

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA MACROFAUNA BENTÓNICA ASOCIADA AL SUSTRATO
DURO DEL SECTOR “LA ESCOLLERA”, SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO.**

**SPACIAL AND TEMPORARY DISTRIBUTION OF THE BENTONIC MACROFAUNA
ASSOCIATED WITH HARD SUBSTRATE OF THE SECTOR “LA ESCOLLERA”, SANTA
MARTA, COLOMBIAN CARIBBEAN.**

Oscar Mendoza-Turizo

Estudiante de Biología Marina, oscarf.mendozat@utadeo.edu.co, Universidad de Bogotá

Jorge Tadeo Lozano

RESUMEN

Con el propósito de ampliar el conocimiento de la biodiversidad y el funcionamiento del ensamblaje de los macroinvertebrados bentónicos del sistema lagunar, se realizó entre los años 2018 y 2019 en la laguna costera artificial conocida como “La Escollera”, un estudio que permitiera la caracterización del ensamblaje macrobentónico asociado al sustrato duro. En primera instancia, se tomaron datos fisicoquímicos (Salinidad, pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad) con sondas portátiles multiparamétricas, luego se realizaron raspados mensuales en tres estaciones del infralitoral entre agosto 2018 a enero 2019 empleando un cuadrante y colecta manual de los organismos. En laboratorio, se llevó a cabo la cuantificación e identificación hasta el nivel taxonómico de familia, los datos obtenidos se organizaron en una matriz de abundancias. Para caracterizar los ensamblajes, se hicieron diagramas de barras con los phyla tomando la abundancia y el número de familias, se construyeron diagramas de caja y bigote y se determinaron los atributos comunitarios de los ensamblajes. Adicionalmente se realizó un análisis multivariado de similitud para determinar diferencias espacio temporal y el BIOENV para determinar relación entre lo biótico y abiótico, lo cual no se encontró. Excluyendo los organismos coloniales, la abundancia total fue 16637 organismos, clasificados en 100 familias que pertenecen a 11 phyla, destacándose entre ellos Mollusca y Arthropoda con 6260 y 6128 individuos, y 21 y 41 familias respectivamente, pudiéndose lograr observar que Mollusca (Bivalva) al formar agregaciones generan espacios intersticiales que alberga fauna acompañante diversa. Se observó distribución espacial

PALABRAS CLAVE: Variables fisicoquímicas, pilotes, cemento, ensamblaje, invertebrados.

ABSTRACT

With the purpose of expanding the knowledge of the biodiversity and the operation of the assembly of the benthic macroinvertebrates of the lagoon system, it was carried out between the years 2018 and 2019 in the artificial coastal lagoon known as "La Escollera", a study that allowed the characterization of the macrobenthic assembly associated with the hard substrate. In the first instance, physicochemical data (salinity, pH, temperature, dissolved oxygen and conductivity) were taken with portable multiparameter probes, then monthly scrapings were carried out in three stations of the infralitoral between August 2018 to January 2019 using a quadrant and manual collection of the organisms. In the laboratory, quantification and identification were carried out down to the family taxonomic level, the data obtained was organized in an abundance matrix. To characterize the assemblies, bar diagrams were made with the phyla taking the abundance and the number of families, box and mustache diagrams were constructed, and the community attributes of the assemblies were determined. Additionally, a multivariate similarity analysis was performed to determine differences in temporal space and the BIOENV to determine the relationship between the biotic and the abiotic, which was not found. Excluding colonial organisms, the total abundance was 16637 organisms, classified into 100 families belonging to 11 phyla, standing out among them Mollusca and Arthropoda with 6260 and 6128 individuals, and 21 and 41 families respectively, being able to observe that Mollusca (Bivalva) at forming aggregations generate interstitial spaces that host diverse companion fauna. Spatial distribution was observed.

KEY WORDS: Physicochemical variables, piles, cement, assembly, invertebrates.

INTRODUCCIÓN

Los organismos macrobentónicos asociados al sustrato rocoso integran un ensamblaje muy importante de la comunidad, logrando ser representativos en el ecosistema donde se establecen (Menge y Branch, 2001).

Los macroinvertebrados del sustrato duro encuentran un hábitat heterogéneo, y gracias a sus adaptaciones tienen la posibilidad de anclarse o de perforarlo, lo que posibilita que la comunidad bentónica del litoral marino se disponga en franjas paralelas a la superficie del mar (Margalef, 1981) y albergue a gran diversidad de taxones (Coutinho, 2002; Araújo *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2015). Sin embargo, esta característica no es suficiente para explicar diferencias estructurales del ensamblaje en el sustrato duro artificial (Je *et al.*, 2004, Dethier y Schoch, 2005).

Este patrón de zonación horizontal esta modulado por factores ambientales (variación en la marea, acción de las olas, heterogeneidad del sustrato, frecuencia de lluvias), factores físicos (temperatura, luminosidad, turbidez o transparencia) (Baulch *et al.*, 2005; Harley *et al.*, 2006; Boaventura *et al.*, 2002), relaciones biológicas (depredación, competencia y herbívora) (Araújo *et al.*, 2005) e introducción de especies exóticas (Crowe *et al.*, 2000). Por otra parte, el factor antrópico tiene influencia sobre dicho patrón, sin embargo, los organismo macrobentónicos logran adaptarse a estos cambios (Baulch *et al.*, 2005). La intensidad en las interacciones de estos factores genera patrones de zonificación espacial diferentes en cada lugar de estudio, lo cual conlleva cambios a nivel comunitario (Dethier y Schoch, 2005).

La costa rocosa ofrece hábitat a variedad de animales e incluso a algas y fanerógamas, a veces estas áreas colindan con mangle que podría estar aportando larvas para la colonización del sustrato duro (Frithsen y Holland, 1992; Arregocés, 2009; Quirós y Arias, 2013), este asentamiento dependerá de los diferentes tipos de sustratos duros artificiales

que tienen influencia en la estructura del ensamblaje (Stephenson y Stephenson, 1949). Algunos de estos organismos son afectados por la acción de las olas y mareas, así que optan por protegerse de estos factores, otros se incrustan en el sustrato o se desplazan entre los espacios intersticiales de organismos de mayor tamaño (Lalli y Parsons, 1997; Sibaja y Vargas, 2006); por ejemplo, individuos juveniles de cangrejo se ubican en estos pequeños espacios entre bivalvos para refugiarse o de alimentación (Córdoba, 1997), así como también son afectados por variables ambientales (temperatura, oxígeno disuelto, pH) (Chapman *et al.*, 1995). Generalmente, la fauna típica del ensamblaje se caracteriza por presentar una amplia gama y conspicuas familias de moluscos, cnidarios, anélidos, crustáceos y algas, que tienen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que le brindan capacidad de adaptarse para establecerse allí (Chapman *et al.*, 1995). En algunas situaciones se encuentran franjas dominadas por una o un grupo de familias del mismo phylum como por ejemplo aglomeraciones de Mytilidae, Ostraciidae e isognomonidae (Córdoba, 1997; Chappuis *et al.*, 2014).

Por otra parte, dentro de los sustratos duros artificiales se pueden encontrar la madera usada en los pueblos palafito o sobrenadante en el mar (Cruz-Motta, 2013), acero o hierro empleadas en los arrecifes artificiales (Delgadillo y Toro, 2018) y cemento en diques (Hernández-Ávila *et al.* (2012), este último es el que ha constituido las paredes de “La Escollera” por 30 años (Arregocés, 2009). Los ensamblajes asociados a los sustratos duros artificiales son similares con el sistema rocoso natural, sin embargo, se debe guardar la proporción al momento de compararlos ya que dependerá específicamente de cada lugar de estudio (Lee, 2013).

El valor del estudio de la comunidad bentónica radica en la estrecha relación que tiene con el medio circundante, el rol que desempeña dentro de los ciclos biogeoquímicos y en la cadena trófica de los ecosistemas, por tal razón es de vital interés entender la dinámica

de esta comunidad frente a las variaciones oceanográficas estacionales y anuales (Yupanqui *et al.*, 2007). Cabe resaltar que este es el primer estudio en este tipo de ambiente.

El propósito de la presente investigación es determinar diferencias en el ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos que habitan en el sustrato duro artificial e identificar su diversidad entre estructuras diferentes y establecer si los cambios ambientales inciden en la composición del ensamblaje encontradas.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en el departamento del Magdalena, en la ciudad de Santa Marta en la ensenada de Gaira al costado norte del balneario El Rodadero, denominada La Escollera (Franco-Herrera, 2005). Allí se ubica la entrada al canal que comunica hacia el mar Caribe, (Figura 1), seguido aproximadamente de 425 m de distancia revestido con paredes de concreto a lado y lado hasta la marina del lugar (Arregocés, 2009), la cual está en un lago en la parte interna de condiciones estuarinas con 16058 m² de área y 2248.2 m³ de volumen y fabricada sobre un playón salino (Arregocés, 2009; Mancera *et al.*, 2017; Zea *et al.*, 2017). Allí desembocan dos desagües de aguas lluvias que recolectan y disponen el líquido al sistema proveniente de las escorrentías naturales y antrópicas de las cuencas cercanas (Zea *et al.*, 2017), además de una pluma con agua dulce potable con flujo constante cercana al puente de la entrada al canal en sentido sur-norte (Arregocés, 2009).

El cuerpo de agua que rodea la laguna y el canal tiene presencia de *Rhizophorae mangle* y otras especies comunes de bosque seco tropical como *Prosopis juliflora*, conocido como trupillo, que en inmediaciones del canal se dispone en parches pero que la laguna es denso (Arregocés, 2009). El área de estudio esta modulada por los patrones generales

que predominan la costa Caribe colombiana que depende del desplazamiento norte-sur de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) (Franco-Herrera, 2005; Zea *et al.*, 2017). Debido a esto el régimen climatológico es bimodal, época seca mayor (diciembre-abril), lluviosa menor (mayo-junio), seca menor (julio-agosto) y lluviosa mayor (septiembre-noviembre) (Franco-Herrera, 2005; Zea *et al.*, 2017).

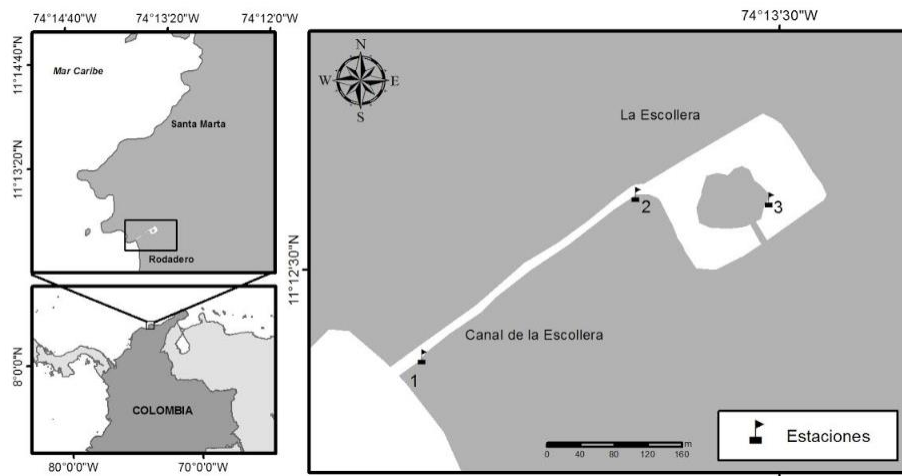


Figura 1. Mapa del sector “La Escollera”, en la sección norte del Balneario El Rodadero

En época seca hay desplazamiento de la ZCIT hacia el sur de la región del Magdalena, en el que se genera fuertes vientos Alisios del noreste, haciendo que el área de estudio este influenciada por aguas subsuperficiales (Franco-Herrera, 2005). En época lluviosa, gracias a la escorrentía, se desplazan volúmenes de aguas en el sistema con alto contenido de materia en suspensión a través de corrientes desembocan en la salida del canal con el aporte de vertimientos del asentamiento urbano alrededor al Balneario (Franco-Herrera, 2005). Además, el sistema puede recibir influencia del río Gaira a través una pluma que causa turbidez en la zona (Franco-Herrera, 2005).

MATERIALES Y METODOS

Fase de campo

Los muestreos se organizaron en tres estaciones: estación E1, en la boca del canal de acceso, sobre la pared norte de concreto, la estación E2 al final del canal, también sobre concreto y comienzo de la laguna en la misma pared del norte, la estación E3 en los pilotes del muelle interno de “La Escollera”. (Figura 1).

Las salidas de campo se llevaron a cabo desde agosto del 2018 a enero del 2019 con muestreos mensuales en las mañanas entre 7 y 11 am. En cada estación se hicieron tres mediciones superficiales, se reportó el promedio de los parámetros fisicoquímicos oxígeno disuelto, salinidad y temperatura con la sonda multiparamétrica, Mettler Toledo SevenGo Duo Pro; y conductividad y pH con la sonda 4x alkaline Cond 3110.

Después de la medición de los parámetros fisicoquímicos, se llevó a cabo un raspado mensual a la pared de concreto debajo de la línea de agua en cada estación con una espátula y martillo junto con una bolsa plástica para recolectar el material desprendido. El área raspada se delimitó con un cuadrante de 25 cm x 25 cm, con el cual se hicieron tres raspados en desplazamiento horizontal en las estaciones E1 y E2. En la estación E3, el procedimiento se hizo sobre los pilotes rectangulares del muelle sobre tres de sus caras de 80 cm² con el mismo cuadrante tres veces de agosto a octubre y en el puente en la parte superior de noviembre a enero de forma horizontal. La distancia entre los pilotes es de aproximadamente de 2 a 4 m.

Se minimizó la evasión de organismos, haciendo el muestreo entre dos personas para llevarlo a cabo de manera rápida y práctica, organismos que se observaban flotando, producto del raspado, se ingresaban a la bolsa donde se preservaban. Al finalizar cada raspado, el material biológico se depositaba en bolsas plásticas previamente marcadas con el número de la estación y el mes de muestreo. Los organismos obtenidos en campo

se fijaron con alcohol al 70% hasta cubrir la totalidad de la muestra y en el laboratorio se transfirieron a recipientes de 1 L con su respectiva etiqueta.

Fase de laboratorio

Las muestras obtenidas se observaron en un estereoscopio Leica EZ4 W y microscopio Leica DM500. Se separaron por phylum en pequeños recipientes con etiqueta para la posterior cuantificación e identificación al nivel de familia. Para ellos se empleó bibliografía disponible: Mollusca (Díaz y Puyana, 1994), Porifera (Zea,1987), Sipunculida (Thompson,1980), Echinodermata (Hendler *et al.*, 1995 y Benavides *et al.*, 2011), Polychaeta (Fauchald,1977), Crustácea: Anfípoda (LeCroy, 2000), Isopoda (Kensley y Schotte. 1989), Tanaidacea (Vaupel *et al.*,2015), Decapoda (Abele y Kim, 1986); Quelicerata (Hedgpeth, 1950), Ascidea (Da Rocha *et al.*, 2012), Hidroidea (Wedler, 2017), Actinaria (Muñoz *et al.*, 2013), Nemertea (Gonzalez-Cueto *et al.*, 2014), Nematoda (Castro *et al.*, 2006) y Platelmines (Rodríguez *et al.*, 2017). Se excluyeron los organismos incompletos o muy deteriorados que desproveyeran de caracteres diagnósticos según el grupo, los nombres fueron revisados en WORMS.

Fase gabinete

Se realizó una descripción visual del sustrato y el área inmediatamente colindante por estación teniendo en cuenta las características ambientales.

La representatividad del muestreo se hizo a través estimadores no paramétricos de riqueza Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap, se tomó como representativo la estimación que sobrepase el 75% (Foggo *et al.*, 2003) (Anexo 1).

Con relación a las variables ambientales, se llevaron a cabo pruebas exploratorias de normalidad con el estadístico de Shapiro Wilks; el pH y oxígeno disuelto no mostraron normalidad así que se procedió a hacer las transformaciones recomendadas por Zar (2010)

y recalcular las normalidades, pero no surtió efecto, así que se siguieron trabajando con los datos originales.

Luego, para conocer si las variables ambientales tenían alguna correlación (Pearson) entre ellas se hicieron combinaciones y posteriormente se eliminaba una de estas, teniendo en cuenta el siguiente criterio: las variables que se correlacionen por encima de 0.95 y por debajo de un nivel de significancia de 0.05 se excluye una de las dos, de esta manera se seleccionaron cinco de las seis que se habían medido. Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación fueron las dos variables redundantes, se decidió excluir la segunda por efectos de comparación con otros estudios donde es más empleada el oxígeno disuelto. Posteriormente, se graficaron los datos de cada parámetro por estación y mes.

Con relación al ensamblaje, para organizar los datos por muestra, se construyó una matriz de abundancia (número de individuos/área) por cada familia teniendo en cuenta el phylum al que pertenecen. Con estos valores de abundancia y presencia se obtuvieron los atributos ecológicos univariados de abundancia por phylum y familia, número de familias (S), diversidad de Shannon-Wiener (H'), predominio de Simpson (λ), uniformidad de Pielou (J') y series de números de diversidad de Hill (N_1 y N_2).

Con los datos de abundancia total y número de familias por phylum, así como con los datos de número de familias totales por estación, se realizaron gráficos comparativos de caja y bigotes entre estaciones para realizar una primera descripción general.

Adicionalmente para describir la estructura de los ensamblajes por estación se realizó un análisis descriptivo multivariado denominado análisis de clasificación (CLUSTER). Para ello, se hizo una matriz de similitud con el índice de Bray-Curtis y se utilizó la técnica de ligamiento promedio (UPGMA) (Clarke *et al.*, 2014). Se toma un nivel de similitud del 46% en el cual se formaron tres grupos para caracterizar verdaderas zonas, para el análisis

descriptivo de estos se tuvo en cuenta la frecuencia, que se sacó de acuerdo a la presencia en el total de las muestras. Todo este procedimiento, así como la determinación de los atributos ecológicos univariados se obtuvieron con el programa estadístico Primer-e V.6.

Para ver observar diferencias en la estructura del ensamblaje en los grupos formados, se hizo un diagrama de caja y bigotes con número total de familias, diversidad de Shannon Wiener y números de Hill (N1, N2).

Finalmente, se hizo un BIOENV, para buscar la relación entre los datos bióticos (matriz de Bray Curtis) y los datos abióticos con la matriz de distancia euclidiana normalizada usando un coeficiente de correlación de rangos de Spearman en donde se calcula los coeficientes de todas las combinaciones posibles entre las variables y el máximo valor obtenido indica las variables que podrían estar explicando la estructura de los ensamblajes (Clarke *et al.*, 2014).

RESULTADOS

La estación E1 ubicada en la entrada del canal, se caracterizó por tener el sustrato duro rugoso provisto de algas, esponjas, ascidias inmersas entre las grietas, el fondo cubierto con arena de grano fino y agua cristalina. La estación E2 se ubica en la marina del lugar, el final del canal e inicio del lago con agua turbia, fango en el fondo y rodeado de parches de manglar. La estación E3 se ubica en los pilotes del muelle interno, se caracterizan por tener grandes agregaciones de conchas, esponjas y algas, además de estar rodeada totalmente de manglar y tapizado el suelo de algas y fango.

Variables ambientales

En la figura 2 se muestran los valores de las cinco variables medidas en las estaciones a lo largo del muestreo. En la salinidad estuvo entre 26 (E3-Oct) y 36 (E3-Ago), presenta un patrón ondulatorio similar en las tres estaciones (figura 2). El pH estuvo entre 6.9 y 8.4, el menor valor al final del canal (E3-Nov) y el mayor valor en “La Escollera” (E1-Ene), se observa que la estación E1 tuvo valores más estables mientras que en las estaciones E2 y E3 los valores fueron más dinámicos (figura 2). En la temperatura osciló entre 25.9 °C y 31.6 °C, el menor valor se entrada del canal (E1-Ene) y el mayor valor en “La Escollera” (E3-Oct), se puede ver un patrón más ondulado. En cuanto a oxígeno disuelto estuvo entre 3.7 mg/L y 7.5 mg/L, se puede ver que hay una disminución en los valores de la variable conforme se interioriza en el lugar. La conductividad presenta un patrón oscilatorio, donde tiene el más alto valor en agosto y el más bajo en octubre.

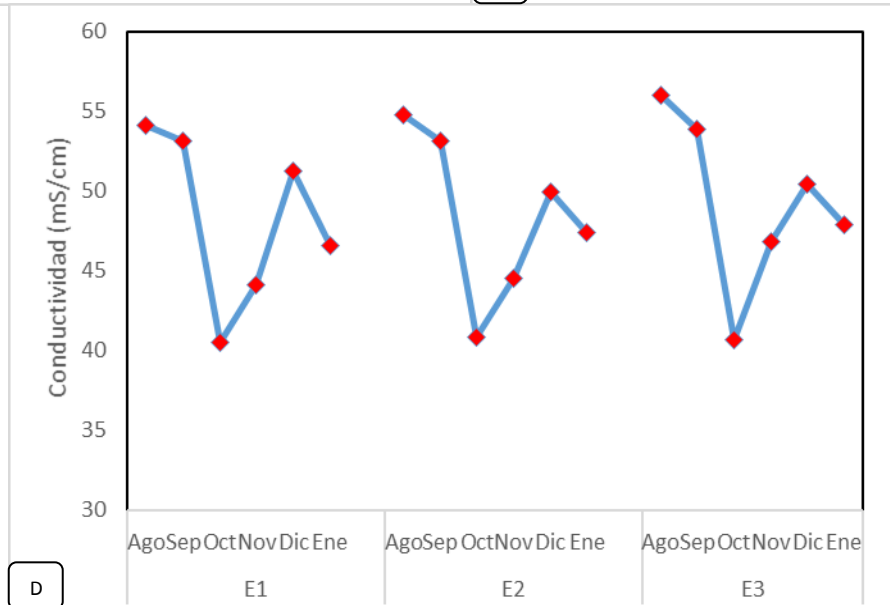
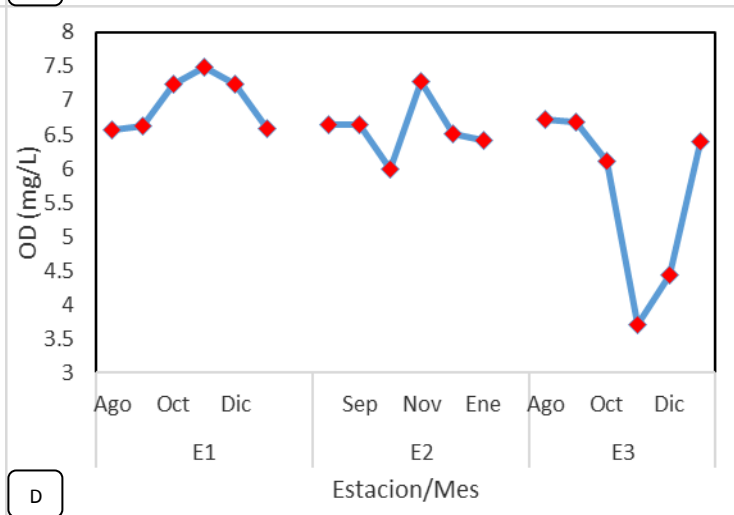
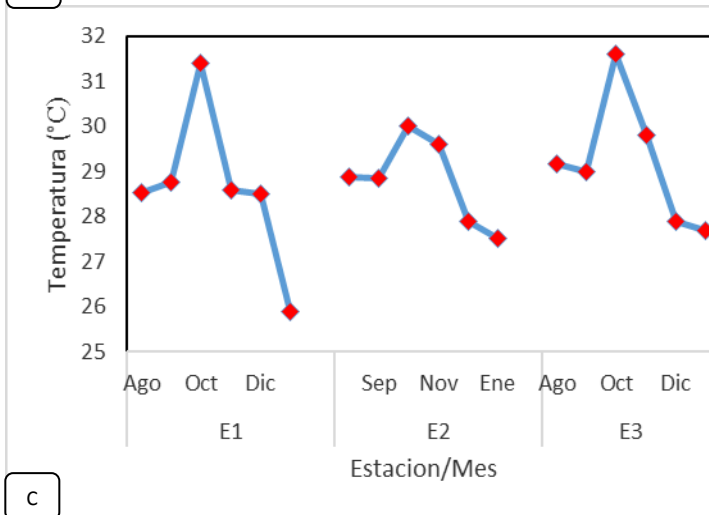
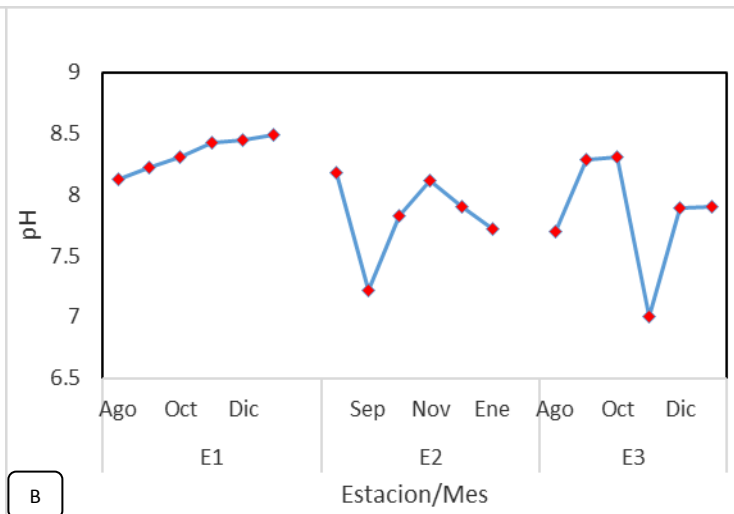
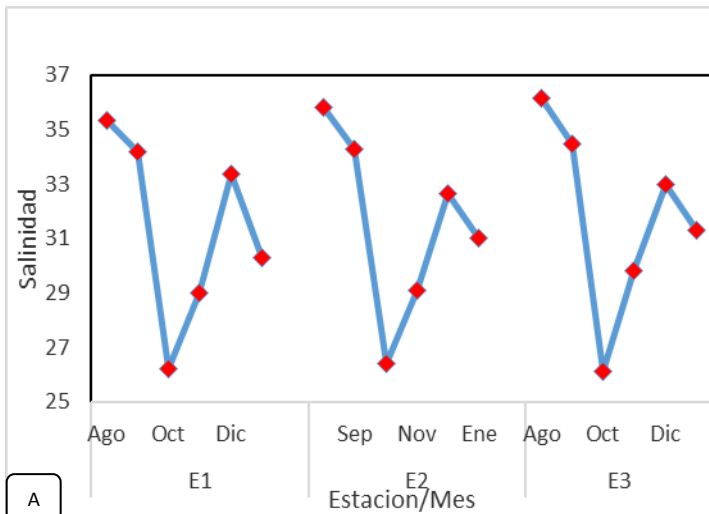


Figura 2. Perfiles de las variables ambientales medidas en las estaciones a lo largo del tiempo de estudio. A: Salinidad; B: pH; C: Temperatura; D: Oxígeno disuelto; E: Conductividad.

Ensamblaje

Se encontraron 41.06 ± 7.57 y 922 ± 216.60 en familias y abundancia respectivamente, un total de 100 familias pertenecientes a 11 phyla con 16.637 individuos. Los phyla Arthropoda y Mollusca presentaron el mayor número de familias (41 y 21, respectivamente) y Platyhelmintha (S = 1), Nemertea (S = 2) y Echinodermata (S = 2) las que tuvieron menor número de familia (Figura 3, Anexo 2).

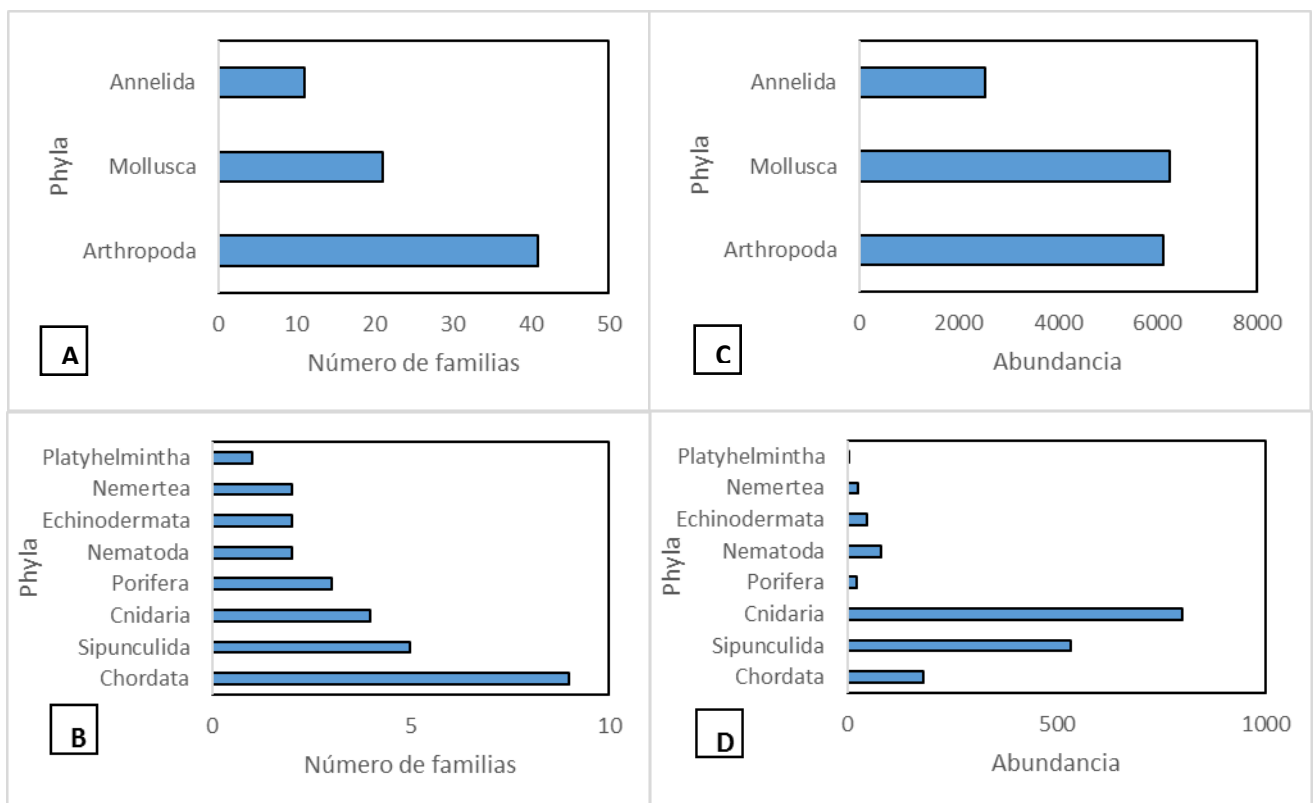


Figura 3. Grafica del número de familias (A-B) y abundancia de los individuos (C-D) por phyla encontrados en el sustrato duro artificial de “La Escollera” en todo el muestreo.

En cuanto a la abundancia de individuos, se observó un orden similar, a excepción que el phylum Mollusca fue el más abundante y los phyla Porífera, Platyhelminthes y Nemertea fueron los menos abundantes. (Figura 3).

En la figura 4, se observa que la superposición de los diagramas muestra que no hay diferencias entre las estaciones en el número de familias. La estación E1 presentó la mayor dispersión de los datos de lo cual se puede deducir que el número de familias encontradas tuvo variación y magnitud mayor mientras que en las estaciones E2 y E3 se encontraron similar número de familias y con menor variabilidad.

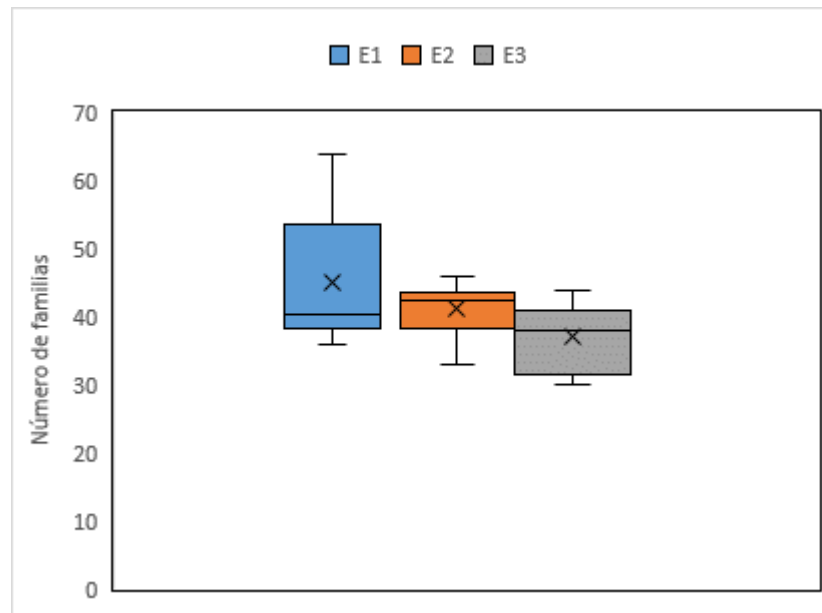


Figura 4. Diagrama de caja y bigotes del número de familias de las estaciones en el estudio. La X representa la media y la línea dentro de la caja muestra la mediana.

En la tabla 1, se observan los atributos de la comunidad de organismos de “La Escollera”. La uniformidad promedio durante todo el muestreo fue 0.71 ± 0.098 . El ensamblaje de la E1 Ago presentó el menor valor y la muestra E1 Dic el mayor valor, 0.45 y 0.86 respectivamente,

indicando que las familias que componen el ensamblaje en cada muestra al menos la mitad o más son uniformes. En términos de diversidad de Shannon se encontró entre 1.90 y 3.38, en gran parte de los casos por encima del promedio (2.63 ± 0.33). Cabe resaltar que los ensamblajes de E1-Dic y E1-Sep fueron las más diversas. Los ensamblajes de E1-Ago y E3-Oct fueron las de menor diversidad dadas por la composición.

Tabla 1. Índices de diversidad comunitarios. S (riqueza específica), N (total de individuos), J' (equitatividad de Pielou), λ (predominio de Simpson), H'(log e) (diversidad de Shannon), N1 (Números de familias abundantes) y N2 (Número de familias muy abundantes). Ago (agosto), Sep (septiembre), Oct (octubre), Nov (noviembre), Dic (diciembre) y Ene (enero).

Estación/Mes	S	N	J'	λ	H'(log e)	N1	N2
E1-Ago	64	2.641	0.45	0.35	1.90	6.62	2.85
E2-Ago	40	883	0.73	0.11	2.70	14.86	9.44
E3-Ago	39	879	0.68	0.17	2.49	12.09	5.71
E1-Sep	39	512	0.85	5.93×10^{-2}	3.10	22.14	16.86
E2-Sep	43	695	0.79	8.33×10^{-2}	2.98	19.74	12.00
E3-Sep	32	738	0.66	0.19	2.30	10.05	5.12
E1-Oct	36	837	0.68	0.14	2.45	11.58	6.97
E2-Oct	46	1.147	0.62	0.21	2.39	11.01	4.72
E3-Oct	30	648	0.62	0.22	2.13	8.40	4.62
E1-Nov	39	515	0.83	6.78×10^{-2}	3.06	21.30	14.73
E2-Nov	33	707	0.78	9.93×10^{-2}	2.71	15.08	10.06
E3-Nov	40	1.076	0.63	0.17	2.33	10.32	5.91
E1-Dic	50	663	0.86	4.41×10^{-2}	3.38	29.43	22.68
E2-Dic	43	885	0.74	0.11	2.79	16.30	8.72
E3-Dic	44	991	0.70	0.13	2.64	14.08	7.88
E1-Ene	42	552	0.82	6.58×10^{-2}	3.06	21.28	15.20

E2-Ene	42	944	0.70	0.12	2.62	13.80	8.35
E3-Ene	37	1278	0.66	0.15	2.38	10.86	6.48
PROMEDIO	41.06±4.97	922±216.60	0.71±0.098	0.14±0.072	2.63 ± 0.33	14.93±5.45	9.35±4.89

Caracterización del ensamblaje

En la figura 5 se observa la formación de un ensamblaje aislado y tres grupos de estaciones. El grupo I compuesto por ocho ensamblajes en dos subgrupos siendo la mayoría de la estación E3, grupo II con cuatro ensamblajes de estación E1, el grupo III con cinco ensamblajes de estación E2 y una de estación E1. Se evidencia que no existe segregación temporal, pero si espacial.

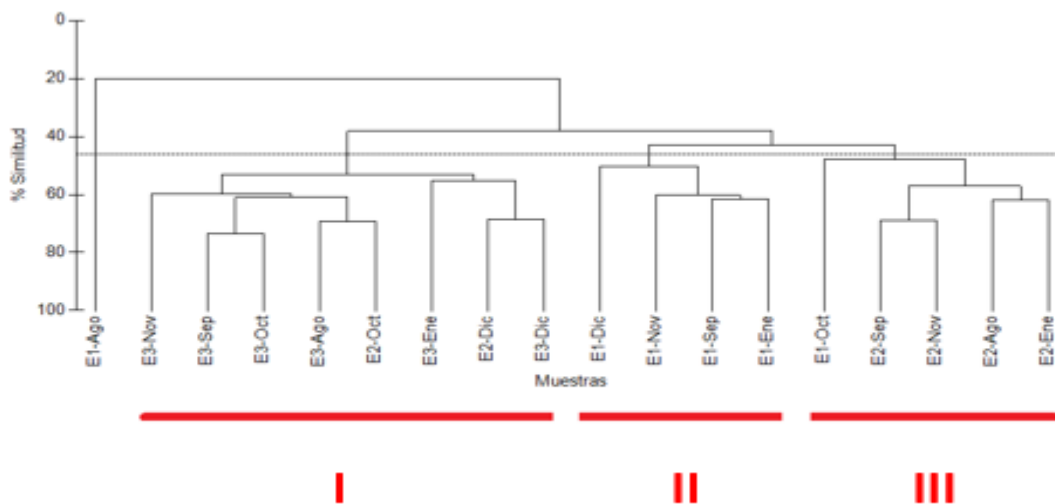


Figura 5. Dendrograma del análisis de clasificación con base a las abundancias y número de familias, usando el coeficiente de Bray-Curtis con técnica de ligamiento promedio (UPGMA). Grupos determinados a un nivel de corte al 46%. La etiqueta está compuesta por la estación y mes de muestreo.

Cabe destacar que la muestra E1-Ago se caracteriza por presentar la diversidad más baja del todo muestreo, baja dominancia que es soportada por la abundancia de Parazoanthidae (Cnidaria) en algunas esponjas, así como de poliquetos y anfípodos, en

especial de la familia Syllidae y Talitridae respectivamente, y la más baja abundancia de moluscos. También por familias únicas y poco abundante tales como Sabellidae (Polychaeta), Chitonidae y Pectinidae (Mollusca) y Pleioplanidae (Platyhelminthes) (Anexo 2).

Los grupos I y III, se caracterizan por compartir alta abundancia en los moluscos bivalvos Mytilidae, Isognomonidae, Ostreidae, el crustáceo hexanauplio Balanidae, el crustáceo anfípodo Talitridae, siendo las más abundantes y frecuentes en todo el muestreo (Anexo 2). Además, grupo I se diferencia del grupo III por tener exclusivamente el cangrejo con baja abundancia y frecuencia de Calappidae y también por tener más familias menos abundantes que el grupo III. Este último destacó por tener familias únicas como Cossuridae (Polychaeta), el crustáceo Majidae.

En cuanto al grupo II se caracterizó por presentar la más baja abundancia en poliquetos, así como también en los moluscos, dentro del cual los bivalvos fueron lo más abundantes, al igual que en artrópodos, equinodermos, cnidarios.

En la Figura 6 se muestran los diagramas de cajas y bigotes de las diversidades de Shannon, números de Hill de los grupos formados a partir del análisis de clasificación. Se evidencia que en el número de familias se sobreponen, lo cual indican que no hay diferencias en el número de familias de los dos grupos. En el caso de los números de Hill N1, N2 y diversidad de Shannon entre los grupos I y III no presentan diferencia, pero si con el grupo II.

Por otra parte, de manera general, se puede decir que para el grupo I, cabe mencionar que se caracterizó por la presencia de mayor abundancia de Polychaeta, Mollusca (Bivalva) (siendo el grupo más abundante de todo el muestreo), Anfípoda (Crustacea), Cnidaria y ausencia de Echinodermata mientras que el grupo III por la mayor abundancia

en Tanaidacea, Isopoda y Maxilpoda (Crustacea), Mollusca (Gasteropoda), Sipunculida, Nemertea, Nematoda y Echinodermata, seguido del grupo I. Cabe resaltar, se encontraron los otros grupos con bajas abundancias en comparación a las descritas.

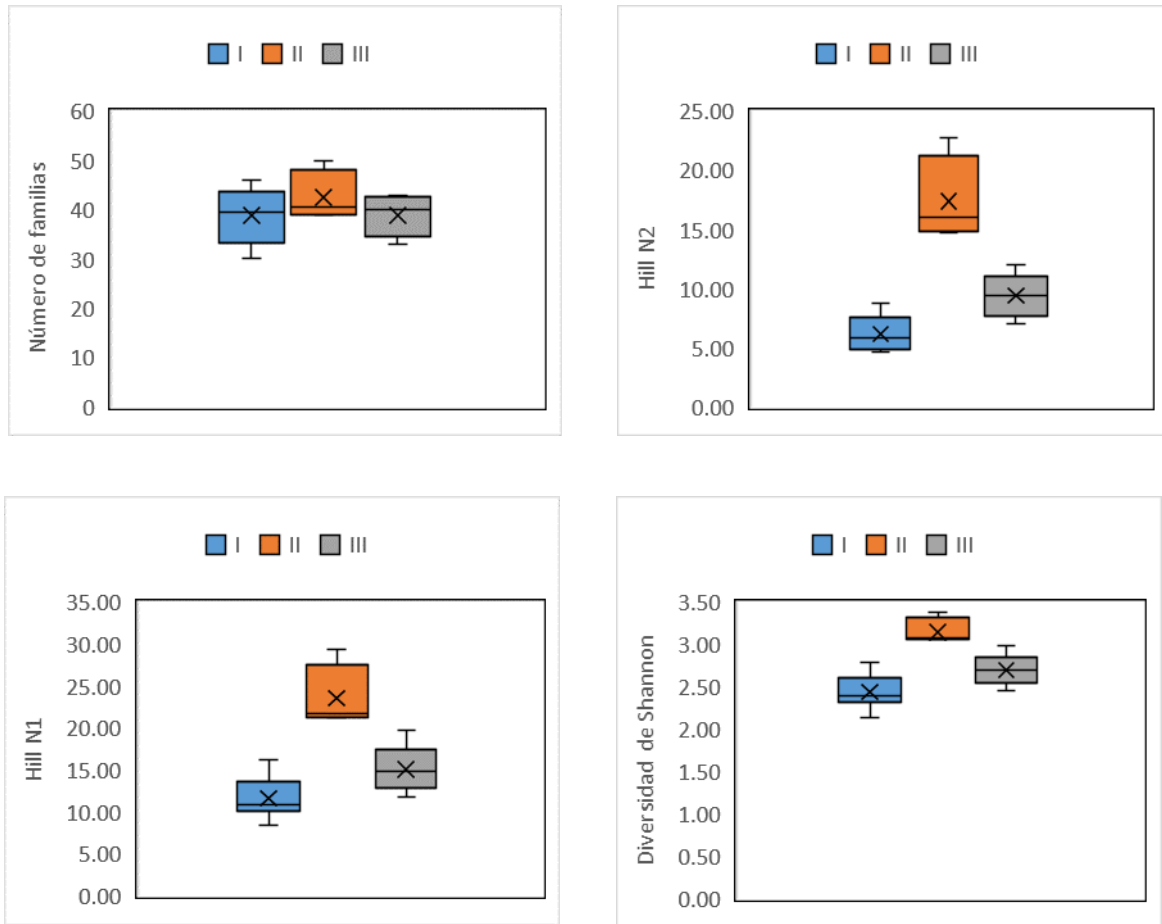


Figura 6. Comparación entre grupos I, II y III de acuerdo con la diversidad de Shannon, Números de Hill (N0, N1 y N2).

VARIABLES AMBIENTALES Y ENSAMBLAJE

En la Tabla 2 se observa la mejor combinación de las cinco variables ambientales medidas que explican las variables biológicas mediante la técnica BIOENV. La mejor combinación de variables que explica los datos biológicos son conductividad y temperatura (0.028).

Aunque sea el valor más alto con relación a las otras combinaciones, sigue siendo muy bajo si se tiene en cuenta que el valor máximo de correlación positiva puede llegar a ser 1, lo que no explica la estructura del ensamblaje de organismos en “La Escollera” (Clarke, 2014).

Tabla 2. Análisis BIOENV. Combinación de cinco variables ambientales en grupos de k variables para las 18 ensamblajes. Se indica en cada caso las correlaciones más altas.

Sal. salinidad; Cond. conductividad. Ph; Temp. temperatura; OD. oxígeno disuelto.

K	r	Sal	Cond	pH	Temp	OD
1	-0.004		x			
1	-0.07				x	
2	-0.001	x	x			
2	0		x			x
2	0.028		x		x	
3	-0.009	x	x		x	
3	-0.015	x	x	x		
3	-0.031		x		x	x
4	-0.022	x	x		x	x

DISCUSIÓN

Los organismos bentónicos asociados al sustrato duro presentaron un patrón espacial, tampoco se encontró alguna relación con las variables ambientales medidas. Este resultado puede atribuirse inicialmente a las siguientes razones a exponer.

En el presente estudio se pudo encontrar relación con lo descrito en la literatura, el phylum Mollusca es el más abundante, seguido por el phylum Arthropoda (Díaz y Puyana,1994), esto probablemente a las modificaciones del modelo inicial del grupo que ha dado la posibilidad de desarrollar adaptaciones fisiológicas y morfológicas que le permiten colonizar distintos hábitats (Díaz y Puyana,1994). Dentro de Mollusca, Bivalva fue el grupo más abundante del muestreo, puede atribuirse a que tienen hábitos sedentarios, hábitos perforadores o se cementan con una de las valvas al sustrato permitiéndoles ser estables en el tiempo (Díaz y Puyana,1994; Cruz-Motta, 2013). Las grandes extensiones y altas densidades poblacionales pueden llegar a producir cambios en el hábitat como incremento en la materia orgánica y en los niveles de sedimento fino pudiendo afectar la pequeña fauna asociada a ellos (Dame *et al.* 2001; Duarte *et al.* 2006; Acuña *et al.*, 2012). Esto debido a que en los procesos de filtración pueden influir en el asentamiento de nuevos reclutas de manera indirecta a través de la ingesta de larvas como es en los poliquetos, ya que estas pueden encontrarse en el plancton (Duarte *et al.* 2006, Jaramillo *et al.* 2007, Buschbaum *et al.* 2009; Acuña *et al.*, 2012).

Otra posible razón es que puede atribuirse a que son conspicuos en tipo de zonas debido a que son capaces de soportar el estrés que generado por la desecación con el ascenso o descenso de la marea (Díaz y Puyana,1994). Estas agregaciones de bivalvos generan microhábitat al aumentar la heterogeneidad espacial del sustrato duro crean refugio y alimento para la fauna acompañante en especial para Crustácea, Mollusca

(Gasterópoda), Polychaeta, Sipunculida (Tsuchiya y Nishihira 1985; Jacobi 1987, Seed, 1996; Sepulveda *et al.*, 2003, Galkin y Goroslavskaya 2008).

En la estación E1, los bivalvos no fueron muy abundantes, esto podría atribuirse a que estos animales tienen un rol ecológico muy importante entre los organismos del bentos son los encargados del consumo del material particulado en suspensión, son conspicuos en hábitats en la zona intermareal y pueden sobrevivir gracias a la eficiencia fisiológica que tienen, disponiendo en el suelo desechos metabólicos que puede ser resuspendido por acción oleaje (Díaz y Puyana, 1994; Risgard, 2001). Esta condición física en la estación E1 no se evidenció, la entrada del canal tiene el suelo provisto de arena de grano fino y agua cristalina a diferencia en E2 y E3 que la columna de agua es turbia y con fango en el fondo (Risgard, 2001).

Otra razón que podría explicar las abundancias de Bivalva, Gasteropoda y Polychaeta en la estación E1 podría estar asociado a la presencia de algas y esponjas, que proveen refugios para la protección del oleaje y evitar la depredación, lo que permite un aumento en la diversidad del ensamblaje (Zea, 1993; Tuya y Haroun, 2006; Riloy y Schiel, 2011; Troncoso y Sibaja-Cordero, 2011; Queiroz y Dias, 2014).

Además, en el sector de la laguna “La Escollera” hay presencia de manglar rojo cercanos a las estaciones E2 y E3, en las raíces y ramas sumergidas dan lugar a el desarrollo de bivalvos de la familia Ostreidae y Mytilidae estableciendo poblaciones densas agregadas que forman racimos, que pueden colonizar áreas aledañas por ser abundantes (Díaz y Puyana, 1994; Puyana, 1995; Betanzos-Vega *et al.*, 2016).

Por otra parte, la formación de los grupos está dado por la presencia o ausencia de algunas familias, sus abundancias y frecuencia. Para el ensamblaje E1-Ago, no está incluida en los grupos, se caracterizó por tener familias poco abundantes y únicas como la

familia Pleionidae, perteneciente al orden Polycladyda quienes son casi exclusivamente marino viviendo asociados a moluscos (Quiroga *et al.*, 2004), camas de esponja o bivalvos como las encontradas en esta estación. Así como también el poliqueto Sabellidae conspicuo en zona intermareal asociado generalmente a sustratos artificiales como pilotes de muelles y escolleras (Tovar-Hernandez, 2009) y Parazoanthidae asociado a esponjas marinas (Cruz-Motta, 2007; Cruz-Motta *et al.*, 2010; Díaz-Sánchez y Zea, 2016). La similitud entre los ensamblajes de las estaciones E1, E2 y E3, y la entremezclas de algunas muestras en los grupos puede ser evidencia de la cercanía de estas, dado que entre la E1 y E3 se distancian al menos 425 m una de la otra, distancia suficiente para permitir el flujo de materia orgánica, nutrientes y transporte de larvas en eventos de reproducción, por lo cual permite encontrar gran cantidad de familias compartidas entre las estaciones (Chapman *et al.*, 1995).

Este dinamismo permite que en el sustrato duro de “La Escollera” existan por familias que se caracterizan por causar bioerosión cavando madrigueras tales como los poliquetos Spionidae, algunos Mytilidae y Sipunculida (Domènech *et al.*, 2008).

La diversidad en el grupo II, puede atribuirse a la presencia del número de familias abundantes y muy abundantes de los phyla Mollusca y Arthropoda. Por otra parte, se puede destacar que, por ejemplo, Sipunculida, aunque no fue el phylum de lo más abundantes en el muestreo, presentó mayor abundancia en este grupo gracias a que en las estaciones donde se reportó estaban provistos de grietas, así como también se encontró asociado a conglomerados de bivalvos, rizoides de algas, tubos de poliquetos, entre otros. Esto explica porque tiene una de las más bajas abundancia en todo el muestreo, debido a que se protege de la depredación se ubica en lugares, en ocasiones, difícil acceso, por lo tanto, para un incremento sobre este atributo implicaría un mayor esfuerzo de muestreo, de manera similar sucede con el phylum Nemertea (Ferrero,

2014). Así como también estructuras morfológicas, formas de vida y aspectos evolutivos permiten encontrarlos en menor abundancia (Cutler, 1994).

También es importante mencionar que la diversidad del grupo II puede estar atribuida a la alta abundancia de Gasteropoda en donde algunas familias tienen hábitos carnívoros como Marginellidae, los cuales depredan organismos de las familias Balanidae (Hexanauplia) (abundante en este grupo) y Mytilidae (Bivalba) y hábitos herbívoros como Fissurellidae, que ramonean los rizomas de algas (Soto *et al.*, 2004). Echinodermata, en mayor representación por Ophiuroidea, puede atribuirse a que se asocian a los microhábitats ofrecidos por esponjas, encontrada en la mayoría de ensamblajes de la estación E1 donde también se reporta la presencia de Niphatidae e Irciniidae (Bejarano *et al.*, 2004).

Con relación a los estudios similares en el Caribe colombiano, se encontró una diversidad alta de familias asociadas a las paredes y pilotes de “La Escollera” debido a las siguientes razones expuestas:

Como se mencionó en los primeros párrafos de la discusión, los bivalvos fueron lo más abundantes, siendo representados en mayor proporción por Ostreidae, Isognomonidae y Mytilidae. Pineda (2010) llevó a cabo un estudio de malacofauna asociada a pilotes de los puertos y sus alrededores de Santa Marta, Cartagena y Coveñas. Encontró, como en este estudio, una alta abundancia de Isognomonidae. Reportó en menor abundancia la presencia de Mytilidae y Ostreidae, similar en esta investigación, lo que puede atribuirse a que son típicos de sistemas estuarinos y son conspicuas por la fácil colonización en estos hábitats (Pineda, 2010), lo cual podría explicar las abundancias en “La Escollera” dada por el intercambio de agua y presencia del manglar. También, podría deberse a la naturaleza del sustrato ya que el concreto contiene hidróxido de calcio, el cual actúa como señal química para el asentamiento de larvas (Encomendero y Dupré, 2004).

Con relación a Chordata (Ascidea), Hernández (2017) realizó el estudio de la diversidad de grupos taxonómicos Hydroidolina, Hexacorallia, Octocorallia y Ascidea en los arrecifes artificiales en acero de la bahía de Pozos Colorados. Reporta dos familias a diferencia de este que se encontraron ocho, de lo que se podría inferir que la naturaleza del sustrato es fundamental para el asentamiento de las larvas y la profundidad que fue llevada a cabo el estudio.

Es importante mencionar que este trabajo es uno de los primeros estudios en este tipo de ambientes. Sin embargo, pese a no encontrar estudios totalmente comparables por motivos de metodología o enfoque a nivel taxonómico, por lo general, los encontrados se centran en un solo phylum mientras que este en este estudio se reportan 11 phyla. Sin embargo, las familias halladas han sido descritas y reportadas para el Caribe, Díaz y Puyana (1994), Gonzalez-Cueto *et al.*, (2014), Quiroz-Ruiz (2015), Campos *et al.*, (2015), logrando observar que es un sistema artificial de más de 30 años, a hoy día “La Escollera” tiene un ensamblaje plenamente definido.

Por otra parte, con relación a las variables ambientales, no se encontró que los parámetros explicara la estructura del ensamblaje bentónico. Lo hallado podría atribuirse a lo siguiente: para observar una posible influencia de las variables ambientales medidas sería pertinente toma de datos previos al día del muestreo con el fin de poder detectar alguna correlación persiste entre lo biótico y abiótico, así como también la toma de datos de otras variables que permitan tener un espectro ambiental más amplio que permita poder observar, la probable influencia, de las variables ambientales (Ramirez y Viña, 1998).

CONCLUSIONES

- El ensamblaje de macroinvertebrados del sector se caracteriza por tener mayor abundancia y número de familias de Arthropoda y Mollusca, y por poca representatividad de los phyla Platyhelminthes, Nemertea y Nematoda.
- Se observó segregación espacial demarcando cada estación empleada en este estudio.
- Algunos ensamblajes de E2 se entremezcla en el grupo I, probablemente porque se ubica entre la estación E1 y la estación E3, lo cual permite que la estructura sea similar.
- Los grupos I y III no presentan diferencia en los atributos de diversidad calculados.
- El BIOENV permite concluir que las variables ambientales medidas no explican los cambios en las abundancias de las familias.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, quiero agradecer a la mujer de mi vida, mi madre, Melba Rosa Turizo Turizo por su constante e invaluable apoyo a lo largo de mi vida y la carrera, así como también por siempre tener las palabras justas en el momento indicado.

A mi director Ricardo Dueñas, por sus precisas y puntuales enseñanzas en este proceso formación, de igual manera por las enseñanzas y risas por fuera del aula que fueron fundamentales para precisar muchos temas.

A mis interminables amigos, pero en especial a Daniela Daza, Daniela Rey, Lisseth Soste, Sandra Gutierrez, Gabriel Martínez, Karina López, Lea Bent, Mayren Cala y Gyszel Cantillo por los gratos momentos compartidos y enseñanzas. A Carlos Otalora y Mario Correal por su amistad, guía y el tiempo dedicado para explicarme temas puntuales en el desarrollo del documento. A Leidy Hernandez, Nireth Sierra y Shirly Bello por su carisma y amable atención en asesorías.

A los profesores Adolfo Sanjuan por su guía en la estadística del documento, Andrés Merchán y Pedro Lecompte por su asesoría en moluscos y artrópodos.

A los funcionarios de la universidad: Joe, Alexi, Jennifer, Clary, Dary por su apoyo logístico.

Finalmente, a la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y a cada uno de los profesores que fueron participes en la construcción de cada escalón de mi carrera.

A todos mil gracias.

BIBLIOGRAFIA

Acuña, K., C. Duarte, E. Jaramillo, H. Contreras, M. Manzano y J. Navarro. 2012. Distribución vertical de la macroinfauna asociada a bivalvos en una planicie intermareal sedimentaria del sur de Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 47(3), 383-393.

Antonioli, F., R. Chemello, S. Improta y S. Riggio .1999. *Dendropoma* lower intertidal reef formations and their paleoclimatological significance, NW Sicily. *Marine Geology*, 161: 155-170.

Araújo, R., I. Bárbara, I. Sousa-Pinto y V. Quintino. 2005. Spatial variability of intertidal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 658-670.

Abele, L. y W. Kim. 1986. An illustrated guide to the marine decapod crustacean of Florida. The Florida State University. Tallahassee-Florida. 1209 p.

Arregocés, L. 2009. Caracterización y diagnóstico ambiental del Balneario “El Rodadero”, Bahía Gaira, Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, 268 p.

Baulch, H., D. Schindler, M. Turner y D. Findlay, M. Paterson y R. Vinebrooke, .2005. Effects of warming on benthic communities in a boreal lake: Implications of climate change. *Limnology Oceanography* 50(5): 1377-1392.

Bejarano, S., S. Zea y J. Díaz. 2004. . Esponjas y otros microhábitats de ofiuros (ophiuroides: echinodermata) en ambientes arrecifales del archipiélago de san bernardo (Caribe colombiano). *Invemar*, 33(1), 29-47.

Benavides, M., G.H. Borrero y C.M. Diaz. 2011. Equinodermos: Crinoideos, Asteroidea y Ophiuroides. *Invemar*, Santa Marta. 384 p.

Betanzos-Vega, A., C. Lodeiros, J. Espinosa-Sáez y J.M. Mazón-Suástegui. 2016. Identificación del ostión americano *Crassostrea virginica* (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) como recurso natural en las Antillas Mayores: Cuba. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4): 1342–1347.

Boaventura, D., L. Fonseca y S. Hawkins. 2002. Intertidal rocky shore communities of the continental Portuguese coast: Analysis of distribution patterns. *Marine Ecology* 23(1):69-90.

Buschbaum C., S. Dittmann, J.S. Hong, I.S. Hwang, M. Strasser, M. Thiel, N. Valdivia, S.P. Yoon y K. Reise. 2009. Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Research* 63: 47-58.

Campos, N., G. Navas y A. Bermudez. 2010. Riqueza y distribución geográfica de los crustáceos decápodos del mar Caribe colombiano. *Unal Caribe*, 14: 83-102.

Castro, F., T. Nara, M. Da Silva y V. Fonsêca-Genevois. 2006. *Spirinia elongata*, sp. nov. (Nematoda, Desmodoridae) from Pina Basin, Pernambuco, Brazil. *Zootaxa. Brasil*. 1121: 53–68.

- Coutinho, R. 2002. Bentos de costões rochosos. *In*: Pereira, R. C. & Soares- Gomes, A. eds. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro, Interciência. 147-157.
- Chapman M.G., A.J. Underwood y G.A. Skilleter. 1995. Variability at different spatial scales between a subtidal assemblages exposed to the discharge of sewage and two control assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 189: 103–122.
- Chappuis, E., M. Terradas, M.E. Cefali, S. Mariani y E. Ballesteros. 2014. Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale. *Elservier, España*, 147: 113-122.
- Clarke K.R., P.J. Somerfield y R.N. Gorley. 2008. Testing of Null Hypotheses in Exploratory Community Analyses: Similarity Profiles and Biota-environment Linkage. *J Exp Mar Biol Ecol*. 366(1-2): 56–69.
- Clarke, K. R., R.N. Gorley, P.J. Somerfield y R. M. Warwick. 2014. *Change marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. tercera edición. PRIMER-E Ltd. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, Reino Unido. 262 p.
- Córdoba, A. 1997. Macrofauna bentónica asociada a fondos blandos de la plataforma continental de Pozos Colorados y el Rodadero, Caribe colombiano. Tesis Biol.Mar., Univ. De Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 107 p.
- Crowe, T. P., R. Thompson, S. Bray y S.J. Hawkins. 2000. Impacts of anthropogenic stress on rocky intertidal communities. *J. of Aq. Eco. Stress and Recovery* 7(4):273-297.
- Cruz-Motta, J.J 2013. Moluscos bivalvos perforadores de rocas en la zona intermareal de la provincia de esmeraldas- Ecuador. *Acta oceanográfica del pacifico*, 18: 131-141.
- Cruz-Motta, J.J. 2007. Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litorales rocosos de Venezuela. *Ciencias marinas*, 33(2), 133-148.
- Cruz-Motta, J.J., P. Miloslavich, G. Palomo, K. Iken y B. Konar et al. 2010. Patterns of Spatial Variation of Assemblages Associated with Intertidal Rocky Shores: A Global Perspective. *PloS One*, 5(12): 14-34.
- Cutler, E.B. 1994. *The Sipunculida: their systematics, biology, and evolution*. Ithaca, New York, Cornell University, 433 pp.
- Da Rocha, R.M., T. Zanata. y T. Moreno. 2013. Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidians. *Biota. Paraná-Brasil*. 37 p.
- Dame R.E., D. Bushek & T.C. Prins. 2001. Benthic suspension feeders as determinants of ecosystem structure and function in shallow coastal waters. *In*: Reise K (ed). *Ecological comparisons of sedimentary shores*. *Ecological Studies* 151: 11-37.
- Delgadillo, O y N. Toro. 2018. An integrative Artificial Reef Project for Conservation and Coastal Management in the Colombian Caribbean. *American Fisheries Society Symposium*. 86: 215-234. *En*: Bortone, S. 2018. *Marine Artificial Reef Research and Development: Integrating Fisheries Management Objectives*. *American Fisheries Society Symposium*. 86: 215-234.
- Dethier, M. N. y G.C. Schoch. 2005. The consequences of scales: assessing the distribution of benthic populations in a complex estuarine fjord. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62(1- 2): 253-270.

- Díaz, J.M. y M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe colombiano, Un catálogo ilustrado. Bogotá (Colombia): Colciencias-Fundación Natura-Invemar, 377 p.
- Díaz-Sanchez, C y S. Zea. 2016. Porifera. 72-83. En: Vides, M., D. Alonso, E. Castro y N. Bolaños (Ed.). Biodiversidad del mar de los siete colores. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA, Santa Marta - Colombia. 228 p.
- Domènech, R., J. Martinell y J. de Porta. 2008. Bioerosión por poliquetos espiónidos (Polychaeta, Spionidae) en moluscos marinos del cuaternario caribeño de Colombia. *Revista Acad. Colomb. Cienc.*, 32(124): 412-419.
- Duarte C., E. Jaramillo, H. Contreras y L. Figueroa. 2006. Community structure of the macroinfauna in the sediments below an intertidal mussel bed (*Mytilus chilensis* (Hupe)) of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 353-368.
- Encomendero, L. y E. Dupré. 2003. Efecto del sustrato en la intensidad del asentamiento de larvas de *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819 (Bivalvia, Pectinidae) en ambiente controlado. *Investigaciones marinas*, 31(1), 25-32
- Escobar-Briones, E., M. Signoret y D. Hernández. 1999. Variación de la densidad de la fauna macrobentónica en un gradiente batimétrico oeste del Golfo de México. *UNAM. Ciencias Marinas*, 25 (2): 3-15 p.
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County, Sci. Ser.*, 28:1-188.
- Ferrero, L. 2014. Distribution and ecology of sipuncula from the western Mediterranean Sea. Tesis PhD. Univ. d de Alicante, España. 147 p.
- Foggo, A., J.A. Martin, T.F. Matthew y A. Rowden. 2003. Estimating marine species richness: an evaluation of six extrapolative techniques. *Mar. Ecol. Prog. Ser. Reino Unido*, 248: 15-26.
- Franco-Herrera, A. 2005. Oceanografía de la ensenada de Gaira: El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe. Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 58 p.
- Frithsen, J. y A. Holland. 1992. Benthic communities as indicators of ecosystem condition. *Ecological indicators*, Springer, Boston, 460 p.
- Galkin, S.V. y E.I. Goroslavskaya. 2008. Bottom fauna associated with mussel beds and alvinellid communities in the hydrothermal field at 9°N of the East Pacific Rise. *Oceanology* 48: 509-516.
- Gonzalez-Cueto, J., S. Quiroga, J. Norenburg. 2014. A shore-based preliminary survey of marine ribbon worms (Nemertea) from the Caribbean coast of Colombia. *ZooKeys*, Washington, 439: 83–108.
- Harley, C., A. Hughes, K. Hultgren, B. Miner, C. Sorte, C. Thornber, L. Rodriguez, L. Tomanek y S. Williams. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9: 228-241.
- Hedgpeth, J.W. 1950. The Pycnogonida of the western North Atlantic and the Caribbean. *Smithsonian Inst.*, 97: 157-342.

Hendler, G., J.E. Miller, D.C. Pauson y P.M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and allies. Smithsonian Inst., Hong Kong. 389 p.

Hernández-Ávila, I., A. Tagliafico y N. Rago. 2012. Composición y estructura de la macrofauna asociada con agregaciones de dos especies de bivalvos en Isla de Cubagua, Venezuela. Rev. Biol. Trop. 61 (2): 669-682.

Hernández, N., R. Guerrero y F. Morales. 2015. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos del sustrato rocoso artificial del muro de San Carlos, Estado Zulia, Venezuela. Ciencia 23(1), 5 – 13.

Hernández, I. 2017. Diversidad de Hidroides (Hydroidolina), Corales (Hexacorallia), Octocorales (Octocorallia), y Ascidiarias (Ascidiacea) en arrecifes artificiales de la Bahía de Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia. Tesis Biol.Mar., Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 143 p.

Jacobi, C.M. 1987. The invertebrate fauna associated with intertidal beds of the brown mussel *Perna perna* (L.) from Santos, Brazil. Stud. Neotrop. Fauna E. 22: 37-72.

Je, J.G., T. Belan, C. Levings y B.J. Koo. 2004. Changes in benthic communities along a presumed pollution gradient in Vancouver Harbour. Mar. Envir. Res. 57:121–135.

Kensley, B. y M. Schotte. 1989. Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean. Smithsonian Inst. Washington. 328 p.

Lalli, C. y T. Parsons. 1997. Biological Oceanography an introduction. Elsevier, Vancouver, Canada, 337 p.

LeCroy, S. 2000. In illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida: Families Gammaridae, Hadziidae, Isaeidae, Melitidae and Oedicerotidae. USM Inst. of Mar. Sci. Mississippi. 203 p.

Lee, T. 2013. Intertidal assemblages on artificial structures and natural rocky habitats on Taiwan's north coast. The raffles bulletin of zoology. 61(1): 331-342.

Mancera, J. N. Arbeláez, L. Perdomo y A. Molina. Caracterización de la laguna la escollera. En: Zea, S. N. Campo y J. Mancera. 2017. Procesos ecológicos y oceanográficos en lagunas costeras: el caso de La Escollera en Santa Marta. Unal. Santa Marta. 4-23 p.

Margalef, R. 1981. Ecología. Editorial Planeta. Barcelona, España, 252 p.

Menge, B. y G. Branch. 2001. "Rocky Intertidal Communities". En: Bertness M, Gaines S, Hay M (ed) Marine community ecology. Sinauer Associates, Sutherland, MA. 221-253.

Muñoz, R., N. Simoes, J. Tello-Mutis y E. Rodríguez. 2013. Sea anemones (Cnidaria, Anthozoa, Actiniaria) from coral reefs in the southern Gulf of Mexico. Zookeys. 341: 77–106.

Pineda, M. 2010. Composición de la malacofauna asociada a sustratos duros en dos ecosistemas (zonas portuarias y zonas estuarinas), del Caribe colombiano, primer semestre de 2010. Tesis Biol.Mar., Univ. de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 87 p.

Queiroz, R. y T. Dias. 2014. Molluscs associated with the macroalgae of the genus *Gracilaria* (Rhodophyta): importance of algal fronds as microhabitat in a hypersaline mangrove in Northeastern Brazil. *Brazilian J. of Biol.*, 74(3): 52-63.

Quiroga, S., M. Bolaños y M. Litvaitis. 2004. Policládidos (Platyhelminthes: Turbellaria) del Atlántico Tropical Occidental. *Biota Colombiana*, 5(2): 159-172.

Quirós, R., J.A. y J. Arias. 2013. Taxocenosis de moluscos y crustáceos en raíces de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en la bahía de Cispatá, Córdoba, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 329-340.

Quiroz-Ruiz, M.M. y M.H. Londoño-Mesa. 2015. Sipúnculos (sipuncula) del gran caribe: lista de especies y bibliografía. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar*, 44 (2), 327-342.

Ramirez, A. y Viña-Vizcaino. 1998 *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis.* Panamericana. Bogotá. 320 p.

Rilov, G. y D.R. Schiel. 2011. Community regulation: the relative importance of recruitment and predation intensity of an intertidal community dominant in a seascape context. *Plos One*, 6: 23- 36.

Risgard, H. 2001. Physiological Regulation Versus Autonomus Filtration in Filter-Feeding Bivalves: Starting Points for Progress. *Ophelia*. 54:193-209.

Rodríguez, J., N. Grande, B. Bulnes, J. Almon, J. Perez y C. Noreña. 2017. Systematic revision of the family Pleioplanidae Faubel, 1983 (Polycladida, Acotylea): new genus and combinations. *European Journal of Taxonomy*. España 264: 1–30.

Soto, R., J. Castilla y F. Bozinovic. 2004. Conducta de forrajeo del gastrópodo *Acanthina monodon Pallas, 1774* (Gastropoda: Muricidae) en el intermareal rocoso de Chile central. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 157-175.

Seed, R. 1996. Patterns of biodiversity in the macroinvertebrate fauna associated with mussel patches on rocky shores. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 76: 203-210.

Sepúlveda, R.D., J.M. Cancino y M. Thiel. 2003. The peracarid epifauna associated with the ascidian *Pyura chilensis* Molina, 1782 (Asciacea: Pyuridae). *J.I of Nat. Hist.* 37: 1555-1569.

Sibaja, J., y J. Vargas. 2006. Zonación vertical de epifauna y algas en litorales rocosos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista. Biología Tropical*, 54(1), 49-67

Silva, A. y J. Creed. 2008. Mollusca, Bivalvia, *Isognomon bicolor* (C. B. Adams 1845): Distribution extension. *Check List*, 4(4): 386-388.

Sthephenson, T. y A. Sthephenson. 1949. The universal features of zonation between tide on rocky coast. *Ecology* 37: 289-305.

Thompson, B.E. 1980. Sipuncula. *Sea Research*, 27 (11): 951-958.

Tovar-Hernandez, M. 2009. Sabellidae. 489-520. En: de León-González J.A., J.R. Bastida-Zavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V Solís-Weiss (Eds.). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 737 p.

Troncoso, J. y J. Sibaja-Cordero. 2011. Spatial pattern of vertical zonation of rocky shore organisms and the influence of ocean exposure at the Islas Cíes (NW Spain). *J. of Ocean. and Mar. Sci.*, 2: 23-31.

Tsuchiya, M. y M. Nishihira. 1985. Islands of *Mytilus edulis* as a habitat for small intertidal animals: effect of island size on community structure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 71-81.

Tuya, F. y R.J Haroun. 2006. Spatial patterns and response to wave exposure of shallow water algal assemblages across the Canarian Archipelago: a multiscaled approach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 311, 15-28.

Vaupel, J.C., M. Charmantier-Daures y F. R. Schram. 2015. The crustacea: revised and updated, as well as extended from the traité de zoologie. 5ta edición. Brill Academic Publishers. Boston. 376 p.

Wedler, E. 2017. Hidroides del Mar Caribe con énfasis en la región de Santa Marta, Colombia. *Invemar. Serie de Publicaciones generales del Invemar.* 947 p.

Yupanqui, W., L. Quipúzcoa, R. Marquina, F. Velazco, E. Enríquez y D. Gutiérrez. 2007. Composición y distribución del macrobentos en la Ensenada de Sechura, Piura, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 75-85.

Zamorano, J.H. 2000. Fauna asociada a las agregaciones del poliqueto tubícola *Phragmatopoma virginii* Kinberg, en el intermareal rocoso de Mehuín. XX Congreso de Ciencias del Mar, Concepción. 217.

Zea, S. 1987. Esponjas del Caribe colombiano. *Catálogo Científico*, Bogotá. 286 p.

Zea, S. 1993. Cover of sponges and other sessile organisms in rocky and coral reef habitats of Santa Marta, Colombian Caribbean Sea. *Caribbean Journal of Science*, 29 (1-2):75-88.

Zea, S., N. Campos y J. Mancera. 2017. Procesos ecológicos y oceanográficos en lagunas costeras: el caso de La Escollera en Santa Marta. Reconocimiento general y avances 2014-17. Informe de actividades desarrolladas por Profesores y Estudiantes, 2015-17. Reporte de proyecto. n/a, Santa Marta.

ANEXOS

Anexo 1. Estimadores con la respectiva riqueza (S) y el porcentaje que representa en relación con las familias encontrada en el estudio.

Estimadores	S	Porcentaje del estimador
Chao 2	104	107%
Jacknife 1	107	110%
Jacknife 2	110	113%
Bootstrap	102	105%

Anexo 2. Matriz de composición y densidad (ind/m²) de los macroinvertebrados asociado al sustrato duro artificial de “La Escollera”. Familias en negrita fueron excluidas por ser coloniales.

Familias	E1- Ago	E2- Ago	E3- Ago	E1- Sep	E2- Sep	E3- Sep	E1-Oct	E2-Oct	E3-Oct	E1-Nov	E2-Nov	E3-Nov	E1- Dic	E2-Dic	E3-Dic	E1- Ene	E2- Ene	E3- Ene
Polychaeta*																		
Cirratulidae	400.00	58.67	74.67	5.33	26.67			16.00	5.33	10.67	42.67	117.33	5.33	5.33	26.67		85.33	10.67
Cossuridae		5.33																
Eunicidae	133.33	16.00	32.00		5.33	5.33	69.33	16.00			16.00		5.33	21.33	5.33	5.33		
Lumbrineridae	58.67						5.33				21.33	10.67			10.67	5.33	10.67	
Nereididae	5.33													26.67				
Sabellariidae	10.67																	
Sabellidae	16.00	48.00	16.00	10.67	37.33	26.67		5.33			5.33			5.33	144.00			165.33
Serpulidae	69.33			37.33							5.33							
Spionidae			26.67		10.67			32.00	5.33						5.33		5.33	
Syllidae	8096.00	85.33	501.33		80.00	10.67	80.00	346.67	37.33		10.67	1658.67	21.33	58.67	224.00		218.67	10.67
Terebellidae	16.00	10.67		5.33	5.33										10.67			
Mollusca*																		
Bivalva**																		
Mytilidae	42.67	565.33	138.67	181.33	176.00	229.33	672.00	165.33	448.00	208.00	234.67	261.33	133.33	117.33	149.33	229.33	1056.00	176.00
Pteridae	325.33	1002.67	128.00	250.67	800.00	416.00	1264.00	464.00	394.67	245.33	880.00	133.33	96.00	53.33	330.67	149.33	965.33	74.67
Ostreidae	53.33	48.00	1781.33	336.00	352.00	1584.00	309.33	2645.33	1450.67	112.00	122.67	1520.00	58.67	1146.67	1056.00	101.33	165.33	2042.67
Gastrochaenidae				16.00	5.33		21.33	16.00		42.67			10.67				5.33	
Veneridae	5.33			5.33			21.33	10.67		37.33		5.33	10.67			5.33		10.67
Periplomatidae	5.33									16.00	5.33	10.67		69.33				
Gasteropoda**																		
Neritidae			10.67	16.00		16.00	10.67			5.33								5.33
Calyptraeidae	16.00						21.33		16.00				16.00			16.00		
Littorinidae	5.33	5.33		42.67			149.33			37.33			69.33				16.00	
Fissurellidae	10.67		16.00				37.33	16.00	5.33	10.67	5.33	10.67	32.00	26.67		10.67		
Caecidae					5.33	26.67	21.33			48.00			10.67			10.67		5.33
Clathurellidae	5.33						5.33	5.33	10.67	10.67		10.67	26.67					

Marginellidae	5.33	10.67					42.67			69.33			90.67	32.00	10.67	42.67	48.00	10.67
Tornidae	5.33	5.33		10.67		16.00	26.67			48.00			74.67					
Triphoridae							10.67			16.00			10.67					
Hipponicidae		5.33	5.33		32.00	5.33			5.33		5.33		5.33		10.67	32.00	5.33	16.00
Aplysidae																42.67		26.67
Vermetidae	128.00	762.67	192.00	197.33	229.33		149.33	549.33			378.67	90.67	53.33	90.67	21.33	154.67		32.00
Melongenidae														26.67	32.00		48.00	32.00
Acanthochitonidae	10.67									21.33			144.00					
Chitonidae	5.33																	

Sipunculida*

Sipunculidae	37.33	21.33	21.33	133.33	32.00	21.33	165.33	58.67	10.67	133.33	37.33	26.67	96.00	42.67	21.33	122.67	48.00	16.00
Golfingidae	144.00	21.33	16.00	48.00	26.67	16.00	80.00	16.00	10.67	53.33	5.33	5.33	42.67	48.00	10.67	85.33	5.33	32.00
Phascalionidae	69.33	10.67		58.67		5.33	69.33	32.00	10.67	10.67	10.67	5.33	85.33	48.00	16.00	21.33		42.67
Phascolosomatidae	32.00	5.33	26.67	32.00	10.67		32.00	21.33			21.33	10.67	16.00	10.67		48.00	10.67	21.33
Aspidosiphonidae	21.33	16.00	16.00	10.67		16.00	37.33	16.00	42.67	53.33	42.67	16.00	5.33		10.67	5.33	26.67	

Artropoda*

Pycnogonida**

Pallenidae	16.00	21.33								80.00			165.33				16.00	538.67
------------	-------	-------	--	--	--	--	--	--	--	-------	--	--	--------	--	--	--	-------	--------

Malacostraca-Decapoda**

Alpheidae							16.00						5.33	5.33				
Grapsidae														5.33	16.00			
Cancriidae													5.33					
Epialtidae									10.67			10.67					5.33	
Calappidae																	5.33	
Sesarmidae	5.33						5.33			5.33			5.33			16.00		21.33

Panopeidae	5.33			5.33			5.33			5.33			5.33						
Majidae							5.33												
							Malacostraca-Isopoda**												
Anthuridae	16.00		5.33							5.33									
Phoratopodidae	16.00									80.00				32.00				16.00	
Sphaeromatidae	37.33									32.00				208.00				5.33	
							Malacostraca-Tanaidacea**												
Paratanaidae	16.00	58.67	42.67							69.33								186.67	
Neotanaidae	176.00	309.33	149.33	64.00	101.33	133.33	10.67	42.67	96.00	138.67	165.33	197.33	128.00	144.00	122.67	144.00	208.00	85.33	
Apseudidae	64.00	192.00	106.67	37.33	138.67	16.00		176.00	128.00	69.33	234.67	117.33	37.33	69.33	48.00	58.67	112.00	69.33	
Agathotanaidae	26.67	250.67	58.67	101.33	42.67	32.00		10.67		64.00	112.00	32.00	165.33	64.00	69.33	37.33	58.67		
Tanaissuidae	53.33	165.33	21.33	48.00	144.00	128.00		21.33		5.33	101.33	16.00	309.33	224.00	277.33	112.00	154.67	48.00	
Pagurapseudidae	21.33		10.67	10.67	16.00	10.67	16.00	74.67	90.67		42.67		112.00	64.00	149.33	16.00	32.00	21.33	
Leptocheliidae	218.67	384.00	48.00	37.33	48.00			90.67		10.67			197.33				224.00	346.67	
Akanthophoreidae	5.33		16.00	58.67	144.00	80.00						5.33	202.67	117.33		122.67		85.33	
							Malacostraca-Anfipoda**												
Colletteidae				5.33						5.33				5.33					
Podoceridae	80.00	117.33												42.67	48.00		37.33	21.33	
Dexaminidae	42.67	122.67	26.67	53.33	74.67	10.67		42.67	42.67				325.33		74.67	10.67		5.33	
Talitridae	1168.00	69.33	170.67	138.67	165.33	117.33	245.33	149.33	186.67	474.67	197.33	218.67	138.67	218.67	208.00	229.33	64.00	165.33	
Eusiridae	21.33	26.67		42.67		80.00		5.33		133.33			80.00		16.00	64.00	21.33	42.67	
corophoridae	181.33		122.67	224.00	336.00	384.00		181.33	208.00	149.33	389.33	346.67	181.33	938.67	1376.00	229.33	805.33	992.00	
Aoridae	32.00	16.00		133.33		5.33				80.00	112.00	160.00	37.33		5.33				
anaximidae	42.67		10.67		37.33							5.33		5.33	64.00		16.00		
ampeliscidae	21.33			5.33	80.00			5.33		10.67		10.67			37.33	26.67	5.33	16.00	
ampithoidae			42.67		48.00	32.00									26.67				
Hyalidae	90.67	42.67	80.00	170.67	42.67	144.00		32.00		80.00	282.67	314.67	90.67	128.00	42.67	32.00	149.33	69.33	
Stenotoidea		16.00	16.00	5.33												5.33	5.33		

Bateidae	10.67					42.67	26.67	5.33	10.67	10.67	32.00		16.00	5.33	16.00				
Melphididae				5.33		21.33		5.33							5.33				
Cheluridae				32.00		42.67	5.33	5.33		10.67		10.67							
Caprellidae	5.33	5.33																	
Iphimidiidae	5.33		10.67		5.33		26.67				5.33		32.00	10.67	37.33	21.33			
Hexanauplia**																			
Sacculina													10.67	16.00					
Balanidae	304.00	96.00	160.00	144.00	208.00	229.33	736.00	330.67	112.00	208.00	144.00	181.33	21.33	234.67	336.00	464.00	96.00	128.00	
Cnidaria*																			
Actiniidae	26.67	48.00	453.33		32.00			117.33	10.67			5.33					21.33	1141.33	
Aiptasidae		42.67	112.00		42.67			69.33				37.33	5.33	5.33	5.33		32.00	517.33	
Parazoanthidae	1530.67																		
Kirchenpaueriidae																		16.00	
Porifera*																			
Niphatidae	5.33			5.33			5.33			5.33			5.33				5.33		
Tedaniidae	5.33	5.33	5.33	5.33	5.33		5.33			5.33		5.33	5.33				5.33	5.33	
Irciniidae	5.33			5.33			5.33			5.33			5.33				5.33		
Echinodermata*																			
Amphiuridae	26.67				16.00		85.33			5.33			58.67	53.33					
Echinometridae							5.33						5.33						
Chordata*																			
Didemnidae	16.00		16.00				16.00	10.67	5.33		5.33		5.33		5.33		5.33	5.33	
Ascididae		5.33	10.67				5.33	5.33	26.67			5.33		250.67	5.33	5.33			
Molgulidae					37.33			10.67	53.33		42.67	5.33		42.67	5.33				
Polycitoridae	5.33						5.33												
Corellidae	42.67		5.33		64.00		10.67	37.33	16.00		10.67			37.33				5.33	
Pyuridae					16.00		10.67	10.67	5.33			5.33		5.33					

Cionidae				5.33				26.67			
Styelidae			5.33							5.33	
					Plathyhelminthes*						
Pleioplanidae	5.33										
					Nemertea*						
Lineidae		10.67		5.33			10.67	5.33		10.67	5.33
Amphiporidae	21.33		10.67			26.67		10.67	10.67	16.00	
					Nematoda*						
Desmodoridae	5.33	5.33		10.67	21.33				16.00	10.67	96.00
Meyllidae	5.33			5.33		5.33	69.33	128.00		5.33	42.67

*Hace referencia a los phyla e incluye los organismos que están debajo.

** Hace referencia a la clase/orden del phylum.