Holbrook, Edmunds, Carpenter y Bernardi, 2011) y, por ende, importantes para la resiliencia de los arrecifes de coral (Jackson, 1997; Bonaldo, Hoey y Bellwood, 2014; Plass-Johnson, Ferse, Jompa, Wild y Teichberg, 2015) y para contribuir al buen estado de los arrecifes coralinos del Archipiélago, Seaflower y del PNN OPMBL.

Además de las especies de peces herbívoros de tallas grandes, en general, los herbívoros arrecifales son importantes para controlar las comunidades de macroalgas (Adam *et al.*, 2011; Holbrook, Schmitt, Adam y Brooks, 2016), así como para procesos ecológicos importantes como bioerosión, producción y transporte de sedimentos y provisión de espacio para el asentamiento de corales, entre otros (Bellwood, 1996; Bruggemann, Van Kessel, Van Rooij y Breeman, 1996; Bonaldo *et al.* 2014).

Por esta razón, la abundancia, densidad y biomasa de peces herbívoros resulta ser relevante para la conservación de los arrecifes coralinos, otro de los objetos de conservación del PNN OPMBL. En la Tabla 4 se presentan los valores de densidad y biomasa de peces herbívoros de los *taxa* Acanthuridae (peces cirujano) y Scarinae (peces loro).

**Tabla 4.** Densidad y biomasa de peces herbívoros (Acanthuridae y Scarinae) en sectores dentro y fuera del parque PNN OPMBL.

Especie / Estación	Densidad (ind/100m <sup>2</sup> )			Biomasa promedio (g/100m <sup>2</sup> )		
	Pnnopml	Provout	Sanandr	Pnnopml	Provout	Sanandr
<i>Acanthurus tractus</i>	32.8	7	3	8741.5	1389.4	445.6
<i>Acanthurus chirurgus</i>	2.8	0	0.6	212.6	0.0	45.6
<i>Acanthurus coeruleus</i>	70.4	14.2	4	18938.0	2580.2	1218.1
<i>Scarus coelestinus</i>	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Scarus coeruleus</i>	1.0	0	0	1582.0	0.0	0.0
<i>Scarus guacamaia</i>	0.8	0	0	2770.6	0.0	0.0
<i>Scarus iseri</i>	18.4	4.8	6	910.7	317.7	577.6
<i>Scarus taeniopterus</i>	27.0	16	39.8	2172.6	640.3	5785.7
<i>Scarus vetula</i>	6	0.6	5	1819,8	40.4	453.7
<i>Sparisoma atomarium</i>	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	9.4	4	9.4	938.1	189.3	1326.5
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	4.8	0.8	0.4	512.5	525.1	204.9
<i>Sparisoma radians</i>	1.6	0	0	292.4	0.0	0.0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	13.4	0	0	3277.1	0.0	0.0
<i>Sparisoma viride</i>	18.4	5.4	6.8	3149.2	607.4	1340.6

De manera general se observó que para todas las especies, excepto *S. taeniopterus* y *S. aurofrenatum*, la densidad de estos peces fue mayor dentro del AMP Parque (Pnnopml) que fuera de él (Provout) y que en San Andrés (Sanandr) (Tabla 4).

La prueba estadística de Kruskal-Wallis confirmó que la abundancia de peces herbívoros fue superior en el sitio dentro del AMP que en los otros dos sitios (chi-squared = 7.3417, df = 2, p-value = 0.03); al tiempo que las pruebas pareadas de Wilcoxon confirmaron que estas diferencias son significativas debido a la mayor abundancia de herbívoros entre PNN OPMBL y los otros dos sitios (Provout y Sanandr, p=0.04 y p=0.05, respectivamente), en este caso con Sanandr con valores de p=0.05, encontrándose en el umbral de la prueba con un 95 % de confianza se consideran igualmente significativas (Bonovas y Piovani, 2023); contrario a esto, no se encontraron diferencias significativas entre los sitios sin la protección del AMP (p=0.88).

La biomasa de peces herbívoros también presentó diferencias significativas según la prueba

estadística de Kruskal-Wallis (chi-squared=9.0055, df = 2, p-value = 0.01108), mostrando la misma tendencia que la abundancia. La biomasa de peces herbívoros fue contundentemente mayor en el sitio dentro del AMP (PNN OPMBL) que en los otros dos sitios (Provout y Sanandr, p=0.02 y p=0.03, respectivamente), sin encontrarse diferencias significativas entre los sitios sin la protección del AMP (p=0.67).

En la Tabla 4 se observa que la densidad y biomasa de peces cirujanos (Acanthuridae) registrada en la estación dentro del Parque (PNN OPMBL), además de ser superior a las otras dos estaciones, fue también mayor que la registrada en el Parque Nacional Arrecife Alacranes de México, según un estudio que evaluó la estructura y composición de peces herbívoros en dicha AMP, que conforma la estructura coralina más grande del golfo de México (Hernández-Landa y Aguilar-Perera, 2019).

Desde el punto de vista trófico las tres especies de peces cirujano (Acanthuridae) con distribución en el Caribe, junto a los peces loro, contribuyen a modular la abundancia de macroalgas y regulan

la aparición de tapetes algales durante sucesiones en entornos arrecifales con perturbación (Durán, Adam, Palma, Moreno, Collado-Vides y Burkepile, 2019), por lo que son también importantes para la resiliencia de arrecifes coralinos, que son objetos de conservación del PNN OPMBL y la base natural para otras especies de peces.

El papel que cumplen AMP, como el PNN OPMBL, destaca su importancia para la protección de especies amenazadas de peces y de herbívoros importantes para la resiliencia de los arrecifes de coral. De esta manera, el fortalecimiento de las estrategias de manejo en el parque y su replicabilidad a otras áreas de la RBS son importantes no solo para la biodiversidad íctica, sino también para la resiliencia de los arrecifes de coral, la soberanía, la seguridad alimentaria y el bienestar de las poblaciones de isleños y la comunidad raizal del Archipiélago. El control de la pesca ilegal y sobrepesca, así como esfuerzos para fortalecer hábitats de arrecifes de coral, manglares y pastos marinos son también importantes estrategias de manejo para proteger la biodiversidad marina y el bienestar humano en territorios insulares que depende de sus servicios ecosistémicos (Mumby *et al.*, 2014; Prato y Newball, 2016; Harvey, Nash, Blanchard y Edwards, 2018).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que en el sitio de muestreo ubicado dentro del AMP PNN OPMBL la abundancia, la biomasa y la riqueza de especies de peces en general, y en particular de especies de peces amenazadas, fue mayor comparado con los sitios por fuera del AMP en Providencia y San Andrés.

La presencia y mayor abundancia de especies amenazadas y comerciales como meros y chernas de las especies *Epinephelus striatus*, *Mycteroperca bonaci* y *M. tigris*, dentro del AMP Parque Nacional no solo destaca su relevancia para la conservación de la biodiversidad, sino también potencial de beneficios socioeconómicos y para la soberanía alimenticia en el territorio insular.

La biomasa y presencia de especies de peces herbívoros, incluyendo especies de peces loro de tallas grandes, algunas de ellas en categorías de amenaza de extinción, como *S. coeruleus* (EN),

*S. guacamaia* (EN), *S. vetula* (NT) y *Sparisoma viride* (NT), fue mayor dentro del sitio evaluado en el AMP; así también fue mayor la biomasa de otros herbívoros importantes como los peces cirujanos (Acanthuridae), dentro del Parque Nacional, destacando su importancia para la conservación de la biodiversidad de especies clave para la resiliencia de arrecifes de coral, por su reconocida función de herbívora para el control de macroalgas.

Esta investigación presenta evidencias de la importancia del PNNO PMBL para protección de la biodiversidad íctica en especial de especies amenazadas para el Caribe y Colombia, así como de los objetos de conservación propios del AMP Parque Nacional y contribuye de esta manera con argumentos científicos que motivan a fortalecer las estrategias de manejo en el AMP como ejemplo para la RBS, de manera que se siga fortaleciendo su función de protección de la biodiversidad y la cultura raizal, contribuyendo a la seguridad alimentaria y el bienestar humano en el territorio insular.

## AGRADECIMIENTOS

A la UNAL - Sede Caribe, Proyecto: 'Valoración de servicios ecosistémicos y diversidad biológica de los arrecifes de coral en los alrededores de las islas de Providencia y Santa Catalina, Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe colombiano'; a la Expedición Seaflower 2019; a Colciencias, beca estudiante doctoral nacional conv. 757 JPratoV; a CEMarin, por la financiación mediante 'Call 14' del proyecto: '*Relationships between coral reef complexity and ecosystem services at Caribbean oceanic islands, Seaflower Biosphere Reserve, Colombia*', y financiación del joven investigador CEMarin, JPratoV.

Especiales agradecimientos a la Expedición Seaflower y sus organizadores logísticos: CCO, Armada de Colombia, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), PNN McBean Lagoon, a la Dra. Marcela Cano y equipo de trabajo UNAL - Sede Caribe expedición: Dra. Brigitte Gavio, Arnold Hudson, Violeta Posada, Luisa Posada; capitanes de lancha y tripulación del ARC "Providencia". A la comunidad raizal e isleña del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Este artículo es la Contribución 578 del Programa de Posgrado en Ciencias-Biología, Línea Biología Marina del Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (Cecimar), UNAL - Sede Caribe; programa y maestros a quienes se agradece por su apoyo en la formación doctoral de los estudiantes Julián Prato y a nivel de maestría de Diana Castaño Giraldo y John Carvajal.

## FUENTE FINANCIADORA

Esta investigación se desarrolló gracias al apoyo y financiación de la UNAL - Sede Caribe, con el respaldo al proyecto 'Valoración de servicios ecosistémicos y diversidad biológica de los arrecifes de coral en los alrededores de las islas de Providencia y Santa Catalina, Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe colombiano'; a la Expedición Seaflower 2019, liderado por la CCO; a Colciencias Beca estudiante doctoral nacional conv. 757 JPratoV; al CEMarin por la financiación del joven investigador CEMarin Julián Prato Valderrama.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: J. P. V. y J. C.; metodología: J. P. V., D. C., A. S. M. y J. C.; software: J. P. V.; validación: J. P. V.; análisis: J. P. V. y J. C.; investigación: J. P. V., A. S. M., J. C. y D. C.; recursos: A. S. M.; curación de datos: J. P. V., J. C.; redacción-preparación del borrador original: J. P. V., A. S. M., D. C. y J. C.; redacción-revisión y edición: J. P. V.; administración del proyecto: A. S. M. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril-Howard, A.; Bolaños-Cubillos, N.; Bent-Hooker, H. (2010). *Expedición científica de recolección de datos biológicos a Serrana, Roncador y primera aproximación al conocimiento de las comunidades coralina e íctica de los complejos arrecifales de Serranilla, bajo Alicia y bajo Nuevo-Colombia, sección norte de la Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe occidental*. Informe Técnico Subdirección Gestión Ambiental – Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. San Andrés. 105 pp.

Acero, P.; Bent-Hooker, A. H.; Maya, M. F.; Santos-Martínez, A.; Sierra Roza, O. (2011). *Informe Expedición a los bancos del norte: Quitasueño, Roncador y Serrana. Componente ictiofauna asociada a corales y pastos. Riqueza, abundancia y diversidad íctica en los bancos Quitasueño, Roncador y Serrana, norte del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina–RB Seaflower*. Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, San Andrés. 32 pp.

Adam, T. C.; Schmitt, R. J.; Holbrook, S. J.; Edmunds, P. J.; Carpenter, R. C.; Bernardi, G. (2011). *Herbivory, connectivity, and ecosystem resilience: response of a coral reef to a large-scale perturbation*. PLoS One 6, e23717. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023717>

Bellwood, D. R. (1996). Production and reworking of sediment by parrotfishes (family Scaridae) on the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Biology*, 125, 795-800. <https://doi.org/10.1007/BF00349262>

Bent Hooker, H.; Abril-Howard, A.; Bolaños-Cubillos, N.; Taylor-Jay, E. (2012). Abundancia de peces en los complejos arrecifales de Serranilla, bajo Alicia y bajo Nuevo, Reserva de Biósfera Seaflower de Colombia. *Rev. Mar., Cost.* 4: 33-49. <https://doi.org/10.15359/revmar.4.2>

Bolaños-Cubillos, N. (2006). *Variaciones espaciales y temporales en la estructura de la comunidad de peces arrecifales de la isla de San Andrés y su relación con el estado de los arrecifes*. Tesis biología, Univ. del Valle, Cali. 67 pp.

Bolaños-Cubillos, N.; Abril-Howard, A.; Bent-Hooker, H.; Caldas, J. P.; Acero P., A. (2015). Lista de peces conocidos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe Occidental colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 44(1): 127-162. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2015.44.1.24>

Bolaños-Cubillos, N.; Bent, H.; Abril, A.; Sánchez, C.; Howard, N.; Taylor, E. (2010). Riqueza y abundancia íctica de los complejos arrecifales de Serranilla, bajo Alicia y Bajo Nuevo, Reserva de Biósfera Seaflower. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.*, 63:531-532.

- Bonaldo, R.; Hoey, A.; Bellwood, D. (2014). The ecosystem roles of parrotfishes on tropical reefs. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 52, 81-132. <https://doi.org/10.1201/b17143-3>
- Bonovas, S.; Piovani, D. (2023). On p-Values and Statistical Significance. *J. Clin. Med.*, 12, 900. <https://doi.org/10.3390/jcm12030900>
- Bruckner, A. (2012). *Global Reef Expedition: San Andrés Archipelago, Colombia*. Field Report. April 9-24, 2012. Khaled bin Sultan Living Oceans Foundation, Landover, EE. UU. 52 pp.
- Bruggemann, J. H.; Van Kessel, A. M.; Van Rooij, J. M.; Breeman, A. M. (1996). Bioerosion and sediment ingestion by the Caribbean parrotfish *Scarus vetula* and *Sparisoma viride*: implications of size, feeding mode and habitat use. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 134, 59-71. <https://doi.org/10.3354/meps134059>
- Burke, L.; Reynter, K.; Spalding, M.; Perry, A. (2011). *Reefs at Risk Revisited*. WRI, Washington, 114 pp.
- Cano, M.; Ward, V.; Posada, S. (2007). *Inventario y caracterización general de la actividad pesquera artesanal y de subsistencia del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon*. Proyecto manejo y conservación de los recursos hidrobiológicos de las áreas protegidas de la costa Atlántica colombiana: PNN Old Providence McBean Lagoon. Informe técnico, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales Naturales de Colombia. Islas de Providencia y Santa Catalina, 37 pp.
- Castañó, D.; Morales-de-Anda, D.; Prato, J.; Cupul-Magaña, A. L.; Echeverry, J. P.; Santos-Martínez, A. (2021). Reef Structural Complexity Influences Fish Community Metrics on a Remote Oceanic Island: Serranilla Island, Seaflower Biosphere Reserve, Colombia. *Oceans*, 2, 611-623. <https://doi.org/10.3390/oceans2030034>
- Castañó, D. (2024). *Estructura y función de peces herbívoros, Scaridae, en zonas arrecifales de San Andrés, una isla oceánica en el Caribe*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe. 52 pp.
- Chasqui, L.; Polanco F., A.; Acero P., A.; Mejía-Falla, P. A.; Navia, A.; Zapata, L. A.; Caldas, J. P. (Eds.). (2017). *Libro rojo de peces marinos de Colombia*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Serie de Publicaciones Generales de Invemar N°. 93. Santa Marta, Colombia, 552 pp.
- Durán, A.; Adam, T. C.; Palma, L.; Moreno, S.; Collado-Vides, L.; Burkepile, D. (2019). Feeding behavior in Caribbean surgeonfishes varies across fish size, algal abundance, and habitat characteristics. *Mar. Ecol.*, 40(4), e12561. <https://doi.org/10.1111/maec.12561>
- Escobar, F.; Viloria, E.; Girón, A.; Rueda, M. (2019). Causas y tensiones del cambio en los ecosistemas marinos y costeros y sus servicios: indicadores de presión - Capítulo III (Pp. 77-95). En: Invemar: *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2018*. Serie de Publicaciones Periódicas N°. 3. Santa Marta, 200 pp.
- Gardner, T. A.; Côté, I. M.; Gill, J. A.; Grant, A.; Watkinson, A. R. (2003). Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Sci.* 301(5635), 958-960. <https://doi.org/10.1126/science.1086050>
- Harvey, B.; Nash, K.; Blanchard, J.; Edwards, D. (2018). Ecosystem-based management of coral reefs under climate change. *Ecology and Evolution*, 8, 6354 - 6368. <https://doi.org/10.1002/ece3.4146>
- Hernández-Landa, R. C.; Aguilar-Perera, A. (2019). Structure and composition of surgeonfish (Acanthuridae) and parrotfish (Labridae: Scarinae) assemblages in the south of the Parque Nacional Arrecife Alacranes, southern Gulf of Mexico. *Mar. Biodiv.*, 49(2), 647-662. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0841-x>
- Holbrook, S. J.; Schmitt, R. J.; Adam, T. C.; Brooks, A. J. (2016). Coral reef resilience, tipping points and the strength of herbivory. *Sci. Rep.*, 6(1): 1-11. <https://doi.org/10.1038/srep35817>
- Jackson, J. B. C. (1997). Reefs since Columbus. *Coral Reefs* 16, S23-S32. <https://doi.org/10.1007/s003380050238>

- Martínez-Viloria, H. M.; Franke-Ante, R.; Saldaña-Pérez, P.; Cano Correa, M.; Angarita-Jiménez, L. E.; García-Llano, C.; Martínez-Whisgman, L.; Castro, A.; Posada, S.; Gómez, C.; Bruges, E.; Narváez-Barandica, J. C.; Viloria-Maestre, E.; López-Anaya, C. (2014). Caracterización del uso y aprovechamiento de recursos hidrobiológicos en áreas protegidas de Parques Nacionales Naturales en el Caribe de Colombia. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 43(2): 277-306. <https://doi.org/10.25268/bimc.invenmar.2014.43.2.3>
- Mumby, P. J.; Flower, J.; Chollett, I.; Stephen, J. B.; Yves-Marie, B.; Fitzsimmons, C. (2014). *Hacia la resiliencia del arrecife y medios de vida sustentables: un manual para los administradores de arrecifes de coral del Caribe*. Exeter: University of Exeter, 172 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018*. FAO. Roma, 253 pp.
- Pauly, D. (2010). *Five Easy Pieces: How Fishing Impacts Marine Ecosystems*. Island Press, Washington, D. C., 193 pp.
- Pauly, D.; Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nat Commun*, 7 (10244): 1-9. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>
- Pauly, D.; Alder, J.; Bennett, E.; Christensen, V.; Tyedmers, P.; Watson, R. (2003). The Future for Fisheries. *Science* 302: 1359–1361. <https://doi.org/10.1126/science.1088667>
- Plass-Johnson, J.; Ferse, S.; Jompa, J.; Wild, C.; Teichberg, M. (2015). Fish herbivory as key ecological function in a heavily degraded coral reef system. *Limnol. Oceanogr.*, 00, 00–00 VC 2015 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography. <https://doi.org/10.1002/lno.10105>
- Prato, J.; Newball, R. (2016). *Aproximación a la valoración económica ambiental del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – Reserva de la Biósfera Seaflower*. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano- Secco, Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - Coralina. Bogotá, 170 534 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente . (2019). *Con el 15 % de las áreas terrestres y el 7 % de las áreas marinas protegidas, el mundo está en vías de cumplir metas de conservación*. PNUMA. <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/con-el-15-de-las-areas-terrestres-y-el-7-de-las-areas>
- Rivas, N. P. A.; Tavera, J. (2022). Spatial variation of parrotfish assemblages at oceanic islands in the western Caribbean: evidence of indirect effects of fishing?. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.14178>
- Roberts, C.; Bohnsack, J. A.; Gell, F.; Hawkins, J. P.; Goodridge, R. (2001). Effects of Marine Reserves on Adjacent Fisheries. *Science*, 294(5548): 1920-1923. <https://doi.org/10.1126/science.294.5548.1920>
- Rueda, M.; Escobar, F. D.; Viloria, E.; Viaña, J.; Girón, A.; Álvarez, J.; Garcés, O.; Bayona, M. R.; Vivas-Aguas, L. J.; Arbeláez, N.; Franco, J. C. (2018). Causas y tensiones del cambio en los ecosistemas marinos y costeros y sus servicios: indicadores de presión. (Pp. 73-123). En: *Invenmar. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2017*. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta, 180 pp.
- Santos-Martínez, A.; Rojas Archbold, A. (2019a). Los recursos pesqueros ícticos de la Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe colombiano: propuestas para la sustentabilidad ambiental. 2019. XV Congreso Colombiano de Ictiología y VI Encuentro de Ictiólogos Suramericanos, del 17 al 19 de Julio de 2019, Medellín – Colombia. Memorias del XV Congreso Colombiano de Ictiología. DAHLIA. *Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* N°. 14: 242-243.
- Santos-Martínez, A.; Castaño Giraldo, D.; Morales-de-Anda, E.; Prato, J. A.; Echeverry-Hernández, J. P.; Cupul-Magaña, A. L. (2019b). *La comunidad de peces en medio de la complejidad estructural arrecifal en la Isla Cayos de Serranilla, Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe Colombiano*. XVIII Seminario

- Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar – Senalmar, octubre 22 al 25 de 2019, Barranquilla Colombia, Libro Memorias, 44 a 45.
- Sierra-Rozo, O.; Santos-Martínez, A.; Acero P., A. (2012). Prospección ecológica del manglar y praderas marinas como hábitats de cría para peces arrecifales en San Andrés isla, Caribe insular colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 41(2): 375-398.
- Vallés, H.; Oxenford, H. A. (2014). *Parrotfish size: a simple yet useful alternative indicator of fishing effects on Caribbean reefs?*. PLoS One, 20;9(1):e86291. PMID: 24466009; PMCID: PMC3896469. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086291>
- Vega-Sequeda, J.; Díaz-Sánchez, C. M.; Gómez-Campo, K.; López-Londoño, T.; Díaz-Ruiz, M.; Gómez-López, D. I. (2015). Biodiversidad marina en los cayos del norte de la Reserva de Biósfera Seaflower: bajo Nuevo, Bajo Alicia y cayo Serranilla. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 44 (1): 199-224. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2015.44.1.27>
- World Wildlife Fund. (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/Centroamérica, 81 pp.
- Worm, B.; Barbier, E. B.; Beaumont, N.; Duffy, J. E.; Folke, C.; Halpern, B. S.; Jackson, J. B. C.; Lotze, H. K.; Micheli, F.; Palumbi, S. R.; Sala, E.; Selkoe, K. A.; Stachowicz, J. J.; Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314(3): 787 – 790. <https://doi.org/10.1126/science.1132294>