

ESTRUCTURA DE LA MACROINFAUNA ASOCIADA A LOS FONDOS BLANDOS DEL CARIBE NORTE COLOMBIANO

MACROINFAUNAL STRUCTURE ASSOCIATED TO SOFT BOTTOMS IN THE NORTHERN CARIBBEAN SEA

Carlos Trujillo, Zuly Sosa y Kesia Linero

RESUMEN

Durante febrero de 2006, en el desarrollo del crucero 0206 AMPs (Áreas Marinas Protegidas), se tomaron muestras de sedimento de la plataforma continental del Caribe norte de Colombia en las ecorregiones Palomino y Guajira con el objetivo de describir la estructura de la macroinfauna asociada a los fondos sedimentarios entre los 28 y 72 m de profundidad y establecer los factores ambientales que la determinan. La composición faunística estuvo representada por 75 familias distribuidas entre moluscos (32), poliquetos (28), crustáceos (12), equinodermos (1), sipuncúlidos (1). Los poliquetos fueron los más abundantes, con el 45% de los organismos. Los moluscos aportaron el 80% de la biomasa. Entre las familias de mayor abundancia estuvieron Nuculanidae (13,1%), Aspidosiphonidae (6,6%), Maldanidae (6,4%), Spionidae (6,2%) y Eunicidae (4,6%). El tipo de fondo correspondió a arenas medias, finas y lodos con aportes de CaCO_3 litoclásticos y litobioclásticos. El tipo de comunidad observada presentó un arreglo similar al descrito para la macroinfauna del Golfo de Salamanca en la región de Santa Marta. No se presentó una relación fuerte entre la estructura biótica de los ensamblajes y las variaciones físicas del sedimento o la profundidad. De hecho, en el presente estudio se evidencia solo un efecto débil del tamaño de grano que, conforma el sustrato físico, sobre la distribución espacial de la macroinfauna de La Guajira.

PALABRAS CLAVE: Caribe colombiano, estructura comunidad, macroinfauna, plataforma continental.

ABSTRACT

During february 2006, in the ship cruise 0206 AMPs (Marine Protected Regions), we took samples of soft bottom from the continental shelf of Palomino and Guajira eco-regions. The goal was to describe the structure of the macroinfauna associated to soft bottoms between 28 and 72 m deep and to establish the environmental factors affecting such structure. The faunal composition was represented by 74 families belonging to mollusks (32), polychaetes (28), crustaceans (12), echinoderms (1) and sipunculans (1). The polychaetes were the most abundant, with the 45% of the organisms. The mollusks were the 80% of the biomass. The most abundant families were Nuculanidae (13,1%), Aspidosiphonidae (6,6%), Maldanidae (6,4%), Spionidae (6,2%) and Eunicidae (4,6%). The composition of the bottom was sand of medium and fine grain size and mud with some inputs of CaCO_3 litoclastics and litobioclastics. The type of community observed had a structure similar to the macroinfauna described for the Gulf of Salamanca in the Santa Marta region. There was no a strong relation between the biotic structure and the assemblages and the physical variations of the sediment and the depth. In fact, in the current research we show evidence of the weak effect of the sand grain size on the spatial distribution of the macroinfauna of La Guajira.

KEY WORDS: Colombian Caribbean, community structure, macroinfauna, continental structure.

Dirección de los autores:

Universidad del Magdalena, Profesor Catedrático. Programa de Biología - Carrera 32 No 22 - 08 - Santa Marta D.T.C.H. Colombia. Email: carlostujillo9@yahoo.es (C.T). Universidad del Magdalena, Bióloga - Carrera 32 No 22 - 08 - Santa Marta D.T.C.H. Colombia. (Z.S, K.L)



INTRODUCCIÓN

El bentos asociado a fondos blandos es una comunidad marina que cobra importancia a medida que se conocen sus relaciones físicas, químicas y biológicas con el entorno, en especial las que se dan con los recursos explotados. En los últimos años se le ha dado un importante valor al estudio integral de los ecosistemas marinos explotados como fuente primordial para determinar el estado actual de las pesquerías. Es allí, donde se ha hecho relevante incluir el bentos por sus relaciones ecológicas con los peces, debido a la importancia de los vínculos tróficos del bentos con el recurso pesquero (Link, 2001).

La estructura de las comunidades bentónicas de fondos blandos, además de servir para el establecimiento de una línea base para futuros programas de seguimiento y evaluación (Guzmán-Alvis y Díaz, 1993), son ampliamente utilizados en planes de manejo, ya que estas comunidades presentan organismos que se caracterizan por su poca movilidad y ciclos de vida largos, además, por su relación íntima con el sedimento, responden rápidamente a las perturbaciones (Frithsen y Holland, 1990) y los hacen ideales para el estudio de cambios ambientales de origen natural o antrópico (Clarke y Warwick, 1994).

La mayoría de los trabajos sobre la estructura de comunidades bentónicas de fondos blandos en el Caribe colombiano se concentran en la plataforma continental del departamento del Magdalena (García et al., 1990; Guzmán-Alvis y Díaz, 1993, 1996; Guzmán-Alvis y García, 1996 y Guzmán-Alvis et al., 2001), conociéndose muy poco de otros sectores. Los estudios realizados en la plataforma continental de La Guajira, a pesar de ser uno de los departamentos con mayor extensión de línea de costa del país y la zona con mayor actividad extractiva por parte de la flota pesquera de arrastre de fondo, son escasos, descriptivos y limitados a determinadas taxocenosis, por ejemplo, los desarrollados en Bahía Portete por Dueñas (1988) y Díaz (1992); el estudio de los ostrácodos frente a Riohacha por Ramírez (1983), la caracterización de moluscos por Puyana (1992) y los estudios sobre macrobentos de la región del Pájaro y Mingueo en la baja Guajira desarrollados por Invemar (1995) y Guzmán-Alvis y Solano (1997), respectivamente.

Un aspecto importante de utilizar las comunidades macrobentónicas de fondos blandos como indicadores

de contaminación o perturbación ambiental de ecosistemas marinos, es que permiten trabajar con niveles taxonómicos mayores a especie (Somerfield y Clarke, 1995). Guzmán-Alvis y García (1996) concluyeron que al utilizar la agregación taxonómica a nivel de familia hay poca pérdida de información en gradientes de contaminación y naturales en los análisis multivariados, disminuyendo así los costos y el tiempo de procesamiento de laboratorio, entre otros.

La presente investigación fue producto de una caracterización espacial puntual durante febrero de 2006 de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos de la plataforma continental de La Guajira y determinar su relación con algunas variables ambientales como la profundidad y el tipo de sedimento. El estudio se desarrolló en el marco del proyecto Áreas Marinas Protegidas (AMPs): una herramienta de manejo para las pesquerías demersales en la zona norte del Caribe colombiano, cuyo propósito fue establecer una línea base que aportara información para el diseño de una AMP que contribuyera con el manejo de las pesquerías demersales en la zona norte del Caribe colombiano con énfasis en las especies *Lutjanus synagris* y *L. analis*.

Área de estudio

Este trabajo se realizó en la plataforma continental de la zona norte del Caribe colombiano entre Puerto Estrella (12° 32' N - 71° 22' W) y río Palomino (11° 17' N - 73° 33' W; Figura 1). Esta área comprende, de acuerdo a la sectorización propuesta por Invemar (2000), las ecorregiones Guajira y Palomino. La ecorregión Guajira se extiende desde Castillete, en los límites fronterizos con Venezuela, hasta la ciudad de Riohacha entre la línea costera y los 200 m de profundidad con un litoral de alta energía, sedimentos arenosos y lodosos, exceptuando algunas zonas con playas protegidas por accidentes costeros y se caracteriza por una alta diversidad biológica y abundancia de recursos pesqueros. La ecorregión Palomino se extiende desde la ciudad de Riohacha hacia el oeste hasta la desembocadura del río Piedras, entre la línea de costa y la isobata de los 200 m, se caracteriza por presentar una costa abierta de alta energía, predominantemente baja y constituida por playas amplias de grano grueso. La plataforma continental es de ancho medio, sus fondos son de arenas gruesas en las zonas someras y lodosas en las profundas.

Esta zona presenta una precipitación total anual inferior a los 500 mm y sigue el régimen climático para la

región Caribe colombiana influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical, con una época seca de diciembre a abril y una época lluviosa entre agosto y octubre, el resto del año es de transición entre esas dos épocas (Andrade, 2001). Las corrientes marinas presentan una dirección E-W cuando los alisios soplan del norte y noreste (época seca) presentándose además una surgencia de aguas subsuperficiales (Andrade, 2001). Cuando los alisios del norte pierden fuerza (época de lluvias) predomina la contracorriente Panamá-Colombia con dirección W-E originada a la altura del Golfo de Urabá en el Caribe suroccidental (Corpes, 1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase de campo

Se seleccionaron 14 estaciones entre los 28 y 72 m de profundidad (Figura 1), establecidas con base en el tipo de sedimentos y la profundidad de acuerdo a las cartas batimétrica y sedimentológica CIOH COL 040 y 041. En cada estación, mediante una draga van Veen de 0,07 m² de cobertura, se tomaron dos muestras de sedimento que se fijaron con una solución de formalina al 5%, diluida en agua de mar y teñido con Rosa de Bengala al 1%, para realizar el análisis biológico (composición, abundancia y biomasa) y una submuestra por dragado para el análisis granulométrico del sedimento y la determinación de la cantidad de Carbonato de Calcio.

Además se registró la temperatura y salinidad del agua de fondo, mediante una sonda CTD.

Fase de laboratorio

Las muestras de sedimento fueron secadas a temperatura ambiente y posteriormente en una estufa a 80 °C, hasta peso constante. De acuerdo con el tipo de sedimento, se utilizaron dos métodos para determinar la composición dimensional de las partículas, para las arenas se realizó el tamizaje en seco y para el lodo en húmedo (Folk, 1980; Holme y McIntyre, 1984). El contenido de Carbonato de Calcio se determinó mediante la técnica microgasométrica, usando la modificación del método de Bernard (Guzmán-Álviz, 1993). Los sedimentos se caracterizaron de acuerdo al tamaño promedio del grano (ϕ medio), contenido de Carbonato de Calcio (% CaCO₃) y el índice arenoso (IA), el cual permite definir la naturaleza lodosa o arenosa a partir del porcentaje de arena contenida en el sedimento.

El sedimento destinado para el análisis biológico fue tamizado mediante un tamiz de 500 μ m lavando con agua. El material retenido en el tamiz fue preservado en formalina al 5%, a partir de este material se separaron los organismos macrobentónicos por taxa mayores. Los organismos se identificaron hasta el nivel de familia. La abundancia se cuantificó como número de organismos/0,15 m² y la biomasa como el peso húmedo en g/0,15 m².

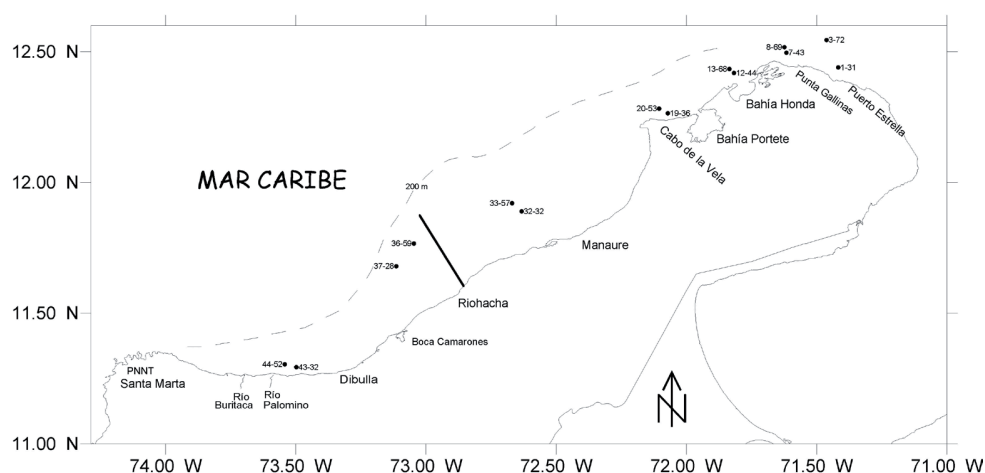


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo de macroinfauna de fondos sedimentarios en la plataforma continental del Caribe norte colombiano durante febrero de 2006. La notación en cada punto corresponde al número de la estación en primer lugar, seguido por la profundidad en metros.

Análisis de la información

Estructura de la macroinfauna. Con base en los conteos realizados para cada estación se determinaron los siguientes componentes estructurales: número de individuos, número de familias, familia dominante y su porcentaje. La definición de los ensamblajes de la comunidad se realizó mediante un análisis de clasificación entre estaciones, aplicando el índice de similitud de Bray-Curtis con transformación presencia-ausencia y utilizando la técnica del ligamiento promedio no ponderado (UPGMA) para realizar el dendrograma e identificar ensamblajes. También se exploró si la profundidad o el tipo de sedimento son los factores que determinan la distribución espacial de la macroinfauna, mediante la ordenación escalamiento multidimensional no métrico (MDS) (Field et al., 1982).

Con el ánimo de comparar las asociaciones de la clasificación se recalculó para cada ensamblaje la familia dominante y su porcentaje, las familias características, el número de familias y la biomasa promedio. Se utilizó la técnica descrita por Kaandorp (1986) para caracterizar la composición faunística recalculando la dominancia y frecuencia intragrupo, permitiendo discriminar las familias exclusivas, generalistas y características, excluyendo del análisis las familias que no alcanzaron el 1% de la abundancia total.

Relación entre la estructura de la macroinfauna y las condiciones ambientales. La estructura biológica de los ensamblajes se relacionó con las variables ambientales mediante el procedimiento BIOENV, teniendo en cuenta la profundidad, tamaño promedio del grano (ϕ medio), índice arenoso (IA), porcentaje de Carbonato de Calcio (% CaCO_3) y la cantidad de arena muy fina (% AMF). La matriz de similitud abiótica se construyó usando la distancia euclidiana normalizada y se relacionó con la matriz de similitud biológica por medio de la correlación armónica de Spearman (Clarke y Warwick, 2001). Las variables seleccionadas índice arenoso, % CaCO_3 y AMF fueron transformadas con raíz cuadrada, entre tanto, la profundidad y el ϕ medio no lo requirieron (Páramo et al., 2006). Se excluyeron del análisis los tamaños diferentes a AMF, porque presentaron coeficientes de correlación altos con el índice arenoso y por tanto, se utiliza este último junto con el tamaño promedio de grano (ϕ medio) como variables que caracterizan muy bien el sedimento de las estaciones.

RESULTADOS

Características físicas y químicas del sedimento

La temperatura del agua de fondo presentó un intervalo entre 22,1 y 24,7 °C y la salinidad una variación mínima entre 36,89 y 36,73, manteniéndose estable en las dos ecorregiones. En la Tabla 1 se resumen las características físicas y biológicas de cada estación. De acuerdo con la naturaleza del sedimento se observaron fondos compuestos en diferentes proporciones por arenas y lodos con aportes de CaCO_3 litoclásticos y litobioclásticos.

La distribución de sedimentos en el Caribe norte colombiano presentó tres sectores bien definidos. El primero está ubicado hacia el norte de La Guajira, donde se observó heterogeneidad en el tipo de sedimentos (lodo, lodo arenoso, arena lodosa y arena). El segundo está en la parte central de La Guajira, comprendido entre Manaure y Riohacha, donde predominan las arenas. El tercero está en la parte sur, entre Boca Camarones y la ecorregión Palomino, donde fue notable la heterogeneidad en el tamaño del grano, similar al del sector norte de La Guajira (Figura 2).

Composición y estructura de la macroinfauna

El número de organismos por estación varió entre 9 y 75 organismos por 0,15 m², obteniendo un total de 518 individuos, de los cuales el 45% fueron anélidos, 38% moluscos, 7% crustáceos, 3% entre equinodermos y nemertinos y 1% sipuncúlidos. La biomasa húmeda total fue de 7,66 gr de los cuales el 80% fue de moluscos, seguidos por los anélidos con 14%, crustáceos 5% y 1% para sipuncúlidos, equinodermos y nemertinos.

La composición faunística está representada por 75 familias distribuidas entre moluscos (32), poliquetos (28), crustáceos (12), equinodermos (1), sipuncúlidos (1) y nemertinos (1) (Figura 3b). Los poliquetos fueron los más abundantes con el 45% de los individuos, seguido por los moluscos (38%), crustáceos (7%) y sipuncúlidos (7%) (Figura 3a). El número de familias por estación presentó un intervalo entre 6 y 32. Las familias de mayor abundancia fueron Nuculanidae (13,1%), Aspidosiphonidae (6,6%), Maldanidae (6,4%), Spionidae (6,2%) y Eunicidae (4,6%). La dominancia relativa por familia para las estaciones expone valores

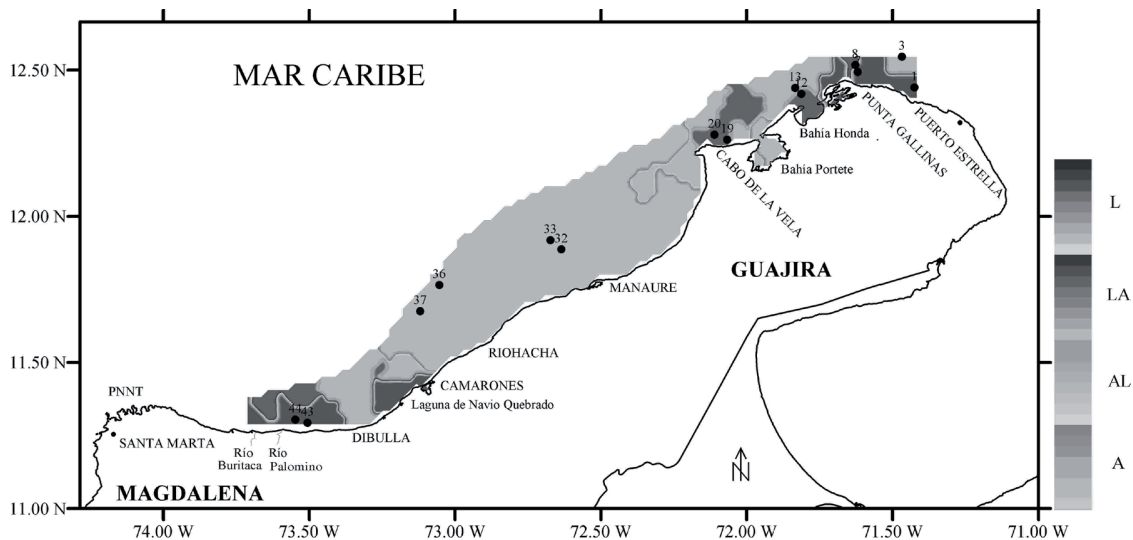


Figura 2. Tipo de fondo con base en el tamaño de grano (phi) de los sedimentos de la plataforma continental del Caribe norte colombiano.

Tabla 1. Características físicas y biológicas de la macroinfauna de fondos blandos en cada estación del Caribe norte de Colombia durante febrero de 2006. Estación (Est.). Prof. (Profundidad en metros), Tipo sedimento (Índice arenoso), N (Número de individuos/área), biomasa en peso húmedo/área, S (Número de familias), Mol (Molusco), Pol (Poliqueto), Nem (Nemertino), Sip (Sipunculido), DR (Dominancia relativa al total por estación de la familia dominante).

Est.	Prof (m)	IA	N Ind/0,15 m2	Biomasa g/0,15 m2	S	Familia dominante	DR
37	28	Arena	75	0,84	32	Terebellidae	Pol 17%
1	31	Lodo	11	0,21	7	Cirratulidae	Pol 27%
32	32	Arena	11	0,34	7	Nuculanidae	Mol 27%
43	32	Lodo	67	0,17	26	Aspidosiphonidae	Sip 13%
19	36	Lodo arenoso	45	0,7	9	Nuculanidae	Mol 51%
7	43	Lodo	15	0,06	13	Pyramidellidae	Mol 13%
					13	Magelonidae	Pol 13%
						Nemertea	Nem 8%
12	44	Lodo arenoso	64	0,47	29	Columbellidae	Mol 8%
						Nuculanidae	Mol 8%
						Maldanidae	Pol 8%
44	52	Lodo	34	0,07	18	Capitellidae	Pol 12%
						Spionidae	Pol 12%
20	53	Lodo arenoso	37	0,44	18	Nuculidae	Mol 16%
						Spionidae	Pol 16%
33	57	Arena lodosa	52	1,60	28	Corbulidae	Mol 8%
						Cirratulidae	Pol 8%
						Corbulidae	Mol 22%
36	59	Arena lodosa	9	0,01	6	Nuculanidae	Mol 22%
						Eunicidae	Pol 22%
13	68	Arena lodosa	53	2,20	17	Nuculanidae	Mol 26%
8	69	Lodo arenoso	17	0,14	9	Nuculanidae	Mol 29%
3	72	Arena lodosa	28	0,41	13	Nuculanidae	Mol 25%

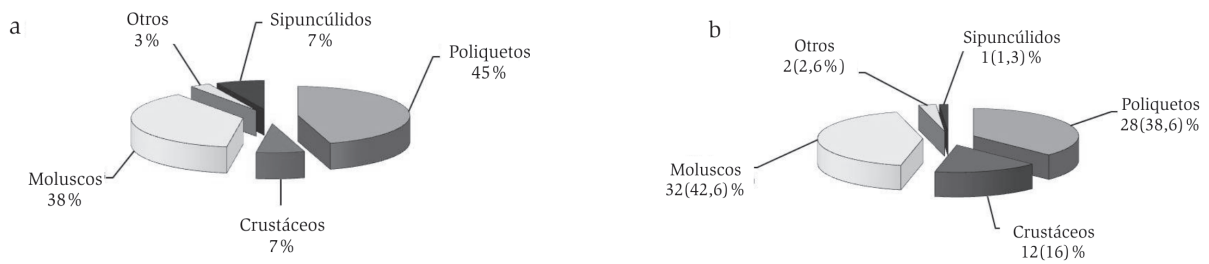


Figura 3. Composición faunística de la macroinfauna asociada a fondos blandos del Caribe norte colombiano durante febrero de 2006. a. número de individuos por taxa y b. número de familias por taxón y su abundancia relativa.

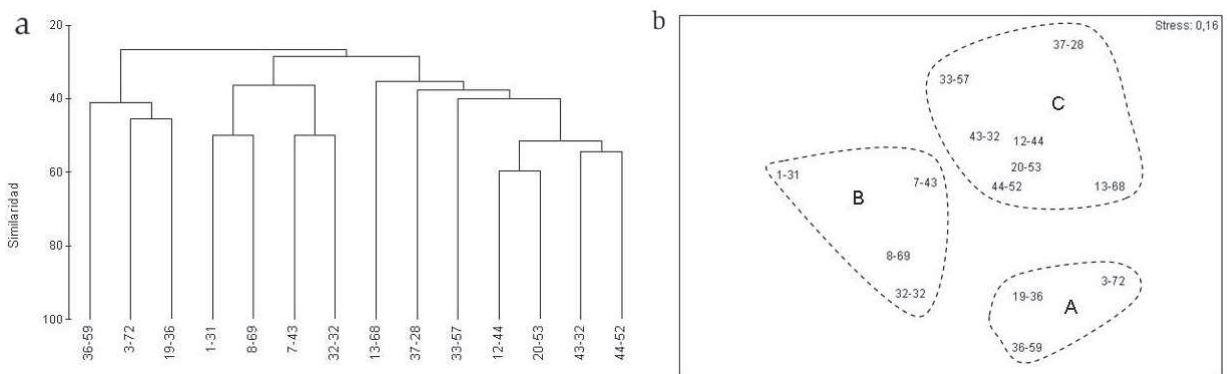


Figura 4. a. Clasificación y ordenamiento multidimensional no métrico (MDS) y b. de las estaciones estudiadas durante febrero de 2006 en la plataforma continental del Caribe norte colombiano (la notación en cada punto corresponde al número de la estación en primer lugar, seguido por la profundidad en metros).

entre 8 y 51 %, representadas principalmente por moluscos y poliquetos.

En el dendrograma de la Figura 4a se observan tres ensamblajes conformados por las 14 estaciones. El primer grupo está constituido por las estaciones 36, 3 y 19 entre 36 y 72 m de profundidad, el segundo contiene las estaciones 1, 8, 7 y 32 entre 31 y 59 m y el tercer grupo por las estaciones 13, 37, 33, 12, 20, 43 y 44, con un intervalo de profundidad entre 28 y 68 m. De igual manera, en la Figura 4b se observa el arreglo de las estaciones mediante el análisis de ordenamiento MDS, mostrando los mismos tres ensamblajes. Las características de los ensamblajes A, B y C conformados en la clasificación, se muestran en la Tabla 2. Entre las familias de mayor importancia por su dominancia o frecuencia están Nuculanidae, Cirratulidae, Alpheidae, Spionidae y Maldanidae con densidades promedio que fluctuaron entre 2 y 11 ind/0,15 m².

El análisis inverso caracterizó los ensamblajes de acuerdo a la dominancia y frecuencia de aparición de las principales familias (Figura 5). Se definió como familias características aquellas que tuvieran un porcentaje de dominancia dentro del grupo superior al 70 % y

frecuencia de aparición en las estaciones del grupo superior al 80%. En el grupo principal ABC ninguna de las familias se presentó en todas las estaciones y tan solo la familia Nuculanidae se considera generalista al acumular más del 80% de frecuencia dentro del estudio, además de presentar la mayor abundancia total. En este mismo grupo principal se observó la presencia de tres familias que no alcanzaron los niveles de dominancia requeridos; entre tanto, la familia de mayor dominancia fue Terebellidae con el 94 % y sólo 5 familias presentaron dominancias en el nivel del 70 %.

Los ensamblajes A y B no presentaron familias características o bien exclusivas (Tabla 3). En la asociación BC, se observaron dos familias Capitellidae y Aspidosiphonidae, que además de los nemertinos, cumplieron con los porcentajes en dominancia y frecuencia para definirlos como familias características; sólo los sipuncúlidos y nemertinos acumularon el 90 % de la dominancia. Entre tanto, en el grupo C, las nueve familias agrupadas presentaron una dominancia superior al 90%; pero los niveles de presencia en las estaciones en ese grupo, estuvieron por debajo del 80 % y no se pudieron definir como exclusivas (Tabla 3).

Tabla 2. Características estructurales de los ensamblajes de la macroinfauna de fondos blandos durante febrero de 2006 en el Caribe norte de Colombia. G: grupo, P: profundidad, FD: familia dominante, D: porcentaje de dominancia relativa, FC: familia característica, N: número promedio de individuos/0,15 m² ± desviación estándar, S número total de familias, Biomasa promedio ± desviación estándar.

G P (m)	Tipo sedimento	FD	D (%)	FC	N (0,15 m ²)	S	Biomasa (g/0,15 m ²)
A 72-36	Arena lodosa	Nuculanidae	47,1		2 ± 2,8	12	0,19 ± 0,23
	Lodo arenoso						
B 31-69	Arena	Cirratulidae	46,7		1,3 ± 0,5	13	0,10 ± 0,11
	Lodo arenoso						
	Lodo						
C 28-68	Arena	Alpheidae	100,0	Spionidae	1,7 ± 1,2	22	0,42 ± 0,52
	Arena lodosa			Maldanidae			
	Lodo arenoso						
	Lodo						

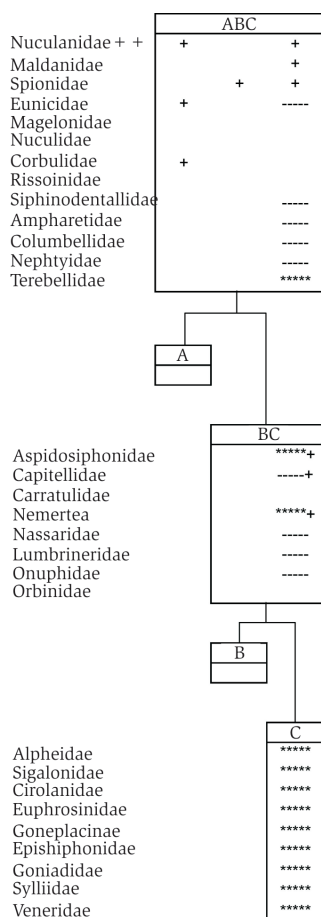


Figura 5. Diagrama que combina la clasificación de estaciones y el análisis inverso de la macroinfauna de fondos sedimentarios del Caribe norte de Colombia. ---- representa una concentración de la abundancia de 70% o más dentro de cada grupo. ***** abundancia de 90% o más. + presencia de 80% o más dentro de cada grupo. ++ frecuencia de 80% o más en todo el estudio

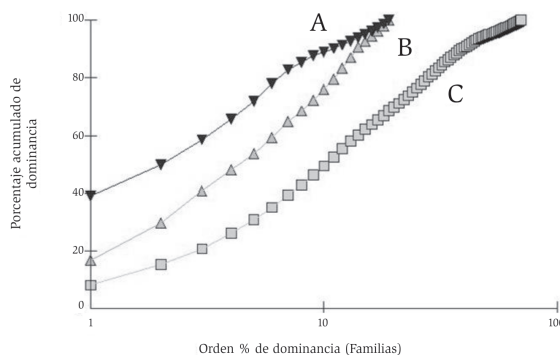


Figura 6. Curvas de k-dominancia para los ensamblajes observados en la macroinfauna del Caribe norte de Colombia, durante febrero de 2006.

Comparando los valores de diversidad entre los tres ensamblajes se observó que el grupo C tiene mayor diversidad que el grupo B y A, debido a que en el ensamblaje C, las familias más abundantes del estudio, mostraron bajas dominancias (Figura 6).

La superposición de algunas variables físicas características del sedimento, sobre la ordenación del MDS original, se muestra en la Figura 7. Las variables profundidad, phi medio y cantidad de Carbonato de Calcio, no presentaron una relación clara con la estructura biológica, es así como, la mezcla entre valores extremos de algunas de las variables en los grupos de estaciones, podrían indicar una heterogeneidad del sustrato, en relación con la composición dimensional de las partículas de sedimento. Sin embargo, se encontró

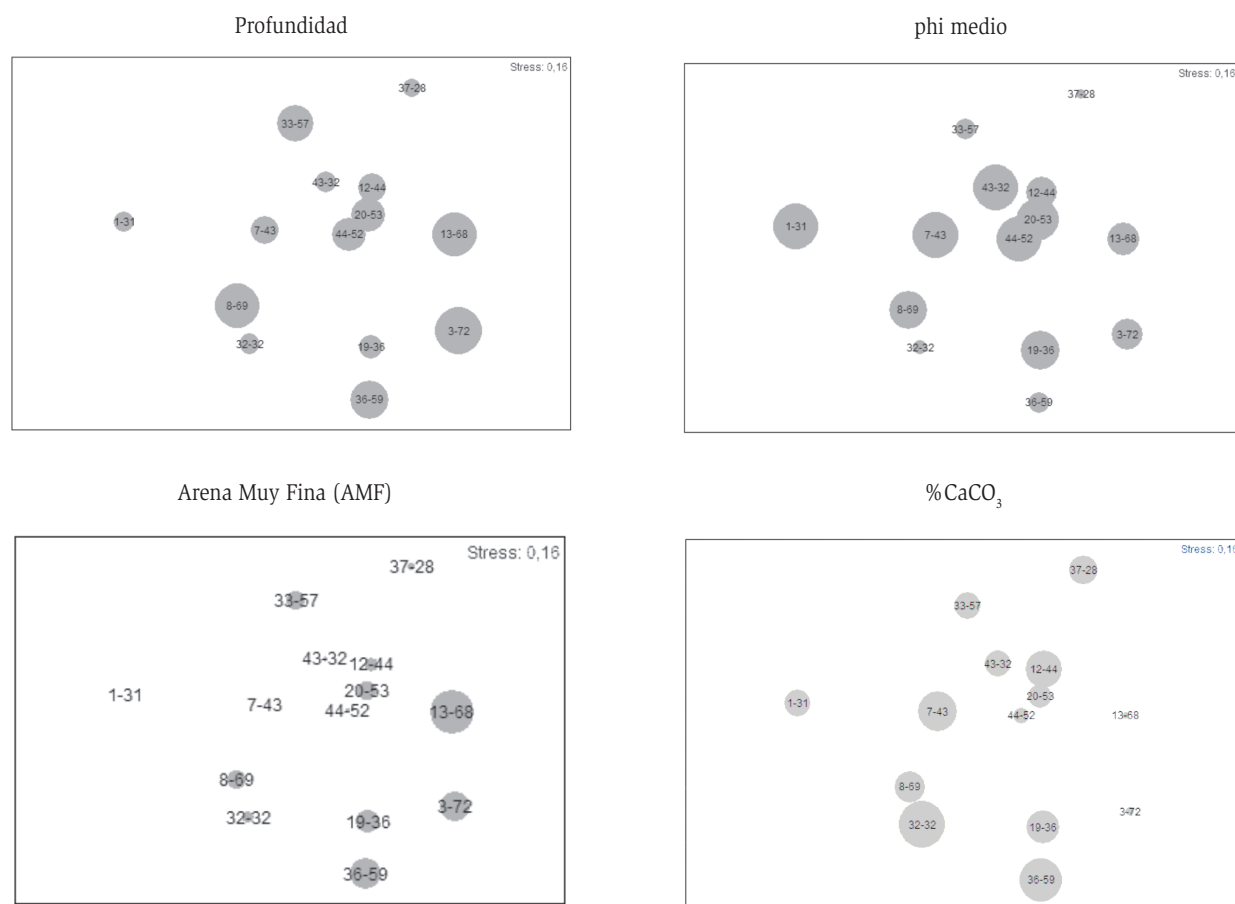


Figura 7. Superposición de variables ambientales sobre el MDS obtenido a partir de la abundancia de las familias de la macroinfauna del Caribe norte colombiano durante febrero de 2006. El tamaño de los símbolos es proporcional al valor numérico de las variables.

Tabla 3. Estructura faunística de las asociaciones A, B y C caracterizando las familias de mayor importancia mediante los índices de dominancia en el total y en cada asociación y su respectiva frecuencia durante el estudio realizado en febrero de 2006 sobre la macroinfauna de fondos blandos del Caribe norte de Colombia. DE (desviación estándar).

Familia	Densidad Promedio ind/0,15 m ²	DE	Dominancia comunidad (%)	Dominancia asociación (%)	Frecuencia grupo (%)	Frecuencia durante el estudio (%)
Asociación A						
Nuculanidae	10,7	11,0	8,8	47,1	100,0	85,7
Maldanidae	3,0	2,6	2,5	27,3	66,7	71,4
Corbulidae	2,3	0,6	1,9	33,3	100,0	57,1
Nuculidae	2,0	3,5	1,6	37,5	33,3	28,6
Spionidae	1,7	2,9	1,4	15,6	33,3	78,6
Rissoinidae	1,7	2,1	1,4	31,3	66,7	28,6
Eunicidae	1,3	0,6	1,1	16,7	100,0	71,4
Asociación B						
Nuculanidae	2,3	2,2	2,5	13,2	75,0	85,7
Cirratulidae	1,8	1,3	1,9	46,7	75,0	35,7
Spionidae	1,5	0,6	1,6	18,8	100,0	78,6

Familia	Densidad Promedio ind/0,15 m ²	DE	Dominancia comunidad (%)	Dominancia asociación (%)	Frecuencia grupo (%)	Frecuencia durante el estudio (%)
Asociación C						
Nuculanidae	3,9	4,7	7,4	39,7	85,7	85,7
Maldanidae	3,0	2,5	5,8	63,6	85,7	71,4
Spionidae	3,0	2,1	5,8	65,6	85,7	78,6
Eunicidae	2,6	3,9	4,9	75,0	71,4	71,4
Terebellidae	2,3	4,8	4,4	94,1	57,1	35,7
Corbulidae	2,0	1,7	3,8	66,7	71,4	57,1
Alpheidae	1,7	1,3	3,3	100,0	71,4	35,7
Sigalonidae	1,7	2,4	3,3	100,0	42,9	21,4
Rissoinidae	1,6	3,7	3,0	68,8	28,6	28,6
Nuculidae	1,4	2,3	2,7	62,5	42,9	28,6
Cirolanidae	1,1	1,1	2,2	100,0	71,4	35,7

Tabla 4. Combinación de variables ambientales en grupos de k variables que explica la correlación con la estructura biótica de la macroinfauna de fondos sedimentarios del Caribe norte de Colombia durante febrero de 2006. Se resalta en negro la mejor combinación. AMF (arena muy fina), % CaCO₃ (Concentración de carbonato de calcio), phi medio (Tamaño promedio de grano en unidades phi) e IA (Índice arenoso).

K	Correlación armónica (ρ)
1	0,252 AMF
2	0,263 AMF, CaCO ₃
3	0,310 phi medio, AMF, CaCO ₃
4	0,263 phi medio, AMF, CaCO ₃ , IA

cierto gradiente en la grafica del MDS combinado con la cantidad de AMF en las diferentes estaciones, indicando una relación con la estructura de las asociaciones.

La combinación de las variables físicas, profundidad, phi medio, índice arenoso, proporción de AMF y % CaCO₃, determinó que el máximo coeficiente de correlación armónica lo presentó la secuencia phi medio, AMF y % CaCO₃; por lo que esta combinación debería explicar, de manera exploratoria, que las variaciones en la estructura biológica estuvieron relacionadas con los cambios del tamaño de grano y la cantidad de Carbonato de Calcio presente en los sedimentos (Tabla 4).

DISCUSIÓN

El tipo de fondo encontrado en la plataforma continental del Caribe norte colombiano corresponde en su gran mayoría a arenas, como lo describe Álvarez et al. (1995); sin embargo, estos fondos predominantemente arenosos están restringidos a la zona central de la

Guajira, presentando fondos más heterogéneos hacia los extremos en la ecorregión Palomino y alta Guajira.

Se establecieron tres ensamblajes que agrupan todas las estaciones; sin embargo, estos grupos no mostraron un arreglo evidente debido a la discriminación por algún gradiente ambiental. Es decir, la composición faunística no presentó cambios en cuanto a la posición geográfica o la profundidad, ya que en un mismo ensamblaje se encontraron estaciones con un amplio intervalo de profundidad o localizadas en ambas ecorregiones (Palomino y Guajira). A diferencia de lo encontrado por Guzmán-Alvis y Solano (1997) en la región de Mingueo, en donde la distribución de la macrofauna presentó una clara segregación por efecto de la profundidad. De acuerdo con Alongi (1989), la distribución del sedimento está relacionada con factores como la profundidad, pendiente de la plataforma continental, circulación de las masas de agua y aporte de los ríos. Por lo tanto, si tenemos en cuenta que el intervalo de profundidad en Mingueo estuvo entre 6 y 21,5 m y que por su proximidad a la costa presente mayor hidrodinamismo favoreciendo las diferencias en gradientes ambientales, tales como el cambio del tipo de sedimento por la profundidad, comparados con el presente estudio, en donde las estaciones están más profundas y la influencia continental es menor.

Las familias dominantes de la comunidad macrobentónica del Caribe norte colombiano se caracterizaron por tener tanto frecuencias de aparición como abundancias bajas. En lo que se refiere a la composición de las familias dominantes en el presente estudio y la encontrada por Guzmán-Alvis y Solano (1997) en Mingueo, también se observan diferencias notorias. En Mingueo, la

familia Spionidae fue la dominante en la mayoría de las estaciones, mientras que en el presente estudio, en la mayoría de estaciones, se presentaron familias dominantes diferentes, sin embargo, el número total de familias es semejante. Cabe anotar que los resultados del estudio realizado en la región de Minguero sólo representaban las taxocenosis de poliquetos y bivalvos, a diferencia de este estudio en el cual, además de estos taxa, los sipuncúlidos tuvieron una alta dominancia por lo menos en una estación.

El esquema general en la composición de especies de la macroinfauna en este estudio y la observada para el sector de Minguero, tiene aspectos diferentes de gran importancia que se evidenciaron en el análisis inverso. En el presente estudio las estaciones que se segregaron en las asociaciones A y B no presentaron familias características. Además, las familias generalistas que se determinaron en la asociación principal, aunque alcanzan la dominancia necesaria para esta clasificación, presentaron frecuencias bajas; la única familia con una frecuencia mayor del 80% en todo el estudio fue Nuculanidae. Entre tanto, en la región de Minguero, se encontraron 11 familias generalistas (con una ocurrencia del 100%) y entre ellas no reportan a la familia Nuculanidae; esto podría indicar que las condiciones ambientales que permiten una amplia distribución de las familias fueron más restrictivas en el presente estudio que en la región de Minguero.

La macroinfauna del Caribe norte colombiano se caracterizó más bien por una comunidad que presentó un arreglo similar al descrito por Guzmán-Alvis y Díaz (1996) para la macroinfauna del Golfo de Salamanca,

es decir, no se presentaron taxocenosis bien definidas que muestren algún tipo de patrón con las variaciones físicas del sedimento, la profundidad o la situación geográfica, aunque la densidad promedio fue el doble para el Golfo de Salamanca que en el presente estudio. Estas diferencias en densidad pueden deberse a las épocas climáticas, ya que en los mares tropicales los esquemas de lluvias regulan las descargas de los ríos y la escorrentía continental, que tienen influencia sobre los fondos sedimentarios (Alongi, 1989) y según el Invemar (2003), las menores abundancias y número de taxa se presentan durante épocas de menor precipitación y caudal y los valores más altos corresponden a los de mayor caudal y precipitación.

A diferencia de otros trabajos realizados en el Caribe colombiano, como el de macrobentos en la región de Santa Marta (Guzmán-Alvis y Díaz, 1996; Córdoba, 1997) y la baja Guajira (Guzmán-Alvis y Solano, 1997), la profundidad no presentó mayor importancia en la distribución de la macroinfauna en el presente estudio. Sin embargo, la profundidad influye de manera expresa en el tipo de sedimento, permitiendo ambientes con gradientes físicos amplios, pero que no son determinantes en la distribución espacial de las comunidades macroinfaunales observadas. De hecho, en el presente estudio se evidencia sólo un efecto débil del tamaño de grano que conforma el sustrato, sobre la distribución espacial de la macroinfauna del Caribe norte colombiano.

Las densidades de organismos macrobentónicos asociadas a fondos blandos determinadas en este estudio aparecen empobrecidas en comparación con

Tabla 5. Densidad de la macroinfauna asociada a fondos blandos marinos de la plataforma continental en diferentes sectores del Caribe colombiano. Se observa además el intervalo de profundidad y los límites correspondientes a la densidad en cada estudio.

Localidad	Profundidad (m)	Densidad ind/0,15 m ²		Fuente
		Promedio	Intervalo	
Golfo de Salamanca (1992)	15 - 100		10 - 300	Guzmán-Alvis y Díaz (1993)
Minguero (Guajira) (1993)	6 - 22	328	153 - 399	Guzmán-Alvis y Solano (1997)
El Pájaro (Guajira) (1995)	27 - 37	230	108 - 390	Invemar (1995)
Golfo de Salamanca (1994-1996)	5 - 69	233	45 - 761	Guzmán-Alvis et al. (2001)
Caribe norte colombiano (2006)	30 - 70	37	9 - 75	Este estudio

las densidades reportadas para otros sectores del Caribe colombiano (Tabla 5). El hecho de observar índices de abundancia tan bajos por estación, no solamente comparado con los datos de la región de Minguero (Guzmán-Alvis y Solano, 1997), sino también con los observados en el Golfo de Salamanca y en otras

partes del Caribe colombiano, puedan indicar que estas comunidades de macrobentos asociadas a fondos blandos en el norte del Caribe colombiano presentan efectos ambientales de impactos de origen natural o bien antrópico.

Las perturbaciones ambientales de la pesca de arrastre, en el contexto de sus efectos directos e indirectos sobre la biodiversidad marina, se relacionan con variaciones en los componentes estructurales y funcionales del ecosistema (Thrush y Dayton, 2002). De acuerdo con Viaña et al. (2002), la pesca de arrastre que se realiza sobre los fondos someros de la plataforma continental en el Caribe colombiano descarta el 70% de la biomasa capturada, de la cual el 30% corresponde a invertebrados, que sumado a la perturbación física de los sedimentos por el arrastre de las redes sobre el fondo desde la década de los 70 (Páramo et al., 2006), pueden ser considerados como factores tensores que inciden en la baja abundancia de la macroinfauna encontrada en este estudio.

CONCLUSIONES

La distribución espacial de la macroinfauna asociada a fondos blandos del norte del Caribe colombiano presentó unas comunidades explicadas en parte por el tipo de fondo y no se encontró ninguna evidencia de que las variables ambientales profundidad y localización geográfica tengan un efecto notorio sobre su estructura. Es decir, no hay mayores diferencias en cuanto la composición por taxa entre las estaciones de las dos ecorregiones o entre profundas y someras; no se presentaron especies características en dos de las asociaciones y pocos taxa abundantes son dominantes o frecuentes para el total de la comunidad.

El análisis de relación ente las variables ambientales y las biológicas permite concluir que la variable que mejor explicó el esquema biológico fue la combinación entre el tamaño promedio de grano, la cantidad de AMF y el contenido de CaCO_3 .

Al comparar la comunidad de la macroinfauna de fondos blandos del Caribe norte colombiano con otras comunidades de La Guajira y Golfo de Salamanca, se observa que presenta esquemas muy bajos de abundancia y está regulada por variables ambientales naturales similares encontradas en otros estudios, a excepción de la profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto Las Áreas Marinas Protegidas AMPs: una herramienta de manejo para las pesquerías demersales en la zona norte de Caribe colombiano; realizado por el grupo de investigación

de Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical CITEPT de la Universidad del Magdalena y financiado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Colciencias código 020309-16652, Universidad del Magdalena, INCODER, INVEMAR y el Institut de Recherche pour le Developpement (IRD).

BIBLIOGRAFÍA

Alongi, D. 1989. Ecology of tropical soft-bottom benthos: a review with emphasis on emerging concepts. *Rev. Biol. Trop.*, 37(1): 85-100.

Álvarez, L. R., Q. J. Aguilera, C. A. Andrade-Amaya y P. Nowak. 1995. Caracterización general de la zona de surgencia en La Guajira colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19(75): 679-694.

Andrade C. 2001. Las corrientes superficiales en la cuenca de Colombia observadas con boyas a la deriva. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 25(96): 321 – 335.

Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Change in marine communities: and approach to statistical analysis and interpretation. Natural environmental research council, UK., 141p.

Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analyses and interpretation. Second edition. Primer-E: Plymouth. 89 p.

Córdoba, M. E. 1997. Macrofauna bentónica asociada a fondos blandos de la plataforma continental de Pozos Colorado y el Rodadero, Caribe Colombiano. Tesis biólogo marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. Colombia. Corpes, 1992. El Caribe colombiano: realidad ambiental y desarrollo. Consejo Regional de Planificación de la Costa Atlántica, Bogotá, Colombia. 350 p.

Díaz, J. M. (Ed). 1992. Descripción inicial de unidades de monitoreo de ecosistemas marinos en la Bahía de Portete. Determinación inicial del área de influencia de puerto Bolívar afuera de la Bahía de Portete. Invemar. Informe final, Santa Marta, Colombia. 67 p.

Dueñas, R. 1988. Comunidades bénticas de fondos sedimentarios 39-75 pp. En: Díaz, J. m. (Ed). Diagnóstico actual de las comunidades marinas de la Bahía de Portete, análisis de efectos reales para la construcción y operación de las instalaciones portuarias. Invemar. Informe final, Santa Marta, 156 p.

Field, J., K. Clark, y R. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 34-52.

Folk, R. L. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, EE.UU. 182 p.

Frithsen, J.B. y A. S. Holland, 1990. Benthic communities as indicators of ecosystem condition. En: McKenzie, D. H. Hyatt, D. E., V. J. McDonald (Eds). Geological indicators. Vol. 1 Published by Chapman y Hall, London, UK. 810 p.

García, C. B., J. H. Sandoval y H. Salzwedel. 1990. Caracterización puntual de las comunidades macrozoobénticas en la plataforma continental de Ciénaga, Caribe colombiano. *Mem. VIII Sem. Nac. Cienc. Tecnol. Mar.* Santa Marta, 2: 591-599.

Guzmán-Alvis, A. I. 1993. La comunidad macrozoobéntica de fondos blandos de la plataforma continental del Departamento del Magdalena (Caribe colombiano). *Magíster Scientiae Thesis.* Universidad Nacional de Colombia. Santafé 386 de Bogotá, Colombia. 73p.

Guzmán-Alvis, A. y J. M. Díaz. 1993. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida-mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betin*, 22: 45-59.

Guzmán-Alvis, A. y J. M. Díaz. 1996. Soft-bottom macrobenthic assemblages of Santa Marta, Caribbean coast of Colombia. *Carib. J. of Sci.* 32: 176-186.

- Guzmán-Alvis, A. y C. B. García. 1996. Taxonomic aggregation and the detection of patterns in a tropical marine benthos data set. *Rev. Biol. Trop.*, 44(2): 865-868.
- Guzmán-Alvis, A. y O. D. Solano. 1997. Estructura de la taxocenosis Annelida-Molusca en la región de Mingueo, Guajira (Caribe colombiano). *Bol. Inst. Inv. Mar. y Cost.*, 26: 35-52.
- Guzmán-Alvis, A., O. D. Solano, M. E. Córdoba-Tejada y A. C. López-Rodríguez. 2001. Comunidad macrofaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe Colombiano). *Bol. Invest. Mar. Cost.* Vol. 30: 39-66.
- Holme, N. A. y A. D. McIntire. 1984. *Methods for the study of marine benthos*. Second edition Blackwell Scientific Publications. IBP, Handbook No 16, Oxford, UK. 387 p.
- Invemar, 1995. Estudio de impacto ambiental proyecto plataforma Chuchupa "B", componentes biológicos, climatológicos y oceanográficos. Asociación Ecopetrol-Texas Petroleum Company. Santa Marta. 161p + 23 láminas.
- Invemar, 2003. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2002 (Eds). Medellín: Servigráficas, 178 p. (Serie de Publicaciones Periódicas; no 8).
- Invemar, 2000. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés". Programa nacional de investigación en biodiversidad marina y costera (PNIBM) J.M. Díaz & D.I. Gómez (ed.). INVEMAR, FONADE y MMA. Santa Marta, Colombia. 83 pp.
- Kaandorp, J. A. 1986. Rocky substrate communities of the infralittoral fringe of the Bournemouth coast. NW France: a quantitative survey. *Mar. Biol.*, 92: 255-265.
- Link, J. 2001. Ecological considerations in fisheries management. When does it matter? *Fish. Mang. Feat.*, 27(4):10-16
- Páramo, J., J. Buelvas, N.P. Correa. y E.D. Egurrola. 2006. Dinámica de la pesquería del camarón de aguas someras (*Farfantepenaeus notialis*) (Pérez-Farfante, 1967), en el Caribe colombiano. Informe proyecto: Monitoreo Biológico Pesquero del camarón de aguas someras del Caribe colombiano. INCODER. Santa Marta, Colombia. 20 p.
- Puyana, M. 1992. Caracterización de la malacofauna de la península de la Guajira (Caribe colombiano). Resumen Mem. VIII Sem. Nac. Cienc. Tecnol. Mar. Santa Marta, 2: 565-580.
- Ramírez, M. 1983. Contribución al conocimiento de los ostrácodos (Arthropoda-Crustacea) actuales de la plataforma continental frente a Riohacha y su relación con factores del medio ambiente. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia. 135 p.
- Somerfield, P. J. y K. R. Clarke. 1995. Taxonomic levels in marine communities studies, revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22: 113 – 119.
- Thrush, S. y P. K. Dayton. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: Implications for marine biodiversity. *Ann. Rev. of Ecol. and Syst.*, 33: 449-465.
- Viaña, J., J. Medina, M. Barros y M. Manjarres. 2002. Evaluación de la ictiofauna demersal extraída por la pesquería industrial de arrastre en el área norte del Caribe colombiano (Enero 2000 – Junio 2001). En: Inpa-Colciencias. Informe técnico final del proyecto Evaluación de las pesquerías demersales del área norte del Caribe colombiano y parámetros ecológicos, biológicos pesqueros y poblacionales del recurso pargo. Santa Marta, Colombia.

Fecha de recepción: 17/06/2008
Fecha de aceptación: 21/07/2009