

Ictiofauna asociada a ambientes coralinos mesofóticos, usando video remoto de bajo costo en el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, Caribe colombiano

Ichthyofauna associated with mesophotic coral environments, using low-cost remote video from Corales de Profundidad National Natural Park, Colombian Caribbean Sea

Milena Benavides-Serrato¹, Alejandro Henao-Castro² y Milena Marrugo³

¹Grupo de Investigación Fauna Marina Colombiana: Biodiversidad y Usos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe, Instituto de Estudios en Ciencias del Mar - CECIMAR, Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero, Rodadero, Santa Marta, Colombia

²Grupo de Investigación de Biología Descriptiva y Aplicada, Programa de Biología, Universidad de Cartagena, Colombia

³Investigador Independiente, Cartagena, Colombia

*Autor corresponsal: mbenavides@unal.edu.co

Abstract. The fish community inhabiting mesophotic coral ecosystems (MCE) at Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP), Colombian Caribbean Sea was described. Most of the species (89%) are common in shallow reef environments of an adjacent Marine Protected Area. *Halichoeres maculipinna*, *Prognathodes aculeatus*, *Serranus luciopercanus* and *Lactophrys trigonus* were recorded for the first time at CPNNP. The healthy and highly resilient characteristics of MCE is confirmed with the taxonomic composition of the found fishes. The information presented in this study provides data and techniques that help to complement the baseline of fish's assemblages associated with mesophotic coral ecosystems in the Colombian Caribbean Sea.

Key words: Mesophotic coral ecosystems, reef fish community, deep-sea corals, marine protected area

INTRODUCCIÓN

Existen zonas de transición llamadas ecosistemas coralinos mesofóticos (ECM) entre los 30 y 150 m de profundidad, donde se presenta una conectividad física, biológica y química entre ambientes marinos someros y profundos, considerados zonas de refugio (Eyal & Pinheiro 2020).

En el Indo-Pacífico y en el océano Atlántico occidental tropical, se ha evidenciado que el 76% de las especies de peces de aguas someras están presentes en zonas mesofóticas, desde los 30 a 60 m de profundidad (Kahng *et al.* 2017). A profundidades más pronunciadas (60-150 m), la presencia de especies típicas de ambientes mesofóticos es notable (Thresher & Colin 1986, Bejarano *et al.* 2014, Rosa *et al.* 2015, Pinheiro *et al.* 2016). Adicionalmente, según Riegl & Piller (2003) el manejo de comunidades de peces en los

ECM es importante para mantener pesquerías saludables y una biodiversidad regional y local estable, por lo que un mejor conocimiento de los peces que viven en estos ambientes es fundamental. A pesar de lo anterior, las comunidades ícticas en los ECM continúan siendo poco estudiadas, debido, entre otras razones, a limitaciones tecnológicas y económicas.

En los ECM del Caribe colombiano se están adelantando esfuerzos de investigación, tales como las zonas insulares San Andrés y Providencia (González-Zapata *et al.* 2018, Sánchez *et al.* 2019, Chasqui *et al.* 2020, Mejía-Quintero *et al.* 2022) y El Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCP) en la plataforma continental (Cedeño-Posso *et al.* 2015¹, Henao-Castro *et al.* 2016, 2019²; González-Zapata *et al.* 2018, Chasqui-Velasco & González-Corredor 2019, Contreras-Vega *et al.* 2020, 2021a, b; Criales-Hernández *et*

¹Cedeño-Posso C, D Alonso-Carvajal, M Vides, V Rocha, D Morales, M Bastidas, JC Aguirre, L Chasqui, D Ballesteros, A Henao, M Marrugo, C Martínez, R Preziosi & L Barrios. 2015. Caracterización de las comunidades coralinas del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad en el Caribe colombiano: una aproximación a la conservación de su biodiversidad. Informe Técnico Final, INVEMAR, PNN, U. Manchester y ANH. Convenio Interinstitucional 291-14 INVEMAR y Agencia Nacional de Hidrocarburos, Santa Marta, 215 pp.

²Henao-Castro A, M Rojas, MP Marrugo-Pascuales, MP Molina, MJ Sanabria, L Barrios & R Preziosi. 2019. Estudio preliminar del ensamble de peces mesofóticos como herramienta para el monitoreo del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad. En: Resúmenes V Congreso Colombiano de Zoología, Asociación Colombiana de Zoología, Bogotá. <<http://vccz.aczcolombia.org/wp-content/uploads/2019/02/resumenes.pdf>>



al. 2021, García 2021). Se ha encontrado una alta diversidad íctica alrededor del PNNCPR, por lo cual se considera un hábitat crítico para protección y sostenibilidad de los recursos pesqueros (Paramo *et al.* 2012). Adicionalmente, en el PNNCPR, se han obtenido los primeros registros de la comunidad de peces empleando vehículos operados remotamente -ROV (Cedeño-Posso *et al.* 2015)¹ y buceo de circuito cerrado o “rebreathers” (CCR por las siglas en inglés de “closed circuit rebreather”) (Sánchez *et al.* 2016, Chasqui-Velasco & González-Corredor 2019). No obstante, estas metodologías resultan poco costo-efectivas y requieren un gran esfuerzo logístico, razón por la cual el estudio de la comunidad íctica en ambientes mesofóticos continúa siendo insuficiente. Por lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue realizar una descripción de las especies de la ictiofauna asociada a un ECM del PNNCPR a partir del uso de un dispositivo de bajo costo de video remoto con carnada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el sector norte del PNNCPR, en dos regiones geomorfológicas de arrecifes mesofóticos, Bajo Frijol (con la menor profundidad del Parque) y Bajo Calamarí (Herradura), ubicados entre las coordenadas 9°43'16,591"-10°7'30,277"N y 76°0'16,254"-76°17'41,091"O, zonas que forman parte de la cuenca del gran Caribe colombiano (Tabla 1; Fig. 1).

Tabla 1. Zonas de observación de las especies de peces asociados a ambientes mesofóticos presentes en el Bajo Calamarí y Bajo Frijol, Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR), Caribe colombiano. El registro de especies se realizó por medio de un dispositivo de video remoto con carnada (Fig. 2) / Observation zones for fish species associated to mesophotic environments present in Bajo Calamarí and Bajo Frijol, Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP), Colombian Caribbean Sea. Species record was accomplished by a remote video device with bait (Fig. 2)

Zonas de muestreo	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
Zona 1-Bajo Calamarí	10°7'1,15"N	76°0'27,08"O	81
Zona 2-Bajo Frijol	10°4'34,99"N	76°2'7,48"O	66
Zona 3-Bajo Frijol	10°2'23,54"N	76°3'27,86"O	44

Con el fin de conocer la comunidad de peces asociada a los ECM del PNNCPR, y a partir de revisión de literatura (Langlois *et al.* 2006, Andradi-Brown *et al.* 2016, Navarro-Martínez *et al.* 2017, Castelblanco-Martínez *et al.* 2019) se construyó un dispositivo de video remoto con carnada (DVRC) de bajo costo (Fig. 2). El muestreo se realizó en junio de 2018 en tres zonas diferentes del PNNCPR, una sobre Bajo Calamarí y dos sobre Bajo Frijol, en profundidades que variaron entre los 44 y 81 m (Fig. 1). Se realizaron tres videos, el primero (Zona 1) tuvo una duración de 00:32:57 h, el segundo (Zona 2) de 00:45:27 h y el tercero (Zona 3) de 00:28:47 h.

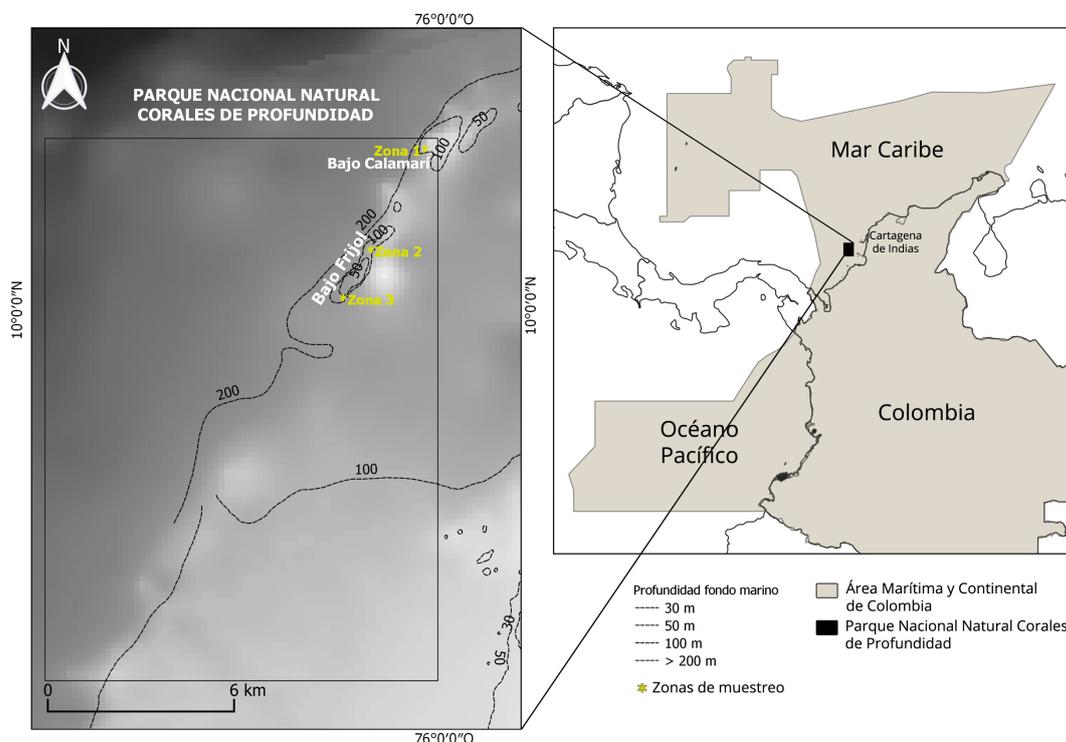


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR) y las tres zonas de muestreo (ver Tabla 1). Mapa elaborado por Christian Michael Díaz Sánchez / Location of the Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP) and three sampling zones (see Table 1). Map prepared by Christian Michael Díaz Sánchez

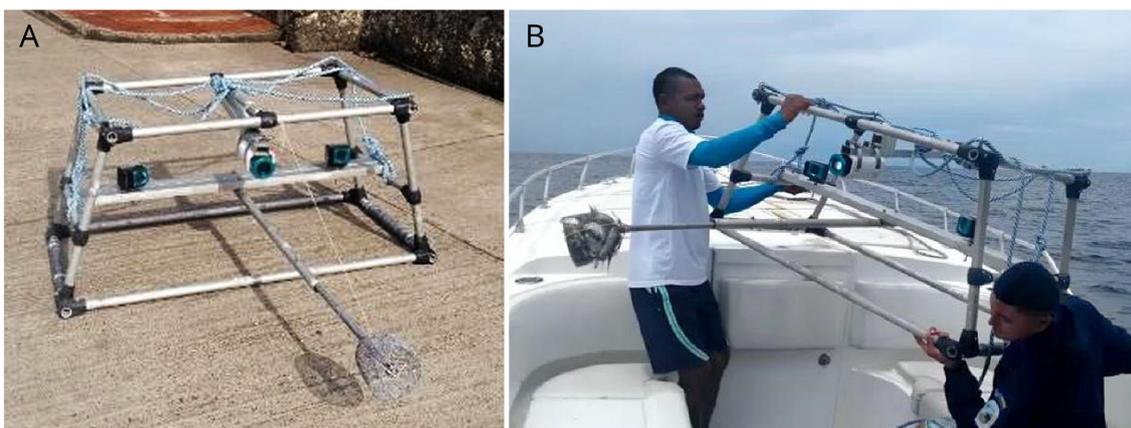


Figura 2. Dispositivo de video remoto con carnada (DVRC) de bajo costo construido por el equipo del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR) tomado de Andradi-Brown *et al.* 2016 y Castelblanco-Martínez *et al.* 2019. A) Dispositivo finalizado. B) Lanzamiento del dispositivo en las zonas de muestreo de ambientes mesofóticos en Bajo Calamarí y Bajo Frijol, Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR), Caribe colombiano / Low cost remote video bait device (DVRC in Spanish) built by Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP) team, modified from Andradi-Brown *et al.* 2016 and Castelblanco-Martínez *et al.* 2019. A) Device finished. B) Device launch in sampling areas of the mesophotic environments in the Bajo Calamarí and Bajo Frijol, Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP), Colombian Caribbean Sea

Los videos obtenidos fueron revisados con el software gratuito VideoPad Video Editor 3.8 (©NCH Software). Para la identificación taxonómica de los peces observados se consultaron guías especializadas siguiendo el Catálogo de Peces de Eschmeyer (Fricke *et al.* 2020) y la guía de peces en línea de Robertson *et al.* (2015). Las especies fueron confirmadas por el experto taxónomo PhD. Arturo Acero³. Adicionalmente, las especies se clasificaron de acuerdo con su hábito trófico, formando cuatro grupos funcionales (carnívoros, herbívoros, omnívoros y planctívoros), basándose en información obtenida en FishBase (Froese & Pauly 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 137 individuos de peces pertenecientes a 12 familias y 19 especies, de los cuales se registran 4 especies por primera vez para el área marina protegida (AMP): *Halichoeres maculipinna* (Müller & Troschel, 1848), *Prognathodes aculeatus* (Poey, 1860), *Serranus lucioperanus* Poey, 1852 y *Lactophrys trigonus* (Linnaeus, 1758). Cada zona presentó

especies exclusivas, tres para la Zona 1 (81 m), una en la Zona 2 (66 m) y siete en la Zona 3 (44 m). Contrastando con lo anterior, se observaron cuatro especies comunes en las tres profundidades: *Chaetodon sedentarius* Poey, 1860, *Chromis insolata* (Cuvier, 1830), *Canthigaster jamestylei* Moura & Castro, 2002 y *Halichoeres garnoti* (Valenciennes, 1839) (Tabla 2). La riqueza taxonómica fue mayor en la Zona 3 (S= 14) y menor en la Zona 2 (S= 6).

Desde el punto de vista taxonómico, la mayoría de las especies encontradas (89%) resultan comunes en arrecifes someros presentes en un AMP adyacente, el Parque Nacional Natural Los Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) (Polanco-Fernández & Acero-Pizarro 2011, Acosta *et al.* 2018, González-Corredor *et al.* 2018). Asimismo, el 78% de las especies han sido registradas para el PNNCPR (Sánchez *et al.* 2016, Chasqui-Velasco & González-Corredor 2019) y todas han sido encontradas en estudios realizados en otros ECM del resto del Caribe (Parker & Ross 1986, Dennis & Bright 1988, Bryan *et al.* 2013, Bejarano *et al.* 2014), a excepción de *Lactophrys trigonus*.

³Arturo Acero Pizarro, Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia, CECIMAR, Sede Caribe. aacerop@unal.edu.co.

Tabla 2. Lista de especies de peces asociados a ambientes mesofóticos de Bajo Calamarí y Bajo Frijol, Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR), Caribe colombiano. Las especies fueron registradas por medio de un dispositivo de video remoto con carnada / Fish species list associated to mesophotic environments of Bajo Calamarí and Bajo Frijol, Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP), Colombian Caribbean Sea. Species were recorded by a remote video device with bait

Familia	Género	Especie	Zona 1 (81 m)	Zona 2 (66 m)	Zona 3 (44 m)	T. Alim.	Registros anteriores dentro del PNNCPR
Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma</i>	<i>G. cirratum</i>			X	CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Holocentridae	<i>Holocentrus</i>	<i>H. adscensionis</i>	X			CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Carangidae	<i>Carangoides</i>	<i>C. bartholomaei</i>		X		CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Pomacentridae	<i>Chromis</i>	<i>C. cyanea</i>			X	PLAN	Sánchez <i>et al.</i> (2016), Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
		<i>C. insolata</i>	X	X	X	PLAN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
	<i>Stegastes</i>	<i>S. partitus</i>			X	OMNI	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Malacanthidae	<i>Malacanthus</i>	<i>M. plumieri</i>	X		X	CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Pomacanthidae	<i>Centropyge</i>	<i>C. argi</i>		X	X	HERB	Sánchez <i>et al.</i> (2016)
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>H. garnoti</i>	X	X	X	CARN	Sánchez <i>et al.</i> (2016), Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
		<i>H. maculipinna</i>			X	CARN	Este estudio
	<i>Thalassoma</i>	<i>T. bifasciatum</i>	X		X	CARN	Sánchez <i>et al.</i> (2016), Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Chaetodontidae	<i>Prognathodes</i>	<i>P. aculeatus</i>	X			CARN	Este estudio
	<i>Chaetodon</i>	<i>C. sedentarius</i>	X	X	X	CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>C. jamestyleri</i>	X	X	X	CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Balistidae	<i>Canthidermis</i>	<i>C. sufflamen</i>			X	PLAN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
Serranidae	<i>Mycteroperca</i>	<i>M. venenosa</i>			X	CARN	Chasqui-Velasco & González-Corredor (2019)
	<i>Serranus</i>	<i>S. luciopercanus</i>	X		X	CARN	Este estudio
	<i>Liopropoma</i>	<i>Liopropoma</i> sp.	X			CARN	--
Ostraciidae	<i>Lactophrys</i>	<i>L. trigonus</i>			X	OMNI	Este estudio

T. Alim: Tipo de alimentación. CARN: Carnívoro. PLAN: Planctívoro. OMNI: Omnívoro. HERB: Herbívoro

Además de *L. trigonus*, tres especies se registran por primera vez para el área de estudio: *Serranus luciopercanus*, registrada por Bejarano *et al.* (2014) para los ECM en La Parguera, Puerto Rico; *Halichoeres maculipinna*, especie que vive en arrecifes coralinos someros del PNNCRSB (Acosta *et al.* 2018, González-Corredor *et al.* 2018) y su presencia en otros ECM para la región Caribe es escasa (Parker & Ross 1986, Dennis & Bright 1988). Finalmente, *Prognathodes aculeatus* ha sido catalogada como “rara” por su bajo número de avistamientos, tanto en ambientes coralinos someros como profundos (Bejarano *et al.* 2014, González-Corredor *et al.* 2018).

Por otro lado, se observó a *Mycteroperca venenosa* (Linnaeus, 1758), un serránido amenazado (VU) por sobrepesca y por deterioro de su hábitat (Bent-Hooker *et al.* 2017). Su presencia en el PNNCPR sugiere la importancia de este sitio como un refugio alternativo para especies que probablemente se están desplazando a áreas más profundas para su sobrevivencia. Según García-Sais *et al.* (2004), Feitoza *et al.* (2005) y Bejarano *et al.* (2014), los ECM pueden representar puentes para peces comerciales amenazados por sobrepesca de zonas más someras.

La especie *Chromis insolata* se encontró en las tres zonas estudiadas, lo que es acorde con lo observado en otros ECM caracterizados en la región Caribe (Parker & Ross 1986, Bejarano *et al.* 2014). El alto número de individuos de *Carangoides bartholomaei* a 66 m de profundidad en este estudio, se puede interpretar como un registro puntual. Aunque ésta especie es abundante y frecuente en arrecifes coralinos someros adyacentes al área (Polanco-Fernández & Acero-Pizarro 2011, Acosta *et al.* 2018, González-Corredor *et al.* 2018), su avistamiento en otros ECM de la región es ocasional o rara (Parker & Ross 1986, Dennis & Bright 1988, Bryan *et al.* 2013, Bejarano *et al.* 2014).

Los resultados obtenidos a nivel taxonómico permiten evidenciar la variación de especies en las zonas estudiadas. Aquellas que se presentaron únicamente en la Zona 3 son especies abundantes y comunes en áreas coralinas someras adyacentes (Polanco-Fernández & Acero-Pizarro 2011, Acosta *et al.* 2018, González-Corredor *et al.* 2018), y a su vez, son especies raras o ausentes en otros ECM de la región Caribe (Parker & Ross 1986, Dennis & Bright 1988, Bryan *et al.* 2013). Estos resultados coinciden con lo mencionado por García-Sais (2010), quien establece que la parte superior de los ECM son zonas ecológicas de transición de las comunidades

de arrecifes de coral. Por el contrario, aquellas especies que se presentaron de manera exclusiva en las otras zonas estudiadas, denotan una mezcla entre un área de transición (Zona 2= 66 m) y una zona más profunda (Zona 1= 88 m).

Discriminando por hábito trófico (Fig. 3, Tabla 2), 13 especies dominaron el ensamblaje de los carnívoros, tres son planctívoras, dos omnívoras y una herbívora. La dominancia de especies carnívoras coincide con lo mencionado por el único informe, no publicado, sobre biodiversidad de ambientes mesofóticos específico para el PNNCPR que existe a la fecha (Sánchez *et al.* 2016). A su vez, resaltan la presencia de este grupo y de otra fauna observada propia de los ECM del PNNCPR como indicadores de arrecifes sanos y resilientes. Con este estudio se confirma la presencia de especies y familias de alto interés pesquero especialmente de la familia Serranidae, destacándose la presencia de depredadores como bravos, chernas y tiburones ya vistos en otros estudios realizados para el área (Sánchez *et al.* 2016, Chasqui-Velasco & González-Corredor 2019, Henao-Castro *et al.* 2019³, García 2021).

Debido a que este es un estudio pionero en Colombia, los resultados obtenidos se consideran línea base para futuras investigaciones que pretendan conocer los ensamblajes ícticos asociados a ECM en el Caribe colombiano, aportando al conocimiento de la ictiofauna asociada a ECM en el PNNCPR. Es necesario incrementar este tipo de estudios de manera continua en el PNNCPR con metodologías estandarizadas, lo cual permitirá realizar análisis comparativos con otros ECM. Aunque la metodología utilizada demostró ser costo-efectiva, puede haber un sesgo hacia especies carnívoras y omnívoras por el tipo de carnada utilizada, lo que hace necesario complementar los análisis con metodologías que permitan tener la misma oportunidad de muestreo sobre los herbívoros, como parte del ensamblaje de peces del PNNCPR.

Finalmente se concluye, con las especies encontradas, que el tipo de tecnología implementada en la observación de peces asociados a ambientes mesofóticos hace más eficiente y seguro su proceso de monitoreo, lo que permite generar un nuevo conocimiento sobre las especies que caracterizan el ecosistema. Sin embargo, se requiere complementar este tipo de investigaciones con el uso de tecnologías acústicas (Paramo & Roa 2003) y ópticas de última generación para el estudio de ecosistemas frágiles sin alteración del hábitat (Demer *et al.* 2021), para identificar y delimitar potenciales áreas de pesca, protección y conservación dentro y fuera del PNNCPR.

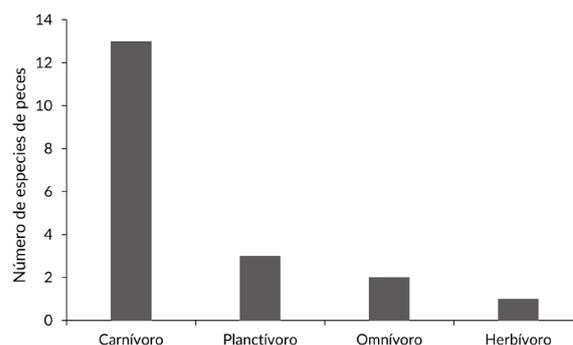


Figura 3. Número de especies de peces presentes (eje vertical) que representan los hábitos alimentarios encontrados (eje horizontal) en ambientes mesofóticos en Bajo Calamarí y Bajo Frijol, Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR), Caribe colombiano / Number of fish species (vertical axis) representing the food habits found (horizontal axis) in the mesophotic environments in Bajo Calamarí and Bajo Frijol, Corales de Profundidad National Natural Park (CPNNP), Colombian Caribbean Sea

Este trabajo constituye un aporte importante al conocimiento de la biodiversidad marina que compone el PNNCPR, un Área Marina Protegida que fue declarada hace una década. Los resultados generados son claves para entender la composición y distribución de la comunidad íctica en este ECM, insumos para el plan de manejo y el programa de monitoreo del Área Marina Protegida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al apoyo logístico y económico de Parques Nacionales Naturales de Colombia, y al Grupo de investigación Ecological Genetics and Conservation, Universidad Metropolitana de Manchester/ Plymouth University, especialmente al Profesor Richard Preziosi y a la Dra. Lina Barrios Gardelis. A Christian Díaz, por su apoyo en la elaboración del mapa. Al Programa de Guardaparques Voluntarios (GPV) de Parques Nacionales Naturales de Colombia, especialmente a la GPV Mirian Rojas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por su aporte en la ayuda en la identificación de las especies ícticas y a la GPV María José Sanabria, estudiante de la Universidad de Cartagena por sus aportes en la construcción del DVRC. Esta nota tiene como número de contribución 564 del Instituto de Estudios en Ciencias del Mar, CECIMAR, Universidad Nacional de Colombia.

LITERATURA CITADA

- Acosta A, JD González, R Navas & L Sánchez. 2018.** Monitoreo del estado de las formaciones coralinas y pastos marinos del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (sector San Bernardo). Años 2000-2017. Informe Técnico de Monitoreo Ecosistémico, INVEMAR, Santa Marta, 68 pp.
- Andradi-Brown DA, C Macaya-Solis, DA Exton, E Gress, G Wright & AD Rogers. 2016.** Assessing Caribbean shallow and mesophotic reef fish communities using baited-remote underwater video (BRUV) and diver-operated video (DOV) survey techniques. *PLoS ONE* 11(12): e0168235. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168235>>
- Bejarano I, RS Appeldoorn & M Nemeth. 2014.** Fishes associated with mesophotic coral ecosystems in La Parguera, Puerto Rico. *Coral Reefs* 33: 313-328. <<https://doi.org/10.1007/s00338-014-1125-6>>
- Bent-Hooker H, A Rojas-Archbold, N Bolaños-Cubillos, A Polanco-F & A Acero-P. 2017.** *Mycteroperca venenosa* (Linnaeus, 1758). En: Chasqui-Velasco L, A Polanco-F, A Acero-P, PA Mejía-Falla, A Navia, LA Zapata & JP Caldas (eds). Libro rojo de peces marinos de Colombia, pp. 246-249. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Serie de Publicaciones Generales de INVEMAR 93, Santa Marta.
- Bryan DR, K Kilfoyle, RG Gilmore Jr & RE Spieler. 2013.** Characterization of the mesophotic reef fish community in south Florida, USA. *Journal of Applied Ichthyology* 29(1): 108-117. <<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.02055.x>>
- Castelblanco-Martínez DN, MP Blanco-Parra, P Charrau, B Prezas, I Zamora-Vilchis & CA Niño-Torres. 2019.** Detecting, counting and following the giants of the sea: a review of monitoring methods for aquatic megavertebrates in the Caribbean. *BioOne* 46(7): 545-556. <<https://doi.org/10.1071/WR19008>>
- Chasqui-Velasco LH & JD González-Corredor. 2019.** Peces registrados en ambientes mesofóticos de Bajo Frijol, la porción más somera del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, usando buceo técnico CCR. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 48(1): 89-101. <<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2019.48.1.759>>
- Chasqui L, K Mejía-Quintero & JD González. 2020.** Biodiversity and ecological units of the mesophotic coral ecosystems in San Andrés Island, SeaFlower Biosphere Reserve. *Frontiers Marine Science* 7: 559273. <<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.559273>>
- Contreras-Vega L, A Henao-Castro, GR Navas-Suárez, MI Criales & M Marrugo-Pascuales. 2020.** Collecting device for zooplankton associated with mesophotic coral ecosystems. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 49 (Suppl. Esp.): 243-250. <<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1043>>
- Contreras-Vega L, A Henao-Castro & GR Navas-Suárez. 2021a.** Zooplankton distribution in a mesophotic corals reef habitat at Bajo Frijol seamount, Colombian Caribbean. *Universitas Scientiarum* 26(3): 281-300. <<https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC26-3.zdia>>
- Contreras-Vega L, A Henao-Castro & GR Navas-Suárez. 2021b.** Composición de la comunidad zooplanctónica asociada a arrecifes de corales mesofóticos en el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 45(176): 747-760. <<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1396>>
- Criales-Hernández MI, M Jerez-Guerrero, E Rodríguez-Rubio & M Benavides-Serrato. 2021.** Zooplankton community associated with mesophotic coral reefs in the Colombian Caribbean Sea. *Regional Studies in Marine Science* 45: 101843. <<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101843>>
- Demer DA, WL Michaels, T Algroy, LN Andersen, O Abril-Howard, B Binder, O Bolser, R Caillouet, MD Campbell, S Cambronero-Solano, E Castro-González, J Condiotty, J Egerton, VE González-Maynez, T Jarvis, M Mayorga-Martínez, J Paramo-Granados, C Roa, A Rojas-Archbold, J Sintura-Arango, JC Taylor, CH Thompson & H Villalobos. 2021.** Integrated optic-acoustic studies of reef fish: Report of the 2018 GCFI Field Study and Workshop. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-209: 1-61. <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/TMSPO209_0.pdf>
- Dennis GD & TJ Bright. 1988.** Reef fish assemblages on hard banks in the Northeastern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 43(2): 280-307.
- Eyal G & HT Pinheiro. 2020.** Mesophotic ecosystems: the link between shallow and deep-sea habitats. *Diversity* 12: 411. <<http://doi:10.3390/d12110411>>
- Feitoza BM, RS Rosa & LA Rocha. 2005.** Ecology and zoogeography of deep-reef fishes in northeastern Brazil. *Bulletin of Marine Science* 76(1): 725-742.
- Fricke R, WN Eschmeyer & R van der Laan. 2020.** Catalogue of fishes: genera, species, references. <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>
- Froese R & D Pauly. 2023.** FishBase. World Wide Web electronic publication. <www.fishbase.org>
- García CB. 2021.** Ictiofauna demersal profunda del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, Caribe Colombiano: primera aproximación a su biodiversidad. *Actualidades Biológicas* 43(114): 1-9. <[10.17533/udea.acbi.v43n114a02](https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v43n114a02)>
- García-Sais J. 2010.** Reef habitats and associated sessile-benthic and fish assemblages across a euphotic-mesophotic depth gradient in Isla Desecheo, Puerto Rico. *Coral Reefs* 29: 277-288. <<https://doi.org/10.1007/s00338-009-0582-9>>
- García-Sais JR, R Castro, J Sabater & M Carlo. 2004.** Monitoring of coral reef communities from Isla de Vieques, Puerto Rico, 108 pp. Final Report submitted to the Department of Natural and Environmental Resources (DNER), US Coral Reef National Monitoring Program, NOAA. <<http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/coral/publicaciones>>
- González-Corredor JD, AF Acosta-Chaparro, R Navas-Camacho & L Sánchez-Valencia. 2018.** Monitoreo del estado de los arrecifes de coral y pastos marinos del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (Sector Rosario): años 1998-2018, 83 pp. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Santa Marta.

- González-Zapata FL, P Bongaerts, C Ramírez-Portilla, B Adu-Oppong, G Walljasper, A Reyes & JA Sanchez. 2018.** Holobiont diversity in a reef-building coral over its entire depth range in the mesophotic zone. *Frontiers in Marine Science* 5: 29. <<https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00029>>
- Henao-Castro A, M Marrugo & MP Molina. 2016.** Invasión del pez león (*Pterois volitans*) en ecosistemas profundos del Caribe colombiano: Parque Nacional Natural Corales de Profundidad. *La Timonera* 25: 61-63.
- Kahng S, J Copus & D Wagner. 2017.** Mesophotic coral ecosystems. In: Rossi S (ed). *Marine animal forests: the ecology of benthic biodiversity hotspots*, pp. 855-886. Springer, Cham. <<https://doi.org/10.1007/978-3-319-17001-5>>
- Langlois T, P Chabenet, D Pelletier & E Harvey. 2006.** Baited underwater video for assessing reef fish populations in marine reserves. *Fisheries Newsletter-South Pacific Commission* 118: 53-57.
- Mejía-Quintero K, C Cedeño-Posso, S Millán & L Chasqui. 2022.** Mapping ecological units in mesophotic coral ecosystems of San Andrés Island (Southwestern Caribbean). *Diversity* 14: 679. <<https://doi.org/10.3390/d14080679>>
- Navarro-Martínez ZM, E De la Guardia, LV García-López & JA Angulo-Valdés. 2017.** Primeras experiencias con estéreo video operado por buzos para muestrear peces de arrecife en Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 37(1): 1-18.
- Paramo J & R Roa. 2003.** Acoustic-geostatistical assessment and habitat-abundance relations of small pelagic fish from the Colombian Caribbean. *Fisheries Research* 60: 309-319. <[https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00142-X](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00142-X)>
- Paramo J, M Wolff & U Saint-Paul. 2012.** Deep-sea fish assemblages in the Colombian Caribbean Sea. *Fisheries Research* 125-126: 87-98. <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.02.011>>
- Parker RO Jr & SW Ross. 1986.** Observing reef fishes from submersibles off North Carolina. *Gulf of Mexico Science* 8: 31-49. <<https://doi.org/10.18785/negs.0801.03>>
- Pinheiro HT, ME Goodbody-Gringley, ME Jessup, B Shepherd, AD Chequer & LA Rocha. 2016.** Upper and lower mesophotic coral reef fish communities evaluated by underwater visual censuses in two Caribbean locations. *Coral Reefs* 35: 139-151. <<https://doi.org/10.1007/s00338-015-1381-0>>
- Polanco-Fernández A & A Acero-Pizarro. 2011.** Peces. En: Zarza-González E (ed). *El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo*, pp. 226-245. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Cartagena.
- Riegl B & WE Piller. 2003.** Possible refugia for reefs in times of environmental stress. *International Journal of Earth Sciences* 92: 520-531. <<https://doi.org/10.1007/s00531-003-0328-9>>
- Robertson DR, EA Peña, JM Posada & R Claro. 2015.** Peces Costeros del Gran Caribe: Sistema de Información en Línea. Versión 1.0. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa. <<https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/pages>>
- Rosa MR, AC Alves, DV Medeiros, EOC Coni, CM Ferreira, BP Ferreira, RS Rosa, GM Amado-Filho, GH Pereira-Filho, RL de Moura, FL Thompson, PYG Sumida & RB Francini-Filho. 2015.** Mesophotic reef fish assemblages of the remote St. Peter and St. Paul's Archipelago, Mid-Atlantic Ridge, Brazil. *Coral Reefs* 35: 113-123. <<https://doi.org/10.1007/s00338-015-1368-x>>
- Sánchez JA, LF Dueñas, F González, M Gómez & J Andrade. 2016.** Primeras exploraciones en los arrecifes mesofóticos del PNN Corales de Profundidad mediante recirculadores (CCR-Trimix), Caribe colombiano. Informe Técnico, Biomar, Universidad de los Andes, Bogotá, 24 pp.
- Sánchez JA, FL González-Zapata, LF Dueñas, J Andrade, AL Pico-Vargas, DC Vergara, A Sarmiento & N Bolaños. 2019.** Corals in the mesophotic zone (40-115 m) at the Barrier Reef Complex from San Andrés Island (Southwestern Caribbean). *Frontiers in Marine Science* 6: 536. <[10.3389/fmars.2019.00536](https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00536)>
- Thresher RE & PL Colin. 1986.** Trophic structure, diversity and abundance of fishes of the deep reef (30-300 m) at Enewetak, Marshall Islands. *Bulletin of Marine Science* 38: 253-272.

Recibido el 14 de marzo 2022

Aceptado el 12 de abril 2023