

CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA BENTÓNICA DE PROFUNDIDAD DEL EXTREMO NORTE DEL CARIBE COLOMBIANO

CATALINA ARTEAGA-FLÓREZ ^{*1}, ELIANA BARRIOS-VÁSQUEZ ¹, SARA E. GUZMÁN-HENAO ¹, SANDRA PAREJA-ORTEGA ², ADIBE CÁRDENAS-OLIVA ¹, LEONEL FERNÁNDEZ-GÓMEZ ¹ & MARÍA MUTIS-MARTINEZGUERRA ³

¹ *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR, Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos, Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) – Makuriwa. Santa Marta, Colombia.*

**Autor de correspondencia catalina.arteaga@invemar.org.co, <https://0000-0001-6875-1415>*

eliana.barrios@invemar.org.co, <https://0000-0003-1850-9043>

saraeilyng@gmail.com, <https://0000-0001-7223-1404>

adi_carol@yahoo.com, <https://0000-0002-3592-2692>

leonel.fernandez@invemar.org.co, <https://0000-0002-1624-3205>

²*Centro de Investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California, México. Laboratorio de Arrecifes y biodiversidad. sammysp11@gmail.com, <https://0000-0001-7605-9808>*

³*Universidad Austral de Chile, Laboratorio de Ecología Litoral. mariamutismzg@gmail.com, <https://0000-0002-0301-5588>*

RESUMEN: La macrofauna bentónica incluye aquellos organismos que viven dentro del sedimento marino y que tienen un tamaño mayor a 500 µm. Su estudio ha sido relevante para evaluar el estado de salud del bentos debido a que son buenos indicadores de impactos generados por la actividad antrópica o por perturbaciones naturales. El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización de la macrofauna bentónica en el bloque COL 10 ubicado en el extremo norte del Caribe colombiano, con el fin de crear una línea base de conocimiento que sirva como insumo para su gestión y conservación. Se recolectaron mediante Box Corer, un total de 10 muestras entre los 2.880 y 4.220 m de profundidad las cuales se procesaron en laboratorio e ingresaron a las colecciones del Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) – Makuriwa del INVEMAR. Se cuantificaron un total de 321 organismos incluidos en 77 familias o taxones y nueve phyla: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Mollusca, Nematoda, Nemertea, Platyhelminthes y Sipuncula. Annelida fue el grupo más representativo en cuanto a abundancia y número de taxones, predominando las familias Cirratulidae y Paraonidae. Los análisis de clasificación y ordenación muestran una diferenciación en la estructura comunitaria de las estaciones E612 (zona de cuenca oceánica) y E600 (en zona de cordillera oceánica). Este estudio provee los primeros aportes a la ecología y taxonomía de la macrofauna bentónica de profundidad del bloque COL 10 en el extremo norte del Caribe colombiano.

Palabras clave: Infauna, hidrocarburos, bentos marino, costa afuera, fondos blandos.

ABSTRACT: The benthic macrofauna includes those organisms that live within the marine sediment and are larger than 500 µm. Their study has been relevant to determine the health of benthos due to be considered good indicators of anthropic impacts and natural disturbances. The purpose of this study was to characterize the benthic macrofauna in the block COL 10 located in the northernmost Colombian Caribbean, in order to create a base line for its management and conservation. A total of 10 benthic samples were collected with a Box Corer between 2,880 and 4,220 m depth, which were processed at laboratory, and deposited in the collections of the Marine Natural History Museum of Colombia (MHNMC) - Makuriwa of INVEMAR. A total of 321 organisms were quantified, and are included in 77 families and/or taxa and nine phyla: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Mollusca, Nematoda, Nemertea, Platyhelminthes and Sipuncula. Annelida was the most representative group in terms of abundance and number of taxa, with Cirratulidae and Paraonidae as dominating families. The classification and ordering analyzes shown a differentiation in the community structure in stations E612 (ocean basin area) and E600 (in oceanic mountain range area). The present study provides the first contributions to the ecology and taxonomy of deep sea benthic macrofauna in the block COL 10 located in the northernmost Colombian Caribbean.

Key words: Infauna, hydrocarbon, marine benthos, offshore, soft bottom

INTRODUCCIÓN

Las comunidades bentónicas incluyen aquellos organismos que viven en relación íntima con el fondo marino, ya sea para fijarse, escavarlo, marchar sobre su superficie o para nadar en sus vecindades sin alejarse de él (POHLE & THOMAS 2001). Los organismos bentónicos cumplen importantes papeles ejerciendo controles biológicos a través de la depredación (ÓLAFSSON 2003); representan un eslabón fundamental en el flujo de energía desde productores primarios hasta los peces y en el reciclaje de nutrientes (CRISP 1984); y en procesos físicos como la bioturbación, por medio de la cual mezclan los sedimentos marinos, aireándolo y favoreciendo el ciclo de nutrientes en el sustrato (WIDDICOMBE & AUSTEN 1999; BRAECKMAN & PROVOOST 2010). Entre las comunidades bentónicas, la macrofauna incluye organismos que tienen un tamaño mayor a 500 μm ; su estudio ha sido relevante para evaluar el estado de salud del bentos, debido a que son buenos indicadores de impactos generados por la actividad antrópica o por perturbaciones naturales.

El estudio de las comunidades bentónicas de profundidad en el Caribe colombiano se ha fortalecido en los últimos años, sin embargo, gran parte de esta información deriva de actividades de investigación o consultoría que permanece dentro de la literatura gris siendo necesaria su divulgación en el ámbito científico. Algunos de los estudios realizados en el Caribe colombiano profundo son el de TAVERA-MARTÍNEZ & MARCHANT (2017), quienes estudiaron los foraminíferos de la superfamilia Komokioidea; y MORALES-NUÑEZ *et al.* (2017), quienes describen una nueva especie de tanaidáceo (Crustacea) del género *Sphyrapus* y reportan por primera vez la familia Sphyrapodidae en los mares colombianos. Por otro lado, SOLANO *et al.* (2008) monitorearon la macrofauna en el bloque Tayrona (Pozo Arazá I), y GARRIDO-LINARES *et al.* (2014a, 2014b), VIDES & ALONSO (2016) y VIDES *et al.* (2017), generaron la línea base ambiental de los bloques de exploración de hidrocarburos Guajira Offshore 3, COL 4 y 5, COL 1 y 2, y COL 3.

Además de ser una herramienta científica relevante, la investigación del bentos profundo trae consigo desafíos y retos en cuanto a la logística de embarcaciones, personal entrenado tanto para la toma y preservación de muestras, como para la identificación taxonómica y análisis de información, entre otros aspectos, por lo cual, la obtención de información biológica en sitios costa afuera, como en este caso, tienen un valor agregado. Asimismo, la diversidad y abundancia de especies bentónicas a grandes profundidades es subestimada, precisamente por falta de conocimiento acerca de su estructura. Para el extremo norte del Caribe colombiano profundo, específicamente el área denominada como bloque COL 10, no se conocen estudios que involucren comunidades bentónicas macrofaunales, por lo cual, el objetivo de este estudio fue la caracterización de la macrofauna bentónica en dicha área, con el fin de crear una línea base de conocimiento que sirva como insumo para su gestión y conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El bloque COL 10, corresponde a una de las áreas marinas costa afuera en el Caribe colombiano ofertadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para posible exploración y explotación por el sector de hidrocarburos. Se encuentra ubicado en el extremo nororiental del Caribe colombiano frente al departamento de La Guajira a unos 214 km desde la línea de costa del municipio de Riohacha, entre las coordenadas 14°22'50,74»N - 72°40'36,72»O en la región noroccidental del bloque y los 13°29'56,41»N - 71°38'56,60»O al suroriente del mismo, con un conjunto de geformas específicas del lugar (Fig. 1).

Es una de las áreas marinas más remotas del territorio colombiano marino, sobre el Paso de Aruba (Aruba Gap), abarcando una porción sobre la Beata Ridge, una cresta submarina del lecho sur del Mar Caribe. La cresta de Beata se extiende al sur-suroeste desde el cabo de Beata en la isla Hispaniola y divide esta parte del mar en dos áreas distintas, las planicies abisales de Colombia y Venezuela. El Paso de Aruba, constituye una conexión estrecha entre estas dos cuencas, trunca la cresta de Beata antes de que alcance el talud continental de América del Sur (VIDES & ALONSO 2018).

Fase de campo

Durante la ejecución del proyecto de investigación se realizaron dos campañas de exploración biológica – oceanográfica para la toma de datos y muestras: la primera entre el 9 de abril y 17 de mayo de 2018 a bordo del Remolcador Modificado - R/M María José II, y la segunda entre el 23 de agosto y 2 de septiembre de 2018 a bordo del buque RALEIGH B de la compañía Serport S.A. (VIDES & ALONSO 2018). Se realizaron dos campañas debido a que, durante la primera se presentaron fuertes condiciones climáticas que acarrearón daños técnicos que limitaron el cumplimiento del plan inicial de crucero.

Se recolectaron muestras bentónicas en 10 estaciones de muestreo con profundidades entre los 2.888 y 4.220 m, mediante Box Corer tipo Gomex con un área de recolección de 0,250 m². Para cada estación de muestreo se extrajo la muestra para la macrofauna delimitando con un marco metálico un área de 0,1 m². Cada muestra fue cernida a través de tamiz de 500 µm y lavada con agua de mar filtrada, para posteriormente ser depositada en bolsas plásticas debidamente rotuladas. A cada muestra se le agregó una solución narcotizante de cloruro de magnesio (70 g.L⁻¹) la cual se dejó actuar durante 15 minutos; posteriormente se fijaron las muestras en una solución de formalina al 10 % neutralizada con bórax y tratada con rosa de bengala para la tinción de los organismos y facilitar su posterior separación del sedimento.

Fase de laboratorio

Cada muestra se lavó con abundante agua filtrada a través de un tamiz de 500 µm para retener la macrofauna. Una vez eliminado el exceso de sedimento, las muestras se depositaron en bandejas plásticas blancas para la separación de los especímenes, la cual se realizó con la ayuda de lupas con lámparas. Los organismos extraídos del sedimento fueron depositados en frascos de vidrio con etanol 70 % y rotulados debidamente para su posterior identificación.

Se utilizaron estereoscopios para hacer la separación en grandes grupos biológicos y posteriormente, con ayuda adicional de microscopios compuestos y material de disección, se realizó la identificación

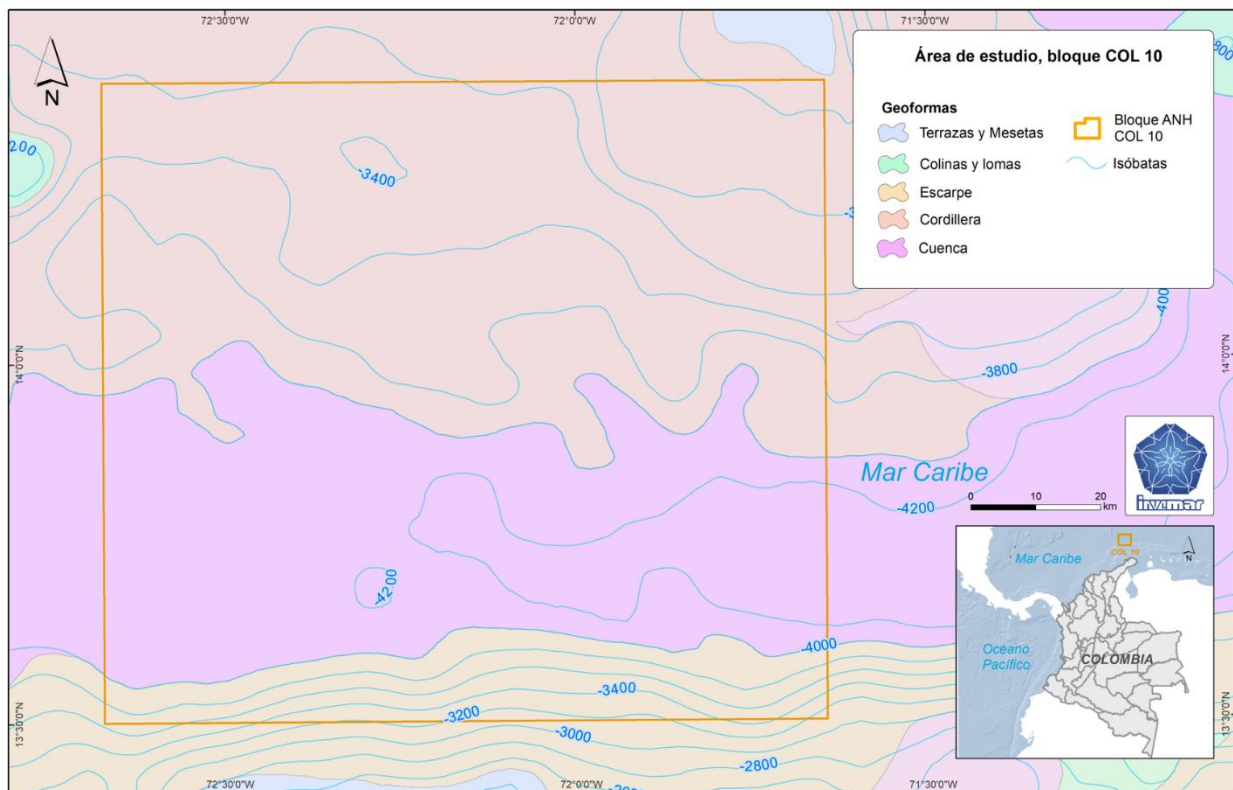


FIGURA 1. Área de estudio, bloque COL 10, extremo norte, Caribe colombiano. Mapa: LabSIS – INVEMAR, 2020

taxonómica a la categoría de familia, siendo este nivel recomendado en estudios ambientales (CLARKE & WARWICK 2001). Finalmente, el material fue rotulado y almacenado en viales con etanol al 70 % para su depósito en las colecciones del Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) – Makuriwa, del INVEMAR.

Análisis de la información

Posterior a la identificación taxonómica, con ayuda de herramientas ofimáticas, se estimaron atributos de densidad, abundancia, número de familias o taxones, y frecuencias de ocurrencia, los cuales se representaron gráficamente.

Asimismo, se realizaron análisis de clasificación y ordenación para determinar la variabilidad espacial de la comunidad macrofaunal según su composición. Para ello, se prepararon matrices de abundancias por taxón, transformando los datos a raíz cuadrada de conformidad con lo establecido en la Ley de Taylor para distribuciones agregadas (TAYLOR 1961). Para el análisis de clasificación se usó el análisis de perfiles de similitud (SIMPROF); y, el análisis de ordenación se realizó mediante la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS- Non-metric Multidimensional Scaling), usando en ambos casos el índice de Bray-Curtis. Estos análisis fueron realizados en el programa estadístico PRIMER v 6.0 (CLARKE & GORLEY 2006; ANDERSON *et al.* 2008).

RESULTADOS

Se identificaron 10 grupos biológicos macrobentónicos, entre los cuales el phylum Foraminifera fue altamente representativo en cuanto a las abundancias. Sin embargo, este grupo fue excluido de los análisis por dos razones: una, porque al momento de la recolección se incluyeron los especímenes tanto vivos como muertos (tanatocenosis), cuya posterior separación es difícil (la tinción con rosa de bengala parece no funcionar de manera general en el grupo). Y dos, por ser un grupo perteneciente al reino Chromista.

Para los nueve phyla macrofaunales restantes identificados, se cuantificaron un total de 321 organismos incluidos en 77 familias o taxones (TABLA 1): Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Mollusca, Nematoda, Nemertea, Platyhelminthes y Sipuncula. Annelida fue el phylum más abundante, con 152 individuos, abarcando el 47,4 % de la abundancia relativa, mientras que Platyhelminthes presentó la menor abundancia, con un único individuo registrado, representando 0,3 % de la abundancia relativa. Para el phylum Bryozoa, no se consideró la abundancia por tratarse de un grupo colonial. En cuanto al número de familias, Annelida fue predominante con 25 taxones registrados (32,5 % del total), mientras que Platyhelminthes registró un solo taxón (1,3 % del total).

El phylum Annelida estuvo representado principalmente por las familias de poliquetos Cirratulidae, Paraonidae, Capitellidae, Cossuridae y Spionidae. Para Arthropoda dominó el orden Tanaidacea en términos de frecuencia y abundancia, seguida del orden Isopoda. Cabe aclarar que, aunque se lograron diferenciar varios morfotipos de estos dos órdenes, permanecen aún sin una determinación taxonómica menor.

El phylum Nematoda estuvo representado por 65 individuos y 11 familias, de las cuales, las que tuvieron mayor aporte a la abundancia del grupo fueron Leptosomatidae con un 32%, seguida por Oncholaimidae (14 %), Oxystominidae (12 %), Phanodermatidae (9 %) y Thoracostomopsidae (8 %). Para el phylum Mollusca, el cual fue también representativo, se destaca la presencia de los bivalvos de las familias Nuculidae y Lucinidae, además del aplacophoro (Clase Caudofoveata) de la familia Prochaetodermatidae.

Para cada estación de muestreo se presentó una densidad promedio de 32,1 (\pm 17,6) individuos en 0,1 m², con intervalos entre 10 individuos en 0,1 m² para la estación E612 en zona de cuenca oceánica, y 73 individuos en 0,1 m² para la estación E608 en zona de cordillera oceánica (Fig. 2). En cuanto al número de taxones por estación, se encontraron un promedio de 18,7 (\pm 7,6), con intervalos entre 4 y 34 familias o taxones en 0,1 m² para las estaciones E612 y E608 respectivamente, siguiendo la tendencia que se

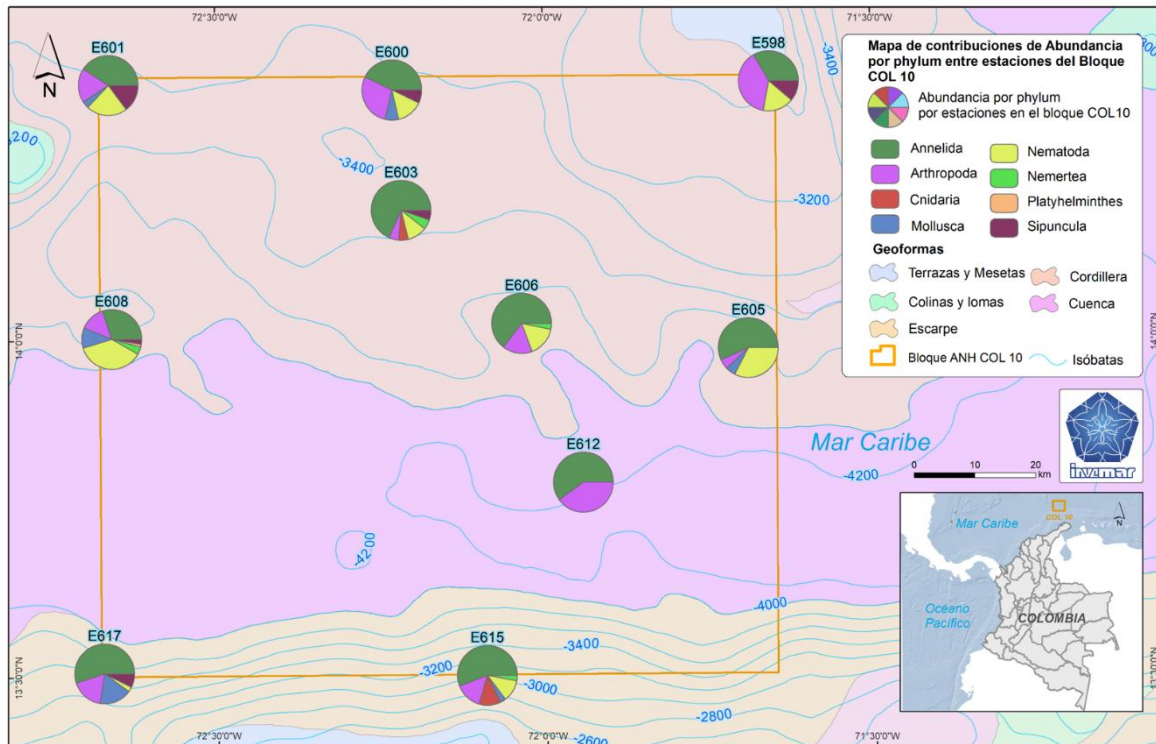


FIGURA 2. Abundancia por phylum de la macrofauna bentónica encontrada en 10 estaciones del bloque COL10. Mapa: LabSIS – INVEMAR, 2020.

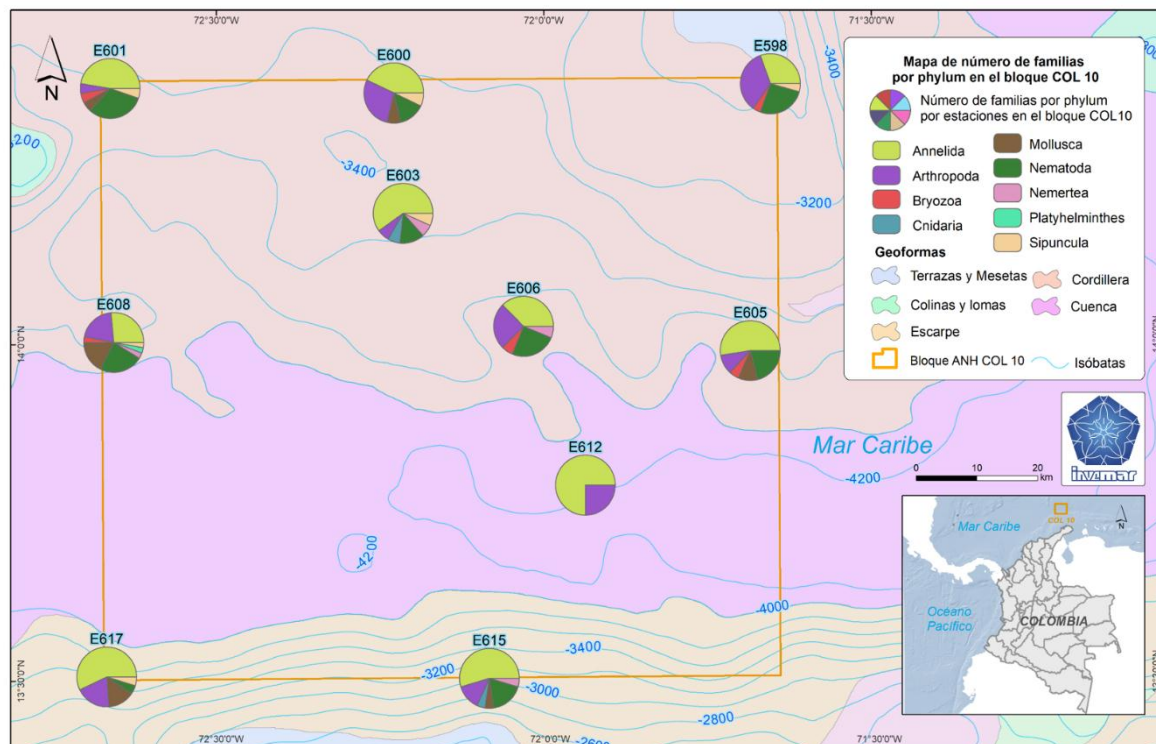


FIGURA 3. Número de familias por phylum de la macrofauna bentónica encontrada en 10 estaciones del bloque COL10. Mapa: LabSIS – INVEMAR, 2020

observó para la densidad de la macrofauna (Fig. 3). En ambos casos fueron los phyla Annelida, Arthropoda y Mollusca los que presentaron los mayores aportes independientes de la variación de dichos atributos entre las estaciones muestreadas. En términos generales fue observado el mismo patrón en toda el área, posiblemente a una mayor adaptabilidad o rangos de tolerancia de estos grupos taxonómicos.

En cuanto a la variación espacial en la comunidad macrofaunal, el análisis de clasificación muestra una disposición escalonada en el dendrograma sin evidencia clara de formación de grupos de estaciones. Sin embargo, la prueba de similaridad de perfiles (SIMPROF), muestra una separación de las estaciones E612 y E600 del resto, a una similaridad cercana al 30 %, con nivel de significancia del 5 %; estas presentaron los menores valores en términos de abundancia (10 individuos para E612 y 14 para E600), y número de familias (cuatro para E612 y 14 para E600) (Fig. 4a). El esquema escalonado en este análisis indica similaridad en las distancias entre estaciones y que el porcentaje al que se separa una estación de la siguiente en el patrón visual es reducido por lo que las variaciones en el número de individuos y taxones entre los puntos de muestreo son estructuralmente parecidas (CLARKE & WARWICK 2001); así, la agrupación formada por ocho de las estaciones muestreadas en el área de estudio (líneas rojas Fig. 4a), registra intervalos de abundancias entre 19 y 73 individuos, y entre 15 y 34 taxones en las estaciones E603 y E608, respectivamente.

Por otra parte, la estación E612 que tiene la mayor profundidad del área (4.218 m) y presentó los menores valores en número de taxones y abundancia, representa una aparente relación inversa con la profundidad; sin embargo, el mayor número de familias o taxones y densidad lo tiene la E608 con más del doble de abundancia y un 60 % más de riqueza que la estación E598 que es la menos profunda (2.870 m). De esta manera, lo que más se ajusta a la estructura comunitaria observada en el área del bloque COL 10 es la distribución en parches del bentos marino, los cuales tienen un óptimo en alguna parte del área o gradiente batimétrico muestreado (Fig. 5).

DISCUSIÓN

Mediante el presente estudio se logró caracterizar la macrofauna bentónica del bloque de exploración COL10, proveyendo análisis ecológicos descriptivos que determinan la composición y estructura de esta comunidad, además de los avances en la identificación taxonómica de los especímenes recolectados, contribuyendo de manera relevante al conocimiento que se tiene de las comunidades bentónicas en esta área remota del Caribe colombiano nunca antes estudiada.

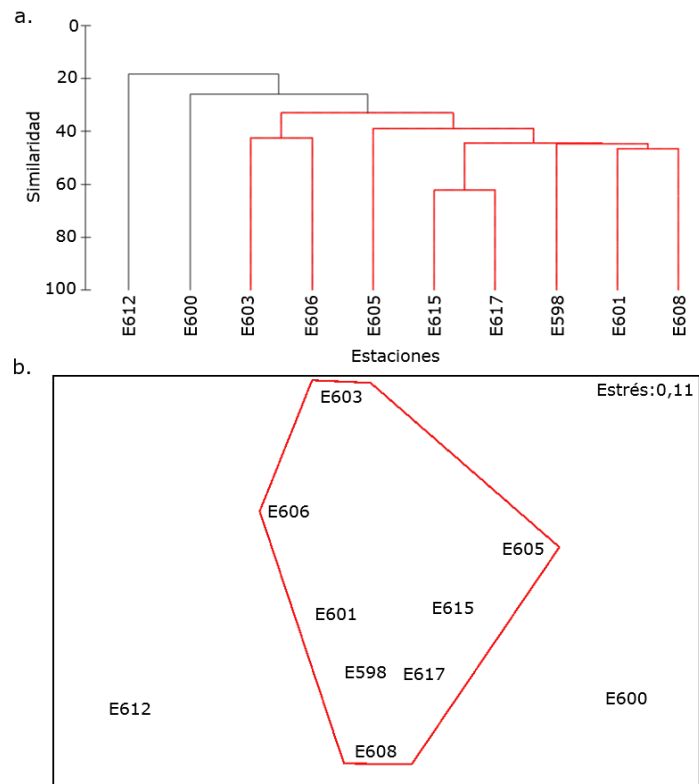


FIGURA 4. Análisis de variaciones espaciales en la comunidad, a. análisis de clasificación, similaridad de perfiles (Simprof); b. análisis de ordenación (nMDS)

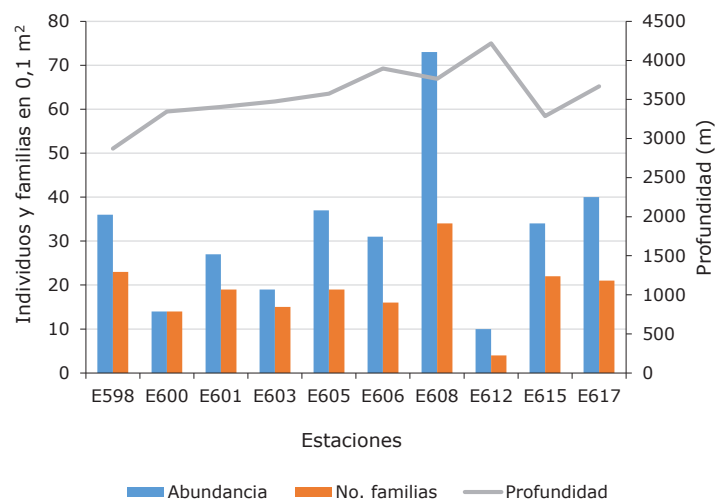


FIGURA 5. Relación por estación de la riqueza de taxones (número de familias) y la abundancia (número de organismos) con la profundidad en el área del bloque COL 10, Caribe colombiano.

TABLA 1. Composición y abundancia de la macrofauna bentónica del bloque COL 10, extremo norte del Caribe colombiano.

Phylum	Clase	Orden	Familia/taxón	Abund.	% FO	%AR		
Annelida	Clitelatta	Enchytraeida	Enchytraeidae	3	30	1,6		
		Haplotaxida	Naididae	3	30	1,6		
	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	Lumbrineridae	3	30	1,6	
			Phyllodocida	Glyceridae	Glyceridae	1	10	0,5
		Nereididae		Nereididae	5	50	2,7	
		Phyllodocidae		Phyllodocidae	2	20	1,1	
		Pilargidae		Pilargidae	6	60	3,2	
		Syllidae		Syllidae	3	30	1,6	
		Sabellida	Serpulidae	Serpulidae	1	10	0,5	
			Siboglinidae	Siboglinidae	1	10	0,5	
			Spionida	Longosomatidae	Longosomatidae	1	10	0,5
		Spionidae		Spionidae	8	80	4,3	
		Terebellida	Acrocirridae	Acrocirridae	Acrocirridae	2	20	1,1
				Ampharetidae	Ampharetidae	1	10	0,5
				Cirratulidae	Cirratulidae	8	80	4,3
				Sternaspidae	Sternaspidae	1	10	0,5
				Terebellidae	Terebellidae	1	10	0,5
	-		Capitellidae	Capitellidae	6	60	3,2	
	-		Cossuridae	Cossuridae	3	30	1,6	
	-		Maldanidae	Maldanidae	3	30	1,6	
	-		Opheliidae	Opheliidae	7	70	3,7	
	-		Orbiniidae	Orbiniidae	1	10	0,5	
	-	Oweniidae	Oweniidae	3	30	1,6		
-	Paraonidae	Paraonidae	9	90	4,8			
-	Scalibregmatidae	Scalibregmatidae	1	10	0,5			
Arthropoda	Hexanauplia	Harpacticoida	Harpacticoida morfo1	7	70	3,7		
		Malacostraca	Isopoda	Ischnomesidae	Ischnomesidae	3	30	1,6
	Isopoda morfo1			Isopoda morfo1	1	10	0,5	
	Isopoda morfo2		Isopoda morfo2	1	10	0,5		
	Janiroidea morfo1		Janiroidea morfo1	1	10	0,5		
	Janiroidea morfo2		Janiroidea morfo2	1	10	0,5		
	Macrostylidae		Macrostylidae	2	20	1,1		
	Tanaidacea		Apseudomorpha	Apseudomorpha	1	10	0,5	
			Apseudomorpha morfo1	Apseudomorpha morfo1	1	10	0,5	
			Apseudomorpha morfo2	Apseudomorpha morfo2	1	10	0,5	
			Colletteidae	Colletteidae	1	10	0,5	
			Tanaidomorpha	Tanaidomorpha	5	50	2,7	
			Tanaidomorpha macho	Tanaidomorpha macho	1	10	0,5	
			Tanaidomorpha morfo1	Tanaidomorpha morfo1	1	10	0,5	
			Tanaidomorpha morfo2	Tanaidomorpha morfo2	1	10	0,5	
			Tanaidomorpha morfo3	Tanaidomorpha morfo3	1	10	0,5	
		Tanaidomorpha morfo4	Tanaidomorpha morfo4	1	10	0,5		
	Tanaidomorpha morfo5	Tanaidomorpha morfo5	1	10	0,5			
	Ostracoda	-	Ostracoda morfo1	Ostracoda morfo1	1	10	0,5	
		-	Ostracoda morfo2	Ostracoda morfo2	1	10	0,5	
		-	Ostracoda morfo3	Ostracoda morfo3	1	10	0,5	
	-	-	Crustacea morfo1	Crustacea morfo1	1	10	0,5	

Phylum	Clase	Orden	Familia/taxón	Abund.	% FO	%AR
Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	cf. Campanulariidae	1	10	0,5
	Scyphozoa	Coronatae	Nausithoidae	1	10	0,5
Mollusca	Bivalvia	Limida	Limidae	1	10	0,5
		Lucinida	Lucinidae	5	50	2,7
		Mytilida	Mytilidae	1	10	0,5
		Nuculida	Nuculidae	3	30	1,6
		-	Thraciidae	2	20	1,1
		-	Bivalvia morfo1	1	10	0,5
	Caudofoveata	Chaetodermatida	Prochaetodermatidae	1	10	0,5
Nematoda	Chromadorea	Chromadorida	Chromadoridae	1	10	0,5
			Cyatholaimidae	2	20	1,1
		Desmoscolecida	Desmoscolecidae	1	10	0,5
		Monhysterida	Monhysteridae	3	30	1,6
	Enoplea	Enoplida	Encheliidiidae	5	50	2,7
			Ironidae	3	30	1,6
			Leptosomatidae	8	80	4,3
			Oncholaimidae	4	40	2,1
			Oxystominidae	5	50	2,7
			Phanodermatidae	3	30	1,6
			Thoracostomopsidae	2	20	1,1
Nemertea	Pilidiophora	Heteronemertea	cf. Lineidae	1	10	0,5
	-	-	Nemertea morfo1	2	20	1,1
	-	-	Nemertea morfo2	1	10	0,5
Platyhelminthes	-	-	Platyhelminthes	1	10	0,5
Sipuncula	Phascolosomatida	Phascolosomatida	morfo1 Phascolosomatidae	1	10	0,5
	Sipunculidea	Golfingiida	cf. Golfingiidae	4	40	2,1
	-	-	Sipuncula morfo1	1	10	0,5
Bryozoa	-	-	Bryozoa morfo1	2	20	1,1
	-	-	Bryozoa morfo2	2	20	1,1
	-	-	Bryozoa morfo3	1	10	0,5

Abund: Abundancia; FO: Frecuencia de Ocurrencia; AR: Abundancia Relativa / Abund: Abundance; FO: Occurrence Frequency; AR: Relative Abundance

En términos generales, se considera típico que la comunidad macrofaunal en este caso esté representada por cuatro phyla: Annelida, Arthropoda, Mollusca y Nematoda, los cuales presentan el mayor número de taxones y de individuos en este estudio. Estos resultados se deben a características propias de cada grupo, como es el mayor grado de organización respecto a otros invertebrados bentónicos aquí reportados, reflejado en la presencia de cefalización y órganos sensoriales, estructuras bucales como probóscides eversibles o provistas de dientes quitinosos, los tamaños que pueden alcanzar, apéndices especializados para el movimiento dentro del sedimento y construcción de tubos o madrigueras para su protección. Estas particularidades les representan las fortalezas para sobrevivir y dominar en su ambiente, por lo que son descritos como exitosos en la colonización de sedimentos marinos (FAUCHALD & JUMARS 1979; ROUSE &

PLEIJEL 2001; CARRASCO 2013). Los demás phyla registrados corresponden a taxones característicos del bentos marino, que, aunque normalmente no se destacan por altas riquezas y densidades, se resalta lo valioso de su ocurrencia en el mar profundo.

Esta estructura comunitaria en el bentos, conformada por grupos vermiformes como anélidos y nematodos, y otras formas como artrópodos y moluscos, han sido descritas también por VIDES *et al.* (2017) y GARRIDO-LINARES *et al.* (2014b) en áreas profundas del Caribe colombiano correspondiente a los bloques de exploración designados por la ANH como COL 1, COL 2, COL 3, COL 4 y COL 5. Cabe mencionar que todos estos estudios en zonas de tal batimetría tienen un valor agregado debido al desafío que implica tomar muestras representativas en este tipo de zonas batiales y abisales, teniendo en cuenta las dificultades que incluyen su muestreo. Para este trabajo, se encontró una mayor riqueza a nivel de phylum, así como un mayor número de familias, respecto a los bloques antes mencionados.

En el presente trabajo se encontró que, los mayores aportes de abundancia y número de familias fueron de los phyla Annelida, Nematoda y Arthropoda, que son resultados muy similares a los reportados en los bloques de exploración COL 4 y COL 5; a diferencia de los bloques COL 1 y COL 2 en donde el phylum Arthropoda superó a Annelida en dichos atributos de la comunidad (VIDES *et al.* 2017; GARRIDO-LINARES *et al.* 2014b; CÁRDENAS *et al.* 2017). Esta organización comunitaria del bentos marino, observada en los diferentes bloques del Caribe colombiano, en la que en términos generales los organismos pertenecientes a los phyla Annelida, Nematoda y Arthropoda son los principales representantes, ha sido descrita como una ordenación típica de fondos blandos marinos desde zonas someras hasta las aquí descritas (CARRASCO 2013), siendo estos los grupos más importantes y representativos de las comunidades bentónicas y con papeles ecológicos claros que han permitido su articulación en el sedimento, manteniendo las características propias de cada grupo (KNOX 1977; McLACHLAN & BROW 2006; MARTÍ *et al.* 2007).

De los phyla predominantes en este estudio, el phylum Annelida estuvo representado principalmente por las familias de poliquetos Cirratulidae, Paraonidae, Capitellidae, Cossuridae y Spionidae, las cuales son comunes en sedimentos muy finos, siendo principalmente alimentadores de detritus depositado (depositívoros) y cavadores activos, especialmente Paraonidae y Capitellidae. Todas estas familias poseen proboscides pequeñas y musculosas, y sin apéndices tipo antenas o manchas oculares marcadas, dados sus hábitos alimenticios. A pesar de la dominancia de estas familias, favorecida por el tipo de sedimentos, el total para el phylum fue de 25 taxones, de los cuales 22 son de la clase Polychaeta y dos de la subclase Oligochaeta. Ambos grupos con amplia variedad de hábitos de alimentación y diferentes características morfológicas, con carnívoros activos con grandes proboscides armadas con mandíbulas y dientes quitinosos fuertes (i.e. Nereididae, Glyceridae), formas suspensívoras cuya región cefálica se ha modificado a coronas tentaculares especializadas para filtrar (i.e. Ampharetidae, Serpulidae, Siboglinidae, Terebellidae), y también un gran número de depositívoros que incluyen a los oligoquetos encontrados de las familias Enchytraeidae y Naididae (VIDES & ALONSO 2018).

En cuanto al phylum Arthropoda, se encontró una predominancia del orden Harpacticoida el cual se caracteriza por ser ampliamente diverso y encontrarse tanto en zonas profundas como someras, e incluso aguas salobres y dulces, con preferencia por las capas superficiales del sedimento (CARAMUJO 2015). Pese a que son extremadamente abundantes, su pequeño tamaño y fragilidad hacen que se fragmenten fácilmente dificultando su identificación, tal y como es el caso en esta investigación. Tanaidomorpha (suborden), fue el segundo grupo predominante de este phylum en términos de abundancia; pueden encontrarse en casi cualquier tipo de hábitat marino: desde lagos hiperhalínicos hasta zonas intersticiales hipohalinas, marismas y manglares y hasta los hábitats abisales más profundos (BLAZEWICZ-PASZKOWYCZ *et al.* 2012).

El phylum Nematoda fue el tercer grupo dominante en especial de las familias Leptosomatidae, Oncholaimidae, Oxystominidae, Phanodermatidae y Thoracostomopsidae. La dominancia de estas familias en profundidades tan altas se debe al tipo de alimentación que tienen; SHARMA *et al.* (2011) lo explica, basado en la clasificación por grupos tróficos propuestos por WIESER (1953) cuyo fundamento es la forma

del aparato bucal y los hábitos alimenticios. De esta manera, las familias depositívoras selectivas como lo son las familias Leptosomatidae y Phanodermatidae aparentemente predominan a mayor profundidad y desplazan a los detritívoros no selectivos, como los integrantes de la familia Monhysteridae, que prevalecen en las aguas más someras. Asimismo, de acuerdo con SHARMA *et al.* (2011), la familia de depredadores como Thoracostomopsidae, se encuentran a mayores profundidades, donde tienen competencia reducida y menor depredación.

Para el phylum Mollusca, se destaca la presencia de los bivalvos de las familias Nuculidae y Lucinidae, además del aplacophoro (clase Caudofoveata) de la familia Prochaetodermatidae. Esta última familia incluye organismos pequeños, generalmente de menos de 5 mm, cubiertos con espículas de aragonita de aspecto relucientes (IVANOV & SCHELTEMA 2002). Este reporte resulta bien interesante, debido a que comprende especies en su mayoría de aguas profundas, que a pesar de ser descritas con una amplia distribución a nivel mundial, incluida el Caribe colombiano (GRACIA *et al.* 2013), es aún poco lo que se conoce de ellos; su importancia en el bentos profundo se debe a la baja riqueza de especies del grupo (SCHELTEMA 1997), insinuando un alto grado de exclusividad de su nicho. En cuanto a la familia Nuculidae, ésta se caracteriza por poseer una concha de aragonita, y colores nacarados, con conchas triangulares a ovaladas que generalmente son pequeñas, infladas y carecen de sifones (COAN & VALENTICH-SCOTT 2012). Estos bivalvos son característicos de sedimentos bioclásticos no compactados, que se pueden encontrar desde litorales someros hasta profundidades abisales (KILBURN 1999). Por el contrario, los especímenes de la familia Lucinidae que también presentan una concha de aragonita, son generalmente redondeados; aunque habitan las grandes profundidades como en el caso de este estudio en donde fueron encontrados entre 3.287 a 3.764 m de profundidad, son más diversos y abundantes en hábitats tropicales de aguas poco profundas (GLOVER & TAYLOR 2007).

El bentos marino es un ecosistema con una muy alta variedad de organismos, diferentes en formas, funciones, ecología y evolución. Por tal razón, se encontraron otros tipos de organismos característicos y típicos del bentos, cuya importancia principal es el registro de su presencia en el ecosistema, ya que evolutivamente no corresponden a grupos muy diversificados. En este sentido, se tienen importantes reportes de organismos pertenecientes a los phyla Sipuncula, Cnidaria y Nemertea. Asimismo, aunque menos dominantes en esta investigación, los registros de platelmintos y briozoos a estas profundidades proveen valiosa información de la amplia diversidad del bentos profundo del Caribe, además de la importancia de contar con dicho material biológico para futuros estudios.

La estructura general de la comunidad macrofaunal en estudio muestra evidentes variaciones en su composición y densidad, no siendo claro que se deba a una relación inversa con la profundidad. Si bien ha sido descrito que a mayor profundidad es menor la densidad y diversidad (ESCOBAR-BRIONES *et al.* 1999; ROWE & KENNICUTT 2001; CARVALHO *et al.* 2013), actualmente existen replanteamientos al respecto. Es el caso de grupos de crustáceos como isópodos y tanaidáceos, en los cuales se ha observado que su riqueza de especies aumenta en la medida en que aumenta la profundidad, y que es hasta después de los 1.000 m que su riqueza se estandariza (MEURANT 1982); tomando fuerza el hecho que en las grandes profundidades la diversidad de especies bentónicas es subestimada pero por falta de conocimiento.

Es necesario tener en cuenta las limitaciones metodológicas durante el desarrollo del presente estudio para futuras investigaciones, como lo fueron muestreos atemporales debido a problemas climáticos y que se lograron solventar gracias a fortalecimiento técnico en equipamiento y reprogramación a una temporalidad climática más adecuada. Asimismo, es importante considerar que hubo limitaciones en cuanto a la parte taxonómica ya que muchos de los especímenes recolectados no se encontraron en óptimas condiciones de identificación. El factor tiempo y la falta de expertos en algunos grupos taxonómicos limitó la identificación a un nivel taxonómico menor. Sin embargo, dicho material se encuentra depositado en las colecciones del Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) – Makuriwa del INVEMAR, susceptible a nuevas consultas teniendo en cuenta los procedimientos establecidos por el MHNMC para tal fin.

Finalmente, el estudio de la macrofauna bentónica de profundidad para el Caribe colombiano, ha sido una labor que se ha fortalecido en la última década, siendo una posibilidad de investigación en el país, que se ha desarrollado debido al interés del sector de hidrocarburos por definir nuevas áreas de exploración. Por ello, es necesario fortalecer la línea base de información biológica, oceanográfica y geofísica del mar profundo, para definir adecuadas estrategias de asignación, exploración y explotación de este recurso no renovable. Asimismo, teniendo en cuenta que el bloque COL10 corresponde a una de las áreas de exploración que ha sido definida por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), más remota y de difícil acceso en el Caribe colombiano, esta investigación provee información clave para el conocimiento del bentos profundo además de dar luces para posibles nuevas investigaciones desde otras perspectivas biológicas más detalladas en las áreas como la sistemática, ecología y biogeografía, para una mejor comprensión de la macrofauna de profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los editores de este tributo especial como homenaje al Dr. ILDEFONSO LIÑERO-ARANA, cuyos aportes al estudio de los poliquetos fueron fundamentales para el avance en el conocimiento de dicho grupo; el profesor MIKEL será siempre recordado. Asimismo, los autores agradecen a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR y los investigadores que participaron del proyecto “*Estudio técnico ambiental de línea base en el área de evaluación COL 10, extremo norte del Caribe colombiano*”. Al Laboratorio de Servicios de Información del INVEMAR – LabsIS, por el apoyo en la elaboración de mapas. A MANUEL GARRIDO, ERIKA MONTOYA y MIGUEL MARTELO por su gestión durante la ejecución del proyecto y en general a los investigadores del Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) – Makuriwa, del INVEMAR. A los evaluadores anónimos del presente documento. Este artículo corresponde a un subproducto del proyecto en mención, el cual se enmarca en el Convenio Interadministrativo 340 de 2018 firmado entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR. Contribución de INVEMAR No. 1400.

REFERENCIAS

- ANDERSON, M., R. N. GORLEY & R. K. CLARKE. 2008. *Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods*. Primer-E Limited. 218p.
- BLAZEWICZ-PASZKOWYCZ, M., R. BAMBER & G. ANDERSON. 2012. Diversity of Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) in the world's oceans—How far have we come? *PLoS One* 7(4): e33068. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033068>>
- BRAECKMAN, U. & P. PROVOOST. 2010. “Role of macrofauna functional traits and density in biogeochemical fluxes and bioturbation.” *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 399: 173-186.
- CÁRDENAS, A., D. YEPES, E. MONTOYA, L. TAVERA, M. A. MUTIS, M. GARRIDO & Y. CONTRERAS. 2017. Línea base ambiental de los bloques COL1 y COL2 en la cuenca sedimentaria del Caribe colombiano. Informe Técnico Final. Temática 1. 329 P.P. En: Levantamiento de información ambiental de sistemas marinos y costeros sobre el Caribe colombiano Fase II Eds, VIDES, M. & D. ALONSO. Convenio 167 ANH- INVEMAR. Informe técnico final. INVEMAR, Santa Marta. 603 p.
- CARAMUJO, M. J. 2015. Manual Clase: Maxillopoda: Copepoda Orden HARPACTICOIDA. Revista IDE@ - SEA, 91A: 1–12. ISSN 2386-7183 1. Ibero Diversidad Entomológica @ccesible <www.sea-entomologia.org/IDE@>
- CARRASCO, F. D. 2013. *Organismos del bentos marino sublitoral: algunos aspectos sobre abundancia y distribución*. Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. Chile-Universidad de Concepción, NULL. 34 pp.

- CARVALHO, R., C. WEI, G. ROWE & A. SCHULZE. 2013. Complex Depth-related patterns in taxonomic and functional diversity of polychaetes in the Gulf of Mexico. *Deep-Sea Res.* I.80: 66-77.
- CLARKE, K.R. & R.M. WARWICK. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. UK. 141 p.
- CLARKE, K. & R. WARWICK. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory. United Kingdom. 172 p.
- CLARKE, K. & R. N. GORLEY. 2006. PRIMER v6: user manual / tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK. 190 p.
- CRISP, D. J. 1984. *Energy flow measurements*. En: *Methods for the study of marine benthos*. Eds. N.A. Holme & A.D. MCINTTYRE. Blackwell, Oxford: IBP Handbook 16: 284-367.
- COAN, E. V. & P. VALENTICH-SCOTT. 2012. Bivalve seashells of tropical west America. Santa Barbara, CA: Santa Barbara Museum of Natural History. 1223p.
- ESCOBAR-BRIONES, E., M. SIGNORET & D. HERNÁNDEZ. 1999. Variación de la densidad de la infauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. En: *Ciencias Marinas*. Universidad Autónoma de Baja California México. 25(2): 193-212.
- FAUCHALD, K. & P. A. JUMARS. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 17:193-284.
- GARRIDO-LINARES, M., D. ALONSO-CARVAJAL, J. GUTIÉRREZ-SALCEDO, E. MONTOYA-CADAVID, A. MONTOYA-CADAVID, M. BASTIDAS & A. JIMÉNEZ. 2014a. Línea base ambiental del bloque de exploración de hidrocarburos Guajira Offshore 3 en el Caribe Colombiano. Informe técnico final. Santa Marta. INVEMAR - ANH, Santa Marta, 342. p. +Adjuntos + Anexos.
- GARRIDO-LINARES, M., D. ALONSO-CARVAJAL, M. RUEDA, C. RICAURTE, A. POLANCO, A. CÁRDENAS, C. CEDEÑO, E. MONTOYA, E. ESCARRIA, F. DORADO, J. M. GUTIÉRREZ, K. AYALA, L. TAVERA, M. A. MUTIS, M. I. AGUILAR, M. VIDES-CASADO, O. RODRÍGUEZ, V. YEPES-NARVÁEZ, J. PIZARRO, F. VALENCIA, A. RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ, M. MURCIA, C. PEÑA, M. BASTIDAS-SALAMANCA & C. GIRALDO. 2014b. Informe técnico Final “Línea base ambiental preliminar de los bloques de exploración de hidrocarburos Caribe colombiano: fase COL 4 y COL 5. INVEMAR-ANH, Santa Marta, 284+anexos.
- GLOVER, E. A. & J. D. TAYLOR. 2007. Diversity of chemosymbiotic bivalves on coral reefs: Lucinidae of New Caledonia and Lifou (Mollusca, Bivalvia). *Zoosystema* 29: 109– 181.
- GRACIA, A., FONTALVO & E. L.C. GÁMEZ. 2013. La clase Caudofoveata (Mollusca) en el Mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Costeras* 42(2): 421-424.
- IVANOV, D. L. & A. H. SCHELTEMA. 2002. Prochaetodermatidae of the Indian Ocean collected during Soviet VITYAZ cruises 1959–1964 (Mollusca: Aplacophora). *Molluscan Res.* 22(2): 183-202.
- KILBURN, R. N. 1999. The family Nuculidae (Bivalvia: Protobranchia) in South Africa and Mozambique. *Annal. Natal Mus.* 40(1): 245-268.
- KNOX, G. 1977. *The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities*. En: *Essays of polychaetous annelids in memory of Dr. Olga Hartman*. Eds, D. REISH & K. FAUCHALD. Allan Hancock Foundation, Los Ángeles. 547-604.
- MARTÍ, E., J. TORRES-GAVILÁ, J. TENA, M. RODILLA, A. SÁNCHEZ-ARCILLA, M. MESTRES & C. MÖSSO. 2007. Temporal changes in mollusk and polychaete communities in the soft bottom of Cullera Bay (Western Mediterranean). *J. Coast. Res.*: 76- 83.

- MCLACHLAN, A. & A. C. BROWN. 2006. *The ecology of sandy shores*. Second edition. 351 pp.
- MEURANT, G. 1982. *The Biology of Crustacea: Systematics, The Fossil Record, and Biogeography* (Vol. 1). Academic press. 319p.
- MORALES-NUÑEZ, A. G., C. MORALES-RUIZ & N. E. ARDILA. 2017. First record of the family Sphyrapodidae Gutu, 1980 (Crustacea: Peracarida: Apseudomorpha) with the description of a new species of *Sphyrapus* from the Colombian Caribbean, *PeerJ* 3947; <doi:10.7717/peerj.3947>
- ÓLAFSSON, E. 2003. “Do macrofauna structure meiofauna assemblages in marine soft-bottoms? A review of experimental studies.” *Vie Milieu* 53(4): 249-264.
- POHLE, G. & T. THOMAS. 2001. *Marine biodiversity monitoring. Monitoring protocol for marine benthos: intertidal and subtidal macrofauna*. New Brunswick, Canada: Huntsman Marine Science Center, 28 p.
- ROUSE, G. W. & F. PLEIJEL. 2001. *Polychaetes*. New York, USA: Oxford University Press. 353 p.
- ROWE, G. & M. KENNICUTT. 2001. Deepwater program: Northern Gulf of Mexico continental slope habitats and benthic ecology. New Orleans: U.S. Department of the Interior. 158 p.
- SHELTEMA, A. H. 1997. Aplacophoramolluscs: Deep-sea analogs to polychaetes, *Bull. Mar. Sci.* 60: 575-583.
- SHARMA, J., J. BAGULEY, B. A. BLUHM & G. ROWE. 2011. Do meio- and macrobenthic nematodes differ in community composition and body weight trends with depth? *PLoS One*, 6 (1), e14491 <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014491>>
- SOLANO, O. D., C. SÁNCHEZ, L. ESPINOSA, M. RUEDA, A. BÁEZ, E. ESCARRIA, M. MURCIA, F. CORTÉS, H. F. SÁENZ, W. GUALTEROS & D. VEGA. 2008. Monitoreo ambiental de la calidad de aguas, sedimentos y comunidades marinas en la zona de influencia directa del Pozo Exploratorio Arazá I. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Técnico Final, para la empresa PETROBRAS Colombia Ltd., Santa Marta. 322p + Anexos.
- TAVERA-MARTÍNEZ, L. & M. MARCHANT. 2017. Presence of Foraminifera of Superfamily Komokioidea (Order Astrorhizida) in Colombian deep Caribbean waters. *Zootaxa* 4337 (4): 553–562.
- TAYLOR, L. R. 1961. Aggregation, Variance, and The Mean. *Nature*. 189:732-735.
- VIDES M. & D. ALONSO. (Eds.). 2016. Levantamiento de información ambiental de sistemas marinos y costeros sobre el Caribe colombiano Fase II. Convenio 167 ANH- INVEMAR. Informe técnico final. INVEMAR, Santa Marta. 603 p.
- VIDES M., M. SANTOS-ACEVEDO & D. ALONSO (Eds.). 2017. Estudio técnico ambiental de línea base en el área de evaluación COL 3 sobre la cuenca sedimentaria del Caribe Colombiano. Informe Técnico Final. Convenio 139-17. ANH- INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, Santa Marta. 376 p.
- VIDES M. & D. ALONSO (Eds.). 2018. Estudio técnico ambiental de línea base en el área de evaluación COL 10, extremo norte del Caribe colombiano. Informe Técnico Final. Convenio 340-18. ANH- INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, Santa Marta. 416 p.
- WIDDICOMBE, S. & M. C. AUSTEN. 1999. “Mesocosm investigation into the effects of bioturbation on the diversity and structure of a subtidal macrobenthic community.” *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 189: 181-193.
- WIESER, W. 1953. La relación entre la forma de la cavidad oral, la dieta y la ocurrencia en nemátodos marinos de vida libre. *Arkiv für Zoologie* 4: 439–484.

Recibido: Octubre 2024.

Aceptado: Diciembre 2024.