

[Ir a Tabla de Contenido](#)

**EFFECTO DE LOS REFUGIOS BENTÓNICOS (CASITAS CUBANAS) SOBRE
LA MACROINFAUNA ASOCIADA A FONDOS BLANDOS DE LA BAHÍA DE
TAGANGA, CARIBE COLOMBIANO**

JUAN CARLOS RUBIO POLANÍA

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
BOGOTÁ D.C.
2005**

**EFFECTO DE LOS REFUGIOS BENTÓNICOS (CASITAS CUBANAS) SOBRE
LA MACROINFAUNA ASOCIADA A FONDOS BLANDOS DE LA BAHÍA DE
TAGANGA, CARIBE COLOMBIANO**

JUAN CARLOS RUBIO POLANÍA

Trabajo de Grado

Director

CARLOS ALBERTO TRUJILLO
Biólogo Marino

Asesores

PAULO CESAR TIGREROS BENAVIDES
Biólogo Marino

AMINTA JAUREGÜI
Biólogo Marino

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
BOGOTÁ D.C.
2005

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Efecto de los refugios bentónico (casitas cubanas) sobre la macroinfauna asociada a fondos blandos de la Bahía de Taganga, Caribe colombiano

Este trabajo es dedicado a todas aquellas personas que a lo largo de mi vida contribuyeron a mi formación personal e intelectual.

Para todos ellos Gracias.

AGRADECIMIENTOS

En la ejecución de esta investigación intervinieron entidades y personas que me brindaron su colaboración, sin la cual no hubiese sido posible haber llevado a cabo este proyecto y con quienes siempre estaré agradecido.

A mis padres por aguantarme todos los días, pagar mi educación y ayudarme siempre que lo necesito, gracias rubencho y yolita.

A la Universidad Jorge Tadeo Lozano y a la Fundación Sila – Kangama por brindarme el apoyo necesario en cuanto al almacenamiento y procesamiento de muestras, logística y apoyo económico.

A Juan Pablo Valencia Vera (El Paisa), por haberme colaborado durante toda la fase de muestreo, ayudarme con la preparación de reactivos y haber con fiado en mí a 85 pies de profundidad.

A mis compañeros de curso Tatiana Rico, Rafael Barragán, Irene Valderrama y Alejandro Ochoa, por haberme colaborado en la identificación preliminar de poliquetos, muestreo, redacción de este documento y manejo del programa V8 y facilitarme los programas necesarios para editar las imágenes, respectivamente.

A Bibiana Molina por su invaluable ayuda durante las fases de preparación, muestreo e identificación del material biológico.

A Mónica Villalobos por hacerme compañía durante la temporada de vacaciones de mitad de año.

A Ivonne por acompañarme y colaborarme en el laboratorio mientras identificaba los moluscos.

Al profesor Paulo Tigreros por la paciencia y dedicación otorgada a este proyecto y al profesor Adolfo Sanjuán por sus diarios “Rubio deje de vagar y váyase a trabajar”.

Al personal de Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, quienes me colaboraron y enseñaron de una manera amable como identificar los individuos que a nadie le gusta identificar.

A Diana Vásquez por prestarme su computador para redactar la primera versión de este documento y corregirme el Abstract.

A Elle Anne López por contribuir en la entrega de este documento dentro de los plazos establecidos para las fechas de graduación.

Y en especial a Ana Uribe quien saco tiempo mientras elaboraba su trabajo de grado y me explicó el manejo de Adobe Photoshop. Muchas gracias anuchis.

Por último pero no menos importante a Chicho por distraerme durante la redacción de la discusión de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRAC.....	10
1 INTRODUCCIÓN.....	11
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1 FASE PRELIMINAR	16
2.2 FASE DE CAMPO.....	18
2.3 FASE DE LABORATORIO	22
2.3.1 ANÁLISIS DEL SEDIMENTO.....	22
2.3.1.1 GRANULOMETRÍA	22
2.3.1.2 MATERIA ORGÁNICA.....	22
2.3.1.3 CARBONATO DE CALCIO.....	23
2.3.2 ANÁLISIS DE MATERIAL BIOLÓGICO.....	23
2.4 FASE DE GABINETE	25
2.4.1 DATOS ABIÓTICOS.....	25
2.4.2 DATOS BIÓTICOS.....	27
3 RESULTADOS	28
3.1 RESULTADOS ABIÓTICOS.....	28
3.1.1 GRANULOMETRÍA.....	28
3.1.2 TEMPERATURA DEL SEDIMENTO.....	32
3.1.3 MATERIA ORGÁNICA Y MATERIA ORGÁNICA SUSCEPTIBLE A SER OXIDADA.....	32
3.1.4 CARBONATO DE CALCIO.....	35
3.2 RESULTADOS BIÓTICOS.....	36
3.2.1 ANÁLISIS DE CLASIFICACIÓN	47
3.2.2 ANÁLISIS DE ORDENACIÓN	49
3.2.3 ANÁLISIS INVERSO DE KAANDORP.....	49
3.2.4 BIOENV.....	52
4 DISCUSIÓN.....	53
4.1 COMPONENTE ABIÓTICO.....	53
4.1.1 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS.....	53
4.1.2 TEMPERATURA DEL SEDIMENTO.....	55
4.1.3 MATERIA ORGÁNICA Y MATERIA ORGÁNICA SUSCEPTIBLE A SER OXIDADA.....	55
4.1.4 CARBONATO DE CALCIO.....	58
4.2 COMPONENTE BIÓTICO.....	59
5 CONCLUSIONES.....	64
6 RECOMENDACIONES	66
7 BIBLIOGRAFÍA.....	67
8 ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros granulométricos tenidos en cuenta con sus respectivos limites, tamaño medio de grano (Mz), desviación estándar (s1), cúrtosis (Kg) y asimetría (Sk)	29
Tabla 2. Resultados obtenidos a partir de los cálculos realizados a las muestras utilizadas para determinar las características granulométricas. Phi (?) media (Mz), Desviación estándar (s1), Asimetría (Sk), cúrtosis (Kg).....	30
Tabla 3. Valores de temperatura del sedimento, porcentajes de materia orgánica, materia orgánica susceptible de ser oxidada y carbonato de calcio presente en los cinco puntos de muestreo de las tres estaciones Evaluadas. Promedios de cada variable por estación y desviación estándar.....	34
Tabla 4. Familias halladas y cantidad total de individuos hallados; se encuentran organizadas por orden alfabético y por Phylum.	37
Tabla 5. Número de familias observadas por punto de muestreo en cada estación evaluada. Cada punto de muestreo presenta un área de 0,1 m ²	41
Tabla 6. Índices ecológicos calculados en cada uno de los 15 puntos de muestreo. Total de individuos (N), total de familias (S), Riqueza de Margalef (d'), Uniformidad de Pielou (J), Diversidad de Shannon-Wiener (H) y Predominio de Simpson (?).	43
Tabla 7. Variables, valores de correlación de Spearman obtenidos con la prueba de Bioenv, y número de selecciones obtenidas	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Bahía de Taganga, el area en la que se encuentran ubicados los refugios artificiales se encuentra maracado con un punto.	16
Figura 2. Refugio bentónico tipo Casita Cubana. Foto tomada por Juan Carlos Rubio.	17
Figura 3. Representación esquemática de un refugio bentónico (Casita Cubana) y Transecto con las distancias en cm, en las cuales fueron tomadas las muestras.	18
Figura 4. A. Caja excavadora introducida en el sedimento, B. Vaciado de la caja excavadora en las bolsas rotuladas, C. Bolsas con el material colectado, D. Muestras recolectas y acomodadas en una caja plástica para ser izadas a Lancha. Fotos tomadas por Jhoanna Medellín.	20
Figura 5. A. Tamiz de campo de 500 µm, B. Muestra Biologica debidamente fijada y rotulada. Foto tomada por Juan Carlos Rubio.	21
Figura 6. Frecuencia relativa de los organismos colectados en todas las estaciones implementadas para esta investigación. A. Porcentaje de todos los organismos colectados; B. Porcentaje del total encontrado excluyendo los poliquetos con el fin de lograr el porcentaje de las familias menos abundantes.	36
Figura 7. Frecuencia relativa observada en la estación 1.	38
Figura 8. Frecuencia relativa encontrada en la estación 2.	39
Figura 9. Frecuencia relativa del total colectado en la estación 3.	40
Figura 10. Abundancia total observada en cada uno de los puntos de muestreo de las tres estaciones evaluadas. En color azul fueron graficados los datos de los poliquetos, en naranja los moluscos, el verde corresponde a los crustáceos, en amarillo se representaron los sipunculidos y en azul oscuro los oxiuros. Las columnas están ordenas de Sur a Norte; uno (1) corresponde a 5 m Sur, dos (2) a 2 m Sur, tres (3) a 0 m, cuatro (4) a 2 m Norte y cinco (5) a 5 m Norte.	42
Figura 11. Dendrograma cuantitativo de similaridad de Bray-Curtís de los 15 puntos de muestreo evaluados (Índice Cofenético = 0, 885). El punto de corte corresponde a 55% de similaridad.	48
Figura 12. MDS de los diferentes puntos de muestreo agrupados de acuerdo al dendrograma realizado a partir de la matriz de similaridad de Bray-Curtís.	49
Figura 13. Análisis inverso de Kaandorp, se aprecian las familias compartidas por los tres (3) grupos encontrados en el dendrograma, en las tres (3) posibles combinaciones así como las familias exclusivas de cada grupo.	51

RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto producido por los refugios bentónicos sobre la macroinfauna de fondos blandos de la bahía de Taganga, fueron seleccionadas tres estructuras en las cuales se tomaron muestras con una caja excavadora de 0,02 m², en 5 lugares puntuales, ubicados debajo del refugio (0 m), y a 2 m y 5 m en los sentidos Norte y Sur.

En esta investigación el sedimento hallado en el área hace parte del grupo de las arenas, dentro del cual se logró discriminar entre arenas gruesas, medias y finas con altos contenidos de materia orgánica, la cual fluctuó entre 8,494 % el punto de muestreo ubicado a 2 m Sur del refugio 2 y 23,662 % debajo del refugio 2. A su mismo el contenido de carbonato de calcio hallado fluctuó entre los 97,200 % a 2 m al Sur del refugio 2 y 99,700 % debajo del refugio 1.

Así mismo fue posible coleccionar 885 individuos distribuidos en 61 familias; de los organismos hallados, los poliquetos fueron el grupo más importante con 800 individuos divididos en 26 familias, seguido por el grupo de los moluscos en el cual se hallaron 44 organismos repartidos en 16 familias; 33 crustáceos distribuidos en 14 familias; 3 sipunculidos que representaron dos familias y 5 ofiuros de una sola familia. Las más mayores abundancias relativas observadas en las tres estaciones correspondieron a las familias Capitellidae y Cirratulidae, a su vez se logró observar una mayor representación de poliquetos en todos los puntos de muestreo. La diversidad de Shannon- Wiener fluctuó entre 2,589 a 5 m al Norte del refugio 1 y 1,693 a 2 m al Norte del refugio 2, estos valores fluctuaron en los diferentes puntos de muestreo y no se observó una disminución en esta variable asociado a los refugios; en cuanto al predominio de Simpson los valores calculados fueron muy bajos, mientras que la uniformidad se mantuvo por encima de 0,690. Adicionalmente la prueba de Bioenv se logró permitir establecer que la distribución de los individuos fue influenciada por la materia orgánica.

Respecto al sedimento hallado se pudo determinar que las arenas encontradas son típicas de los ambientes sedimentarios ubicados dentro de la plataforma continental, sin embargo la presencia de altos contenidos de materia orgánica es atípica de sedimentos arenosos, lo cual pudo ser ocasionado por la combinación de los aportes realizados por comunidades pelágicas, procesos de lixiviación, depositación de desechos de los organismos distribuidos al interior del refugio y desechos aportados por embarcaciones y provenientes del emisario submarino. En cuanto al alto contenido de carbonatos fue atribuido a la presencia de múltiples conchas en el sedimento, siendo este de características bioclasticas.

La mayor representación de poliquetos en el área, es característica típica de ambientes bentónicos, sin embargo la presencia sobresaliente de individuos de las familias Capitellidae y Cirratulidae podría indicar presumibles procesos de eutrofización en el área evaluada, idea que es respaldada por la abundancia observada de organismos de la familia Tellinidae y de anfipodos e isópodos, individuos que presentan hábitos tróficos sedimentívoros, a su vez se pudo observar como la materia orgánica influyó sobre la comunidad, debido a que el ambiente sedimentario disponible fue heterogéneo, lo cual provee una mayor cantidad de hábitos, sin embargo las altas concentraciones de material orgánico favoreció la proliferación de organismos resistentes a dicha condición, lo cual resultó en valores de diversidad bajos en comparación a los observados en áreas que presentan influencia de desembocaduras de ríos o presencia de arrecifes artificiales, si llegar al extremo de presentarse el predominio de una o varias familias.

ABSTRACT

With of objective of determining the effect of the benthic shelters in the macroinfaunal of soft bottom of the bay of Taganga, three structures were selected in which took samples with a digger box of 0,02 m², in 5 specific places, located under shelter (0m), and to 2 m and 5 m from North and South directions.

In this investigation the sediment found in the area it's part of the group sands where the sediment was classificate in three types, first one was thick sands, the second ones medium sands and thin sands with high content of organic matter, this fluctuate between 8,494 % from 2 m south of shelter 2 and 23,662 % under of shelter 2. in same manner the content of CaCO₃ found fluctuated between 97,200 % in 2 m from south direction of shelter 2 and 99,700 % under shelter 1.

The same way it was possible meet 885 individuals distributed in 61 families from that organism, the polychaetes were the most important group with 800 individuals divided in 26 families, followed by the mollusk in which were founded 44 organism distributed in 16 families; 33 crustaceans divided in 14 families, 3 sipuncula that represent two families and 5 brittle stars from one family. The biggest relative abundance watched in the three stations come from the families Capitellidae and Cirratulidae, likewise the polychaetes had the biggest representation in all of sampled points. The diversity of Shannon – Wiener fluctuated between 2,589 in the point placed 5 m from North direction of the shelter 1 and 1,693 in the point placed 2 m from North of shelter 2, this values changed between different sampled points, and they don't show decrease in this variable joined to that shelters; about the predominance of Simpson the calculated values were too low. While the evenness was upper of 0,690. By means of the test the Bioenv it was possible to determine that the distribution of the individuals was influenced by organic matter.

Regard to the sediment found was determinate that the sand found are typically de sedimentary environmental located into shelve. However the high content of organic matter is typical of sandy sediments this situation could be making by the mix contribution of the pelagic communities, lixiviation processes, depositing of wastes from organism distributed in the inside of the shelter and waste s given for the fisher ships and submarine emissary. About of high content of CaCO₃ were due the presents many shells in the sediment being this of bioclastic characteristics.

The biggest the polychaetes in the area is characteristic of benthic environment, however the stand out present of individuals from Capitellidae and Cirratulidae families could mean eutrofication processes in the area tested, this idea is supported by the abundance of the individuals of Tellinidae family and isopods and amphipods. This organism are deposit feeders, the same time how the organic matter influence the community due sedimentary environmental available was heterogeneous, this result in low values of diversity in comparison to the observed in the area that present artificial reefs, with out arrive to the limit that one or many families prevalence.

1 INTRODUCCIÓN

Cubriendo el 71% de la superficie terrestre, los océanos representan la porción más grande de la tierra, alcanzan una profundidad media de 3,74 Km. y una profundidad máxima de 11,5 Km. (en las Fosas Marianas); en él es posible observar cerca de 200.000 especies entre protistas, vegetales y animales, de las cuales el 98% son bentónicas, correspondiendo solo un 2% a las especies pelágicas (Hickman *et al.*, 1998).

Son bentónicos los organismos tanto animales como vegetales que mantienen una estrecha relación con el sustrato (Vegas, 1971). Al interior de este grupo se pueden encontrar individuos que presentan diferentes formas de vida, bien sean sésiles (que viven unidos al sustrato), o móviles (que se desplazan manteniendo contacto directo con el fondo marino) (Llamas y Cáceres, 1995). A su vez, los individuos bentónicos son discriminados de acuerdo a como se encuentran distribuidos en el sedimento, nombrando epifauna a aquellos organismos que se hallan sobre el lecho marino en sustratos duros o blandos e infauna a los que se ubican en la interfase agua-sedimento, perforando e introduciéndose al sustrato (Vegas, 1971; Herring, 2002); según la talla que presentan se denomina macrofauna a los organismos con tamaños iguales o mayores a 500 μm , meiofauna a los de tamaños entre 500 y 63 μm y microfauna a organismos menores a 63 μm . Otra característica de agrupación es de acuerdo al tipo de alimentación, encontrando individuos carnívoros, detritívoros, filtradores, omnívoros y sedimentívoros (Parada *et al.*, 1993).

Al presentar una estrecha relación con el fondo marino, la distribución de las especies bentónicas se ve afectada por características del sedimento como el tamaño de grano y la clasificación del mismo (Pérez, 1961 En: Vegas, 1971; Méndez *et al.*,1986), así mismo las comunidades bentónicas poseen adaptaciones tanto morfológicas como fisiológicas que les permite vivir y desarrollarse en ambientes como los fondos sedimentarios (Méndez *et al.*,1986), tipo de sustrato que predomina sobre la plataforma continental a nivel mundial (Johnson, 1971 En: Guzmán-Alvis y Díaz, 1993).

Sumado a lo anterior, la mayor parte del lecho marino está constituido por fondos blandos, el cual favorece a los organismos que viven enterrados y que poseen la capacidad de modificar dichos ambientes (Tait, 1987; Llamas y Cáceres, 1995), generando bioturbaciones por medio de diferentes procesos, entre los que se pueden mencionar: la oxigenación por organismos excavadores y el consumo de materia orgánica por sedimentívoros. Aunque el sustrato también puede variar de acuerdo a las condiciones físicas (intensidad de luz, temperatura y presión) y químicas (salinidad, pH y oxígeno disuelto) Tait (1987).

La estructura de las comunidades bentónicas marinas es utilizada a menudo para realizar valoraciones de impactos ambientales, dado que los constituyentes de la macrofauna son cuantificados para indicar el estado de salud ambiental; ya que los organismos pertenecientes a dichas comunidades presentan ciclos de vida largos, son relativamente sedentarios y exhiben diferentes grados de tolerancia al stress, lo que les permite responder a las perturbaciones generadas en el sedimento, bien sea por parte de agentes biológicos o antropogénicos como lo son la depositación de materia orgánica o sustancias contaminantes (Philippi *et al.*, 1998; Guzmán-Alvis *et al.*, 2001).

En el Caribe colombiano el 95 % de los fondos submarinos presentan texturas que van desde las arenas hasta las gravas y lodos; la composición de estos es variable, lo cual hace posible encontrar sedimentos biodetríticos y litoclásticos (Díaz y Puyana, 1994).

Pese a la importancia ecológica que presentan estas comunidades, autores en el ámbito nacional como Córdoba (1997), Vides (1999) y Ruiz (2001), en la justificación de sus trabajos expresan que existe poca información acerca de las especies pertenecientes a la infauna asociada a fondos blandos.

Es así como para la región de Santa Marta solo se cuenta con algunos trabajos como los de Amaya *et al.* (1995), Chacín y Mejía (1999) y Torres (1999), realizados en la Bahía de Gaira en los que se caracterizó la macrofauna asociada a fondos blandos y se determinó las variaciones espacio-temporales, permitiendo establecer la presencia de una sola comunidad con cambios espaciales pero no temporales, lo cual fue observado en un gradiente espacial relacionado con las variaciones de salinidad y aporte de materia orgánica en el área de influencia de la desembocadura del río Gaira y la homogeneidad de los sedimentos presentes en la Bahía.

Según Córdoba (1997) y López (1997), en el área de Pozos Colorados, la taxocenosis de las comunidades bentónicas no presentan diferencias espaciales o temporales; a su vez López (1997) enunció que la distribución biológica está determinada por la profundidad, observando dos zonas (somera y profunda) sin que se presente un límite definido.

Otros trabajos han sido realizados en el ámbito internacional entre los cuales son de mayor relevancia el desarrollado por Andrade *et al.*, (1986) en la Bahía de Valparaíso (Chile), determinando un efecto directo de las descargas de desechos orgánicos sobre la infauna, siendo evidente la proliferación de individuos que toleran bajas concentraciones de oxígeno y que el aporte de materia orgánica, agua dulce y nutrientes afecta la osmorregulación y distribución de los organismos asociados al sustrato.

Parada *et al.* (1993) en el puerto de Santander ubicado en la Península Ibérica determinó que tanto el equilibrio en la estructura numérica como la diversidad de la macrofauna bentónica distribuida en áreas de dragados continuos, disminuye cuando se realiza dicha actividad; sin embargo en un espacio de cuatro meses la comunidad logró alcanzar el equilibrio.

Seiderer y Newell (1999) observaron que la estrecha relación entre la distribución de diferentes tipos de sedimentos y las comunidades bentónicas del suroeste de Inglaterra, juegan un papel importante en el control biológico en la estructura comunitaria de individuos asociados al suelo marino.

Fabi *et al.* (2002) establecieron que los factores físicos asociados a la presencia de arrecifes artificiales colocados en la región de Senigallia en el mar Adriático, afectan la composición y abundancia de las comunidades infaunales, favoreciendo las poblaciones de poliquetos que se alimentan de los depósitos presentes en el sedimento, que para el área al interior del arrecife presentaba sustrato fangoso.

En la Bahía de Taganga, fueron instalados refugios bentónicos tipo Casita Cubana en el fondo marino por parte de la Fundación Sila – Kangama, como un sistema de agregación de las especies bentónicas presentes en la Bahía, en especial a los

individuos de la especie *Panulirus argus* Latreille, 1804, en el marco del proyecto “variabilidad del asentamiento postlarval e implementación de refugios artificiales para el manejo de langosta espinosa (*Panulirus argus* Latreille, 1804) en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano”, financiado por el Fondo para la Acción Ambiental y ejecutado por la Fundación Sila – Kangama, con el apoyo de la Universidad Jorge Tadeo Lozano sede Santa Marta, Corporación Autónoma del Magdalena CORPAMAG, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER, Dirección General Marítima DIMAR y la Universidad del Magdalena.

La carencia de información acerca de la macroinfauna presente en la Bahía de Taganga, la necesidad de conocer el efecto generado por la implementación de refugios bentónicos y el control que se debe efectuar en dichas estructuras son motivos suficientes para desarrollar programas que comprendan investigaciones como la propuesta en este proyecto, que puedan contribuir a obtener información suficiente para dar respuesta a dichos interrogantes.

Esta investigación se realizó con el fin de evaluar el efecto ocasionado por la instalación de los refugios bentónicos (Casitas Cubanas) en la estructura de la comunidad macroinfaunal de la Bahía de Taganga, estudio que se encuentra enmarcado dentro de las líneas de investigación de *estructura y función de ecosistemas*, y en la de *caracterización y valoración de la biodiversidad*, descritas en el Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar 1999 – 2004 de Colciencias (1999); a su vez en la línea *caracterización de especies*, contemplada por el Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera (PNIBM) del INVEMAR (2000); a su vez es efectuado como requisito para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 FASE PRELIMINAR

Durante los meses de abril y mayo fueron seleccionados al azar tres refugios bentónicos artificiales, de los 15 instalados en la Bahía de Taganga ([Figura 1](#) y [2](#)), los cuales se encontraban entre los 27 y 28 m de profundidad y fueron posicionados geodésicamente utilizando un GPS Garmin Smap 168 Sounder ubicando de esta manera la estación 1 en los $11^{\circ}15'56,5''$ N y $74^{\circ}11'51,1''$ W, la estación 2 a $11^{\circ}15'57,9''$ N y $74^{\circ}11'51,7''$ W; y la estación 3 en las coordenadas $11^{\circ}15'57,5''$ N y $74^{\circ}11'51,0''$ W. Dichas estructuras fueron denominadas con su respectivo número arábigo como 1, 2 y 3; de igual manera se numeraron los refugios bentónicos encontrados en cada estación; debido a esto, al momento de referirse a lo largo del documento al refugio artificial 1 se está hablando de la estación 1.

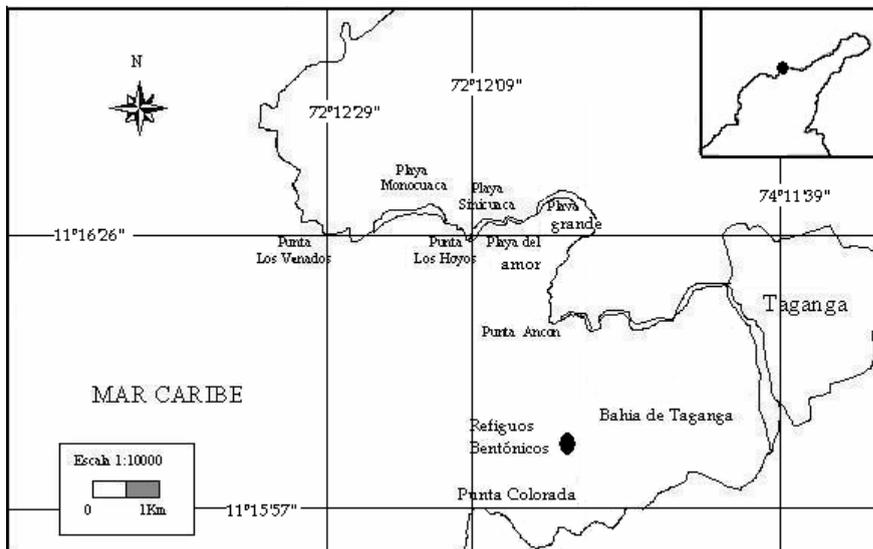


Figura 1. Mapa de la Bahía de Taganga, el área en la que se encuentran ubicados los refugios artificiales se encuentra marcado con un punto.



Figura 2. Refugio bentónico tipo Casita Cubana. Foto tomada por Juan Carlos Rubio.

Para determinar la dirección del transecto base, para la extracción de las muestras se utilizaron números aleatorios. Con anterioridad se había asignado que los números con terminaciones impares corresponderían a transectos en sentido N-S y los pares a transectos en dirección E-W.

En esta investigación los tres transectos trabajados se realizaron en sentido Norte - Sur atravesando el refugio bentónico, teniendo en cuenta que se extraerían muestras debajo de la estructura, a 2 m y 5 m del mismo modo al Norte como al Sur, extrayendo un total de cinco muestras por estación ([Figura 3](#)).

Las distancias tenidas en cuenta para la extracción del material a analizar fueron determinadas realizando censos visuales en el área de influencia de los refugios bentónicos, a su vez, la cantidad de refugios escogidos fue seleccionada teniendo en cuenta la amplia variabilidad estructural que presentan los refugios, así como el manejo de muestras y el tiempo de duración del proyecto.

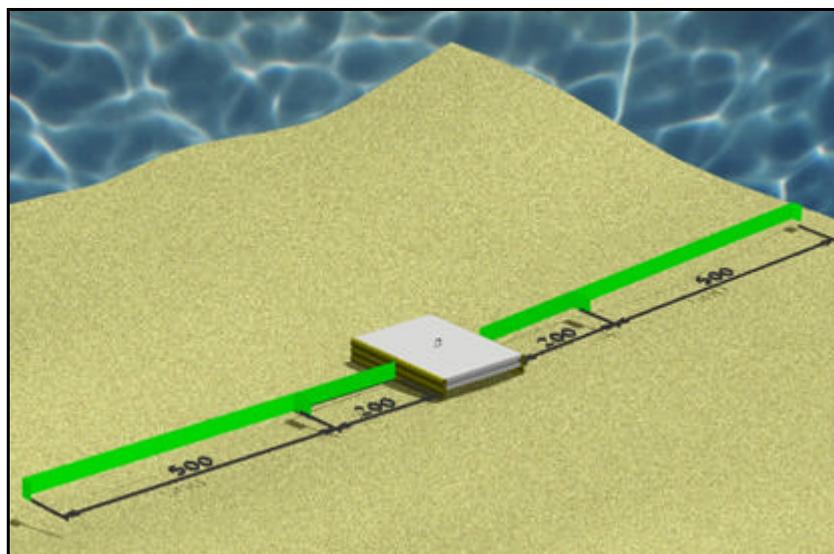


Figura 3. Representación esquemática de un refugio bentónico (Casita Cubana) y Transecto con las distancias en cm, en las cuales fueron tomadas las muestras.

2.2 FASE DE CAMPO

La fase de campo fue elaborada entre la cuarta semana de abril y mitad de la segunda semana de mayo; tiempo en el cual se tomaron las muestras en los tres refugios bentónicos escogidos con anterioridad. En la recolección de muestras se utilizó equipo autónomo de buceo y una caja excavadora de 0,02 m² (Figura 4 A y B). Aunque inicialmente se había propuesto tomar las muestras utilizando corazonador, método que fue reevaluado, considerando que el tiempo que se puede durar a la profundidad en la cual se recogieron las muestras es demasiado corto (cerca de 30 min), y el procedimiento de perforación y vaciado de la muestra es mucho más complejo y demorado.

Una vez ubicados en el área de muestreo para recolectar las muestras se usó una línea de seguridad sujeta a la lancha, con el fin de acceder a cada una de las estaciones de manera segura; luego de localizar el refugio se procedió a poner el

transecto base, para acceder de esta manera a los cuatro puntos de muestreo colocados fuera del refugio bentónico.

Luego de determinar las distancias de los cuatro puntos de muestreo externos, se procedió a sacar cinco bolsas de sedimento con la caja excavadora, completando de esta manera 0,1 m² de área muestreada en cada uno de los puntos de muestreo Holme y McIntyre (1971); así mismo, la caja excavadora accedió a una profundidad de 13 cm; debido a que esta distancia es la adecuada para muestrear infauna bentónica, ya que los organismos pertenecientes a este grupo se encuentran entre los 0 a 12 cm. de profundidad en el sedimento (Morrisey et al., 1992 En: Morales, 2000). La cantidad de bolsas extraída de cada punto de muestreo permitió obtener un área total de 0,5 m² en cada una de las tres estaciones evaluadas.

Durante el proceso de extracción de las muestras externas se tomó un termómetro para medir la temperatura del sedimento en cada uno de los puntos de muestreo, a su vez se extrajo una sexta bolsa para análisis calcimétricos y granulométricos, y por último se tomó una muestra de sedimento en un frasco de fotografía para medir el contenido de materia orgánica; una vez tomadas las muestras externas, se procedió a tomar la muestra debajo del refugio bentónico (0 m), esto se realizó luego de levantar la estructura y esperar unos segundos para obtener nuevamente buena visibilidad, ya que algunas veces, durante este procedimiento se resuspendía el sedimento presente bajo la estructura. En este punto de muestreo también fueron tomadas muestras para análisis calcimétrico, granulométrico y de materia orgánica así como el dato de temperatura.

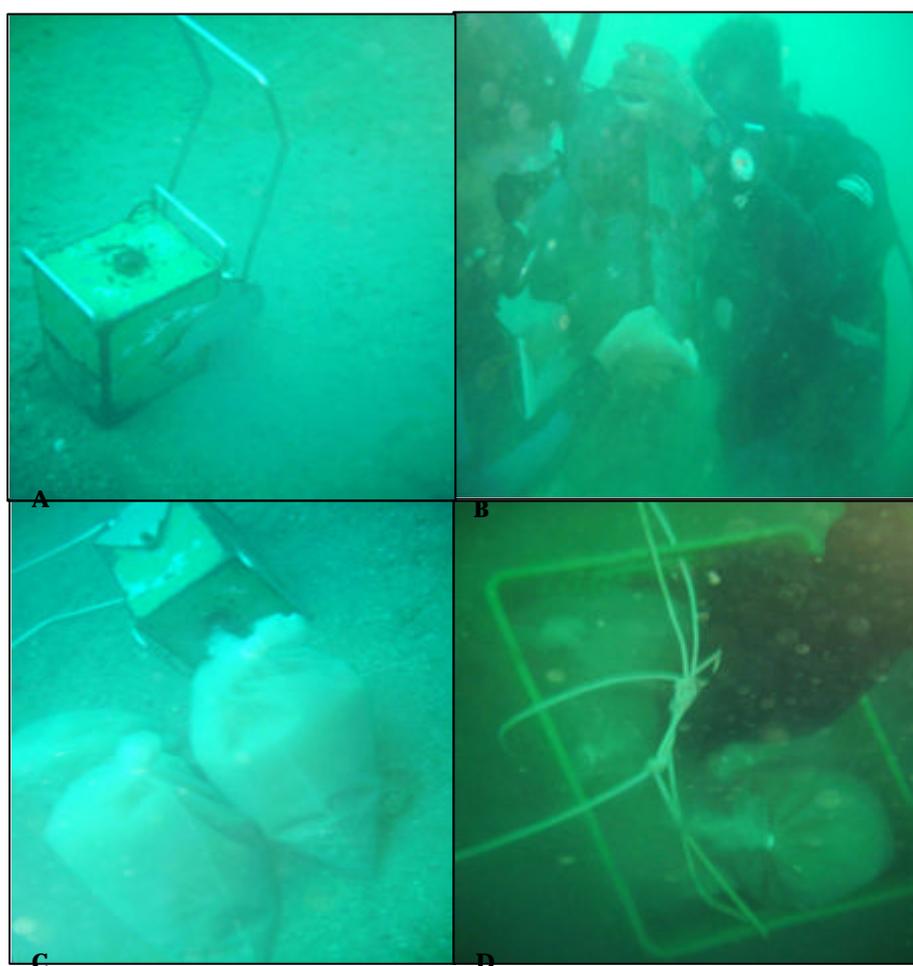


Figura 4. A. Caja excavadora introducida en el sedimento, B. Vaciado de la caja excavadora en las bolsas rotuladas, C. Bolsas con el material colectado, D. Muestras recolectas y acomodadas en una caja plástica para ser izadas a Lancha. Fotos tomadas por Jhoanna Medellín..

Cada una de las muestras colectadas fue introducida en una bolsa plástica que contenía un rotulo adherido a las paredes de la misma ([Figura 4 C y D](#)), evitándose

la pérdida de los rótulos bajo el mar o una posterior confusión durante la fase de laboratorio.



Figura 5. A. Tamiz de campo de 500 mm. B. Muestra Biológica debidamente fijada y rotulada. Foto tomada por Juan Carlos Rubio.

Una vez izadas las muestras a la lancha, se cernió el sedimento contenido en las bolsas seleccionas para el análisis del material biológico en un tamiz de 500 μm ([Figura 5A](#)), con el fin de separar los organismos correspondientes a la macroinfauna (Holme y McIntyre, 1971). El material tamizado, fue introducido nuevamente en bolsas plásticas debidamente rotuladas, a las cuales se les agregó formalina al 4% con rosa de bengala a fin de fijar y teñir los individuos colectados y facilitar su posterior separación en laboratorio; el volumen de la solución fijadora utilizada correspondía al doble del volumen que ocupaba la muestra ([Figura 5B](#)).

Los frascos de fotografía negros que contenían las muestras de materia orgánica fueron transportados en una nevera de icopor con hielo hasta llegar a tierra firme, donde fueron almacenadas en el congelador de una nevera por espacio de siete semanas, hasta el momento en el que se realizó la medición de esta variable.

2.3 FASE DE LABORATORIO

2.3.1 Análisis del sedimento: las muestras de sedimento fueron esparcidas en bandejas planas metálicas y expuestas a la luz solar para ser secadas a temperatura ambiente (aproximadamente dos días). Luego el sedimento seco fue dividido en dos porciones, una de ellas fue destinada para análisis granulométricos y otra para determinar la cantidad de carbonato de calcio presente en la muestra.

2.3.1.1 Granulometría: para establecer las características granulométricas de los 15 puntos de muestreo de las tres estaciones, se tomaron 100 g de sedimento completamente seco de cada muestra; en el presente estudio no se encontró sedimentos con un alto porcentaje de material fino, por lo cual no fue necesario tamizar en húmedo. El sedimento pesado fue introducido a una batería de tamices graduados de acuerdo con la escala de Wentworth, los cuales se colocaron en un tamizador eléctrico marca Retsch durante 15 min. Posteriormente fue pesada cada una de las porciones de la muestra retenidas en cada uno de los tamices en una balanza analítica Adventure Ohaus, obteniendo de esta manera el porcentaje de cada fracción de sedimento encontrado en la muestra (Holme y McIntyre, 1971).

2.3.1.2 Materia Orgánica: el contenido de materia orgánica se determinó mediante la pérdida de peso por ignición descrito por Páez-Osuna *et al.*, (1984). Para la determinación de materia orgánica susceptible a ser oxidada, el procedimiento fue modificado debido a que la muestra fue previamente cernida en un tamiz de 500 μm y las partículas menores a dicha talla fueron introducidas en crisoles y llevados a la mufla para realizar dicha determinación.

2.3.1.3 Carbonato de calcio: para la determinación de carbonato de calcio se tomaron muestras de 10 g de sedimento (peso seco) los cuales se colocaron en un Beaker de 100 ml, a esta muestra se le añadió 50 ml HCl 0,5 N, luego se tapó y calentó suavemente durante 5 min. Pasados los 5 min se permitió enfriar a temperatura ambiente y se filtró (Hernández, 1994); a la solución obtenida se le agregaron dos gotas de fenolftaleina y se tituló con NaOH 0,25 N.

2.3.2 Análisis de material biológico: Con anterioridad se estipuló que la identificación de los organismos se llevaría a cabo hasta el nivel taxonómico de familia; esta decisión se tomó teniendo en cuenta que el presente estudio pretende determinar perturbaciones antropogénicas ocasionadas a comunidades macrozoobentónicas marinas, y que autores como Warwick (1988), Warwick y Clarke, (1994), Guzmán-Alvis y Solano (1997), establecieron que en este tipo de estudios, la utilización de niveles taxonómicos mayores a especie, como en la agregación taxonómica observada al nivel de familia es poca la información ecológica que se pierde en la utilización de análisis comunitarios.

Las muestras seleccionadas para examinar el material biológico, fueron llevadas al laboratorio, donde se realizó en primera medida la separación de organismos en cinco grandes grupos taxonómicos Moluscos, Crustáceos, Equinodermos, Anélidos y Sipunculidos. Posteriormente se procedió a identificar cada una de las familias pertenecientes a cada uno de estos grupos encontrados. Esta identificación se efectuó dos veces con el fin de obtener veracidad en los datos. Para esta etapa de la investigación se emplearon varias publicaciones especializadas; los Moluscos se identificaron con la guías de Morris (1951), Díaz y Puyana (1994) y Pointier y Lamy (1998), los Crustáceos con los trabajos realizados por Williams (1984) y Ortiz (1994); los Equinodermos se identificaron usando la publicación de Hendler *et al.*, (1995),

por su parte los Sipunculidos con la ayuda del trabajo de Cutler (1994); por último para los Poliquetos se usaron las claves taxonómicas de Hartman (1951), Salazar-Vallejo *et al.* (1988), Fauchald (1977), Uebelacker y Johnson (1984) y Rouse y Pleijel (2001).

Por último se hizo una fase de confirmación por parte de personal especializado en cada uno de los grupos perteneciente al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR. Para los Poliquetos se contó con la colaboración del Biólogo Marino José Aníbal Ruiz, por su parte los Moluscos fueron ratificados por el Biólogo Marino Néstor Árdila y el Biólogo Fabián Cortés quien a su vez corroboró los Anfípodos, Isópodos, Sipunculidos y Ofiuros; los demás Crustáceos decápodos fueron confirmados por el Biólogo Marino Néstor Campos.

La biomasa húmeda no fue medida debido a que este procedimiento exige que el material biológico sea colocado por un espacio de 20 min sobre papel secante y en el caso de los moluscos se necesita realizar una descalcificación con ácido clorhídrico al 10 % para evitar sobreestimaciones de esta variable (Parada *et al.*, 1993). Estos procedimientos dañan características diagnósticas del material biológico, impidiendo de esta manera continuar el proceso de identificación a niveles taxonómicos mas bajos, y como la Bahía de Taganga no cuenta con un inventario de los organismos infaunales, esta información representa un importante aporte para estudios de gradientes de contaminación, caracterizaciones, planes de manejo para la totalidad de estructuras dispuestas en el fondo de la Bahía, etc.

2.4 FASE DE GABINETE

Los resultados obtenidos durante la fase de campo y laboratorio fueron organizados en matrices primarias de Excel, facilitando de esta manera el cálculo de variables y el manejo de datos en otros programas estadísticos.

2.4.1 Datos abióticos: para determinar las características granulométricas del sedimento encontrado en los 15 puntos de muestreo, los valores obtenidos en cada uno de los tamaños de grano fueron graficados a manera de una curva acumulativa en hojas semilogarítmicas, que presentan los diferentes tamaños de malla de los tamices en la parte superior del eje X y el diámetro de grano en unidades de phi en la parte inferior del mismo eje; en el eje y se encuentra el porcentaje acumulativo del peso y los siete cuarteles (Anexo G).

Para hacer las determinaciones del tamaño medio de grano (Mz), desviación estándar (s_1), sesgo o asimetría (Sk) y cúrtosis o angulosidad (Kg), se extrapoló el valor presentado en cada uno de los cuartiles a los valores presentes en la parte inferior del eje X. Una vez obtenidos estos valores se procedió a calcular cada una de las variables anteriormente mencionadas usando las siguientes formulas:

Tamaño medio de grano (Mz).

$$Mz = (? 16 + ? 50 + ? 84) / 3$$

Desviación estándar (σ_1).

$$s_1 = [(? 84 - ? 16) / 4] + [(? 95 - ? 5) / 6.6]$$

Asimetría (Sk).

$$Sk = [(? 16 + ? 84 - (2 * (? 50))) / 2 * (? 84 - ? 16)] + [(? 5 + ? 95 - (2 * (? 50))) / 2 * (? 95 - ? 5)]$$

Cúrtosis (Kg).

$$Kg = [(? 95 - ? 5) / (2.44 (? 75 - ? 25))]$$

Posteriormente los datos obtenidos fueron cotejados con tablas aportadas en el trabajo de Folk (1968), que relacionan los valores de cada variable con las diferentes características sedimentológicas.

Para determinar el porcentaje de materia orgánica, se tomaron los valores del peso de los crisoles con la muestra húmeda y se les restó el peso de los crisoles con la muestra seca. La diferencia es igual a la cantidad de materia orgánica presente en la muestra; a continuación de esto, el valor obtenido es pasado a porcentaje de materia orgánica.

$$\text{gr M.O} = [(w \text{ crisol} + w \text{ muestra húmeda}) - (w \text{ crisol} + w \text{ muestra seca})]$$

$$\% \text{ M.O} = [(w \text{ M.O} * 100) / w \text{ de la muestra}]$$

Donde: w es igual al peso.

El porcentaje de carbonato de calcio en el sedimento de los 15 puntos de muestreo se reemplazó el volumen de NaOH titulado y el peso de la muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{CaCO}_3 = [(50 * (0.5 \text{ N}) - (V \text{ NaOH}) * (0.25 \text{ N})) / \text{gramos de muestra}] * 5$$

Luego con el valor obtenido se realizó una regla de tres, obteniendo de esta manera el porcentaje de carbonato de calcio presente los 15 puntos de muestreo evaluados.

2.4.2 Datos bióticos: una vez realizadas las diferentes matrices se procedió a graficar la abundancia relativa de individuos por estación y por punto de muestreo. Luego fue efectuado el análisis inverso de kaandorp el cual permitió determinar qué familias fueron exclusivas, características y generalistas en los grupos formados en el análisis de clasificación cuantitativo.

Con el software PRIMER 5 fueron calculados los índices ecológicos desarrollados para describir la comunidad, el análisis de clasificación basado en la matriz de similitud de Bray- Curtís y para determinar la relación entre las variables bióticas y las abióticas se utilizó la técnica del BIOENV.

3 RESULTADOS

3.1 RESULTADOS ABIÓTICOS

3.1.1 Granulometría: el tamaño medio de grano (Mz), expresa el diámetro promedio de las partículas presentes en las muestras, en el material evaluado fue posible identificar tres clases de arenas de las cinco presentes en la escala descrita por Folk (1968) ([Tabla 1](#)), debido a que los valores de esta variable fluctuaron entre 0,067 en el refugio 3, a 2 m hacia el Norte y los 2,017 debajo del refugio bentónico 1 (0 m) ([Tabla 2](#)). Se discriminaron arenas finas, medias y gruesas en el área de estudio.

Los sedimentos encontrados fueron identificados según la desviación estándar como moderadamente clasificados a muy poco clasificados. Estos valores observados oscilaron entre 0,913 a 5 m al Norte en el refugio 1 y 2,313 a 2 m al Norte en el Refugio 3 ([Tabla 2](#)), lo cual indica que el transporte de los granos constituyentes de estos sedimentos no se dio a través de distancias largas, que permitieran selecciones progresivas de las partículas. La asimetría del sedimento analizado fue predominantemente negativa, ya que en 13 de los 15 puntos de muestreo se observaron valores negativos, los datos de esta variable fluctuaron entre -0,774 a 2 m al Sur del refugio 1 y 0,44 a 2 m al Norte del refugio 3; siendo evidente la tendencia hacia granos de tamaños gruesos, hallando solo dos puntos positivos, el primero ubicado a 5 m al Sur del refugio 2 y el segundo corresponde al valor más alto, anteriormente mencionado.

Tabla 1. Parámetros granulométricos tenidos en cuenta con sus respectivos límites, tamaño medio de grano (Mz), desviación estándar (s1), cúrtosis (Kg) y asimetría (Sk).

Tamaño Medio de Grano (Mz)		Desviación Estándar (s ₁)	
Mz de -2 a -0,99	Gránulo	s ₁ menor a 0,35	Muy bien clasificado
-1 a 0	Arena muy gruesa	0,35 a 0,50	Bien clasificado
0,01 a 1,0	Arena gruesa	0,50 a 0,71	Moderadamente bien clasificado
1,01 a 2,0	Arena media	0,71 a 1,00	Moderadamente clasificado
2,01 a 3,0	Arena fina	1,00 a 2,00	Mal clasificado
3,01 a 4,0	Arena muy fina	2,00 a 4,00	Muy mal clasificado
Cúrtosis gráfica (Kg)		Asimetría (Sk)	
Kg menor a 0,67	Muy Platicúrtica	Sk +1,00 a +0,30	Muy bien clasificados los gruesos
0,67 a 0,90	Platicúrtica	+0,30 a +0,10	Bien clasificados los gruesos
0,90 a 1,11	Mesocúrtica	+1,10 a -1,10	Casi simétrico
1,50 a 3,00	Leptocúrtica	-1,10 a -0,30	Bien clasificados los finos
Mayor a 3,00	Extremadamente leptocúrtica	-0,30 a -1,00	Muy bien clasificados los finos

La cúrtosis permitió determinar el número de tamaños de grano presentes en cada una de las muestras. Los valores de esta variable oscilaron entre 0,552 y 1,439, a 2 m Norte de los refugios 3 y 2 respectivamente, lo cual reflejó los diferentes tipos de sedimentos encontrados en el área de estudio y cómo ellos influyeron en la curva de frecuencia (histograma). En esta investigación se logró observar curvas muy platicúrticas a 2 m al Norte del refugio 3, pasando por comportamientos

mesocúrticos, hallados en siete de los 15 puntos de muestreo; hasta llegar a una curva leptocúrtica a 2 m al Norte del refugio 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos a partir de los cálculos realizados a las muestras utilizadas para determinar las características granulométricas. Phi (φ) media (Mz), Desviación estándar (s1), Asimetría (Sk), cúrtosis (Kg).

Refugio	Muestra	s 1	Sk	Kg	Mz	Tipo de sedimento
Refugio 1	5 N	0,913	-0,709	0,864	1,800	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
	2 N	1,844	-0,280	1,051	1,583	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
	0	1,726	-0,572	0,833	2,017	Arenas Finas Arenas Bioclasticas
	2 S	1,666	-0,774	0,920	1,910	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
	5 S	1,743	-0,315	0,850	1,497	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
Refugio 2	5 N	1,969	-0,124	0,733	0,867	Arenas Gruesas Arenas Bioclasticas
	2 N	1,777	-0,154	1,439	1,230	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
	0	1,706	-0,161	1,029	1,450	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
	2 S	1,861	-0,111	0,872	0,667	Arenas Gruesas Arenas Bioclasticas
	5 S	1,613	0,186	0,858	0,580	Arenas Gruesas Arenas Bioclasticas
Refugio 3	5 N	1,942	-0,171	0,861	1,217	Arenas Medias Arenas Bioclasticas
	2 N	2,313	0,440	0,552	0,067	Arenas Gruesas Arenas Bioclasticas
	0	2,077	-0,004	0,679	0,963	Arenas Gruesas Arenas Bioclasticas
	2 S	2,292	-0,288	0,726	0,933	Arenas Gruesas Arenas Lodosas Bioclasticas
	5 S	1,959	-0,104	0,806	1,227	Arenas Medias Arenas Bioclasticas

En el refugio bentónico 1 se encontraron valores de Phi (ϕ) entre 1,497 y 1,910 en los puntos de muestreo externos ([Tabla 2](#)); dichos valores corresponden a arenas medias, mientras que al interior del refugio se obtuvo un valor de 2,017, que se ubica dentro del rango de las arenas finas. Cabe aclarar que aunque la categoría del sedimento cambie, la variación hallada es muy baja (de 0.017) ([Tabla 1](#)). Según la desviación estándar las arenas encontradas en la estación 1, son definidas en su mayoría como mal clasificadas, observándose solo a 5 m en dirección Norte sedimento moderadamente clasificado; asimétricamente se logró observar que la estación presentó una tendencia a tamaños de grano gruesos, determinando esto los valores negativos exhibidos por dicha variable. Por su parte la cúrtosis mostró una mayor tendencia a la platicúrtosis, hallando esta característica en tres de los cinco puntos de muestreo ([Tabla 2](#)), mientras que 2 Norte y 2 Sur, fueron los puntos de muestreo con valores mesocúrticos.

En el refugio bentónico 2, el sedimento predominante fueron las arenas gruesas las cuales se encontraron en tres de los cinco puntos de muestreo (5 Norte, 2 Sur, 5 Sur), donde, los valores de Phi (ϕ) fueron menores a uno ([Tabla 2](#)). Ésto contrasta con el tamaño medio de grano encontrado en los puntos de muestreo debajo del refugio y a 2 m de éste en dirección Norte, donde los valores obtenidos corresponden a 1,450 y 1,230 respectivamente, clasificándose como arenas medias. De acuerdo a la desviación estándar la estación presentó sedimento pobremente clasificado, con asimetrías negativas, aunque en el punto de muestreo ubicado a 5 m al Sur se encontró un valor positivo, exhibiendo una tendencia hacia los granos finos; entre tanto la cúrtosis presentó al igual que en la estación 1, tres puntos de muestreo con platicúrtosis, de los cuales solo concuerdan con la estación 1 los

puntos ubicados a 5 m Norte y Sur. En la estación se observa a su vez leptocúrtosis y mesocúrtosis a 2 m Norte y debajo de la estructura, respectivamente.

Entre tanto en el refugio 3 se encontró un comportamiento similar al del refugio 2, donde las arenas gruesas fueron mayoría con respecto a las arenas medias, observando que a 2 m en ambas direcciones y debajo de la estructura estaban presente las primeras y a 5 m en las dos direcciones evaluadas se encontró arenas medias. La desviación estándar de este sedimento, dio como resultado arenas muy poco clasificadas en los puntos de muestreo ubicados a 2 m al Norte, 0 m y 2 m al Sur y pobremente clasificadas en los otros dos puntos de muestreo. La estación exhibió una asimetría negativa en cuatro de los cinco puntos de muestreo, siendo a 2 m al Norte, el punto en el cual se observó valores positivos, en su mayoría la estación se comportó de manera mesocúrtica, ya que solo a 2 m en dirección Norte se obtuvo sedimento clasificado como muy platicúrtico.

3.1.2 Temperatura del Sedimento: la temperatura del sedimento estuvo entre los 26°C y los 28°C; esta variable fluctuó en la estación 2 y 3 en algunos de los puntos de muestreo ([Tabla 3](#)).

3.1.3 Materia Orgánica y Materia Orgánica susceptible a ser oxidada: la mayoría de los porcentajes de materia orgánica se encuentran por encima del 12 %. Sin embargo, en los puntos de muestreo ubicados a 2 m al Sur del refugio bentónico 2 y a 2 m al Norte del refugio 3, se observaron valores por debajo del 12 %, siendo el primer punto de muestreo mencionado el que presentó un valor de 8,494%, el más bajo registrado en esta investigación ([Tabla 3](#)). Valores de 21,006 % y 23,662 %,

fueron los más altos y se observaron debajo los refugios bentónicos 1 y 2 respectivamente.

En el refugio bentónico 1, los porcentajes de materia orgánica fluctuaron entre 12,894% a 21,006%. Dichos valores disminuyen a medida que se alejan de la estructura en dirección al Norte ([Tabla 3](#)), mientras que hacia el Sur los porcentajes son menores, pero no siguen este comportamiento ya que a 2 m el porcentaje es 16,753 %, y en 5 m el porcentaje aumenta a 19,263 %.

En el refugio bentónico 2 el comportamiento es similar al presentado en el refugio 1; en esta estación los valores oscilaron entre 8,494 % a 2 m al Sur y 23,662 % debajo del refugio; en el refugio 3 el comportamiento es diferente al presentado en los dos refugios anteriormente descritos. Hallando valores bajos en las tres distancias muestreadas ([Tabla 3](#)), los cuales oscilaron entre 9,993 % y 14,661 %. En esta estación el valor más alto no se observó debajo de la estructura, en lugar de ello, el punto de muestreo ubicado a 5 m al Norte del refugio fue el que presentó el valor más alto, mientras que a 2 m del mismo se observó el porcentaje más bajo.

Los valores hallados de materia orgánica susceptible a ser oxidada (menor a 500 μm) fueron más altos con respecto a los calculados para la materia orgánica total en 11 de 15 puntos de muestreo; estos porcentajes fluctuaron entre 11,728 % debajo del refugio 3 y 27,104 % debajo del refugio 2.

En la estación 1 el valor más elevado fue el observado debajo del refugio y el más bajo en el punto de muestreo a 2 m al Sur del refugio ([Tabla 3](#)). En esta estación se encontró que la materia orgánica menor a 500 μm fue mayor a la materia orgánica total en los puntos de muestreo ubicados al Norte del refugio.

En cuanto al porcentaje observado en el refugio bentónico 2 se encontraron valores más altos los hallados la estación 1, en cuatro de los cinco puntos de muestreo. Los valores de esta variable encontrados en la estación 2 fluctuaron entre 27,104 % debajo del refugio y 12,436 % a 2 m al Sur; en el punto de muestreo ubicado a 5 m en dirección Sur, la materia orgánica susceptible a ser oxidada fue menor a la total.

Tabla 3 Valores de temperatura del sedimento, porcentajes de materia orgánica, materia orgánica susceptible de ser oxidada y carbonato de calcio presente en los cinco puntos de muestreo de las tres estaciones Evaluadas. Promedios de cada variable por estación y desviación estándar.

Refugio	Muestra	T°	% M.O	% M.O sucep	% CaCO ₃
Refugio 1	5 N	26°	12,894	20,846	99,700
	2 N	26°	17,219	18,595	98,600
	0 m	26°	21,006	21,979	99,700
	2 S	26°	16,811	16,550	99,300
	5 S	26°	19,701	17,961	99,700
	Promedio	26° +/- 0	17,526 +/- 3,119	19,186 +/- 2,200	99,400 +/- 0,480
Refugio 2	5 N	27°	15,157	19,842	99,100
	2 N	27°	17,077	21,095	99,100
	0 m	26°	23,662	27,104	97,900
	2 S	26°	8,494	12,436	97,200
	5 S	27°	19,578	18,379	99,300
	Promedio	26,6° +/- 0, 548	16,794 +/- 5,625	19,771 +/- 5,274	98,520 +/- 0,923
Refugio 3	5 N	26°	14,661	17,126	99,000
	2 N	28°	9,993	16,752	98,900
	0 m	27°	14,382	11,728	99,100
	2 S	27°	No medida	No medida	99,200
	5 S	28°	No medida	No medida	98,500
	Promedio	27,2° +/- 0,837	7,807 +/- 2,618	9,121 +/- 3,014	98,940 +/- 0,270

En la estación 3 el valor más elevado fue el hallado a 5 m al Norte del refugio, seguido por el encontrado a 2 m de la estructura; debajo del refugio el porcentaje observado es el más bajo de la estación, mostrando un comportamiento diferente al

observado en las estaciones 1 y 2 ([Tabla 3](#)). Las muestras a 2 y 5 m Sur del refugio 3 no fueron medidas debido a problemas logísticos experimentados durante la realización de la investigación.

3.1.4 Carbonato de calcio: los valores de carbonato de calcio encontrado en cada uno de los puntos de muestreo presentan un rango entre 97,200 % y 99,700 %. Lo cual indica que el sedimento es de tipo Bioclástico en todos los puntos de muestreo evaluados ([Tabla 3](#)).

3.2 RESULTADOS BIÓTICOS

En esta investigación se colectaron e identificaron 885 organismos de los Phyla Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Mollusca y Sipuncula (Pechenik, 2000) ([Tabla 4](#)). Del total muestreado, los anélidos poliquetos fueron el grupo más abundante, hallándose para este estudio 800 individuos distribuidos en 26 familias, seguidos por los moluscos con 44 individuos en 18 familias, crustáceos con 33 organismos repartidos en 14 familias y finalmente los sipunculidos distribuidos en dos familias y los equinodermos representados en una familia de la clase Ophiuroidea, presentaron las abundancias mas bajas con tres y cinco individuos, respectivamente (Anexo F).

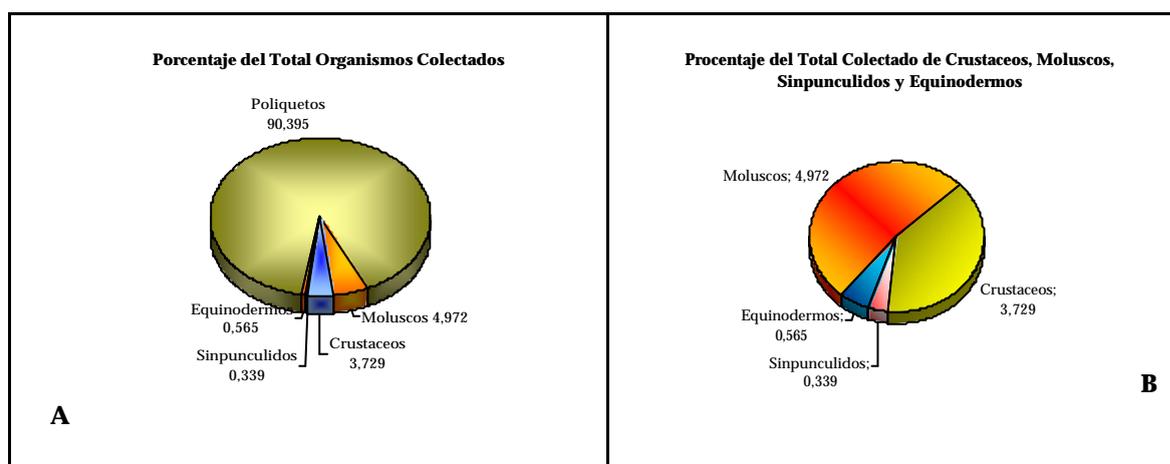


Figura 6. Frecuencia relativa de los organismos colectados en todas las estaciones implementadas para esta investigación. A. Porcentaje de todos los organismos colectados; B. Porcentaje del total encontrado excluyendo los poliquetos con el fin de lograr el porcentaje de las familias menos abundantes.

Con respecto a las abundancias del total de organismos colectados, los poliquetos representaron un 90,395 % del material biológico, los moluscos correspondieron al 4,972 % y los crustáceos el 3,729 %. Los sipunculidos, al igual que los equinodermos, presentaron porcentajes por debajo del 1 % ([Figura 6](#)).

Tabla 4. Familias halladas y cantidad total de individuos hallados; se encuentran organizadas por orden alfabético y por Phylum.

Phylum	Familia	Cantidad	Phylum	Familia	Cantidad	
Phylum Annelida	Ampharetidae	11	Phylum Mollusca	Dentaliidae	1	
	Amphinomidae	5		Glycymerididae	1	
	Capitellidae	111		Limidae	3	
	Cirratulidae	319		Limopsidae	1	
	Chrysopetalidae	3		Lucinidae	4	
	Eulepethidae	1		Montacutidae	1	
	Eunicidae	24		Mytilidae	2	
	Flabelligeridae	12		Naticidae	2	
	Glyceridae	43		Olividae	1	
	Goniadidae	1		Periplomatidae	1	
	Hesionidae	5		Siphonodentaliidae	1	
	Lumbrineridae	10		Tellinidae	16	
	Maldanidae	83		Ungulinidae	2	
	Nereididae	22		Veneridae	1	
	Oeonidae	18		Phylum Crustacea	Alpheidae	4
	Onuphidae	18			Ampeliscidae	8
	Orbiniidae	7	Anthuridae		4	
	Paraonidae	32	Corophiidae		1	
	Pilargidae	2	Ctonochelidae		1	
	Phyllodocidae	4	Hyssuridae		3	
Sabellidae	4	Leucosidae	1			
Sigalionidae	3	Liljeborgiidae	3			
Spionidae	38	Luecothoidae	1			
Syllidae	13	Lysianassidae	2			
Terebellidae	6	Paguridae	1			
Thrichobranchidae	5	Palaemonidae	1			
Phylum Mollusca	Chamidae	1	Paranthuridae		2	
	Corbulidae	1	Sicyoniidae		1	
	Cuspidariidae	1	Aspidosiphonidae	1		
	Cyclostrematidae	4	Phascolosomatidae	2		
			Phylum Sipuncula			
			Phylum Echinodermata	Amphiuridae	5	

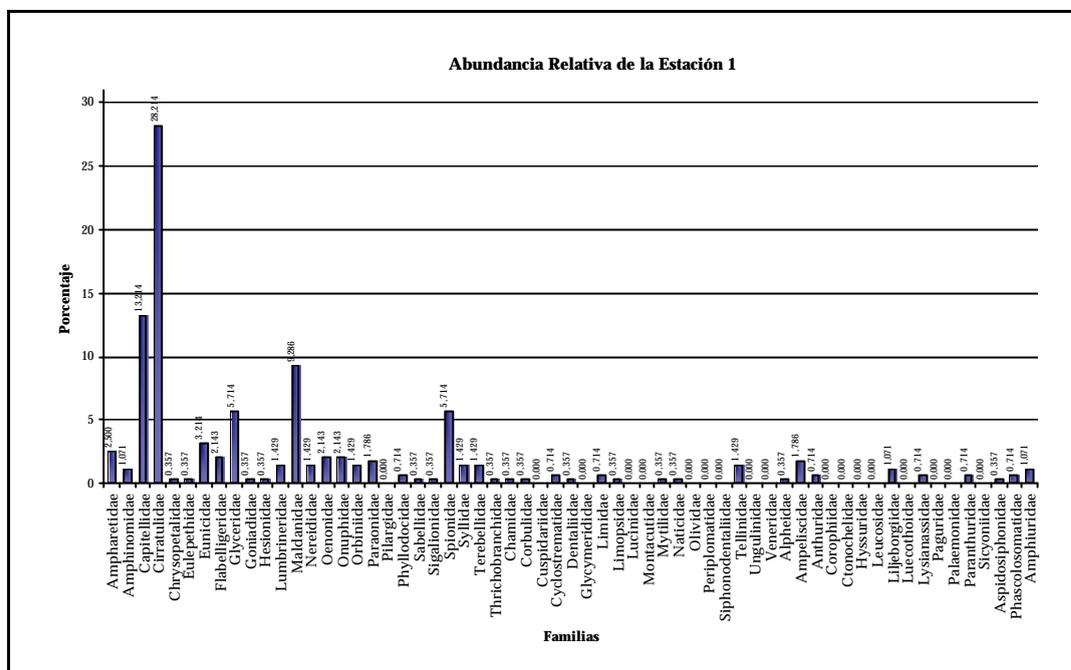


Figura 7. Frecuencia relativa observada en la estación 1.

Con respecto a la abundancia total encontrada en las tres estaciones, la estación 3, presentó mayor número de organismos (392 individuos). El valor más bajo fue observado en la estación 2 en la cual se hallaron 213 individuos; la estación 1 exhibió una abundancia total de 280 individuos, valor que puede considerarse intermedio con respecto al reportado en las otras estaciones.

La estación 1 presentó 43 de las 61 familias observadas. La familia que con el valor máximo de abundancia fue Cirratulidae con 28,214 %, seguida Capitellidae 13,214 %, ambos pertenecientes al grupo de los poliquetos. El resto de las familias, presentaron valores por debajo del 10 % (Figura 7).

En la estación 2, se encontraron 35 familias, ocho menos que en el refugio 1. El comportamiento de la abundancia relativa fue similar al observado en la primera estación, encontrando que las dos familias anteriormente mencionadas exhibieron los valores mas elevados 40,376 % y 12,676 % (Figura 8).

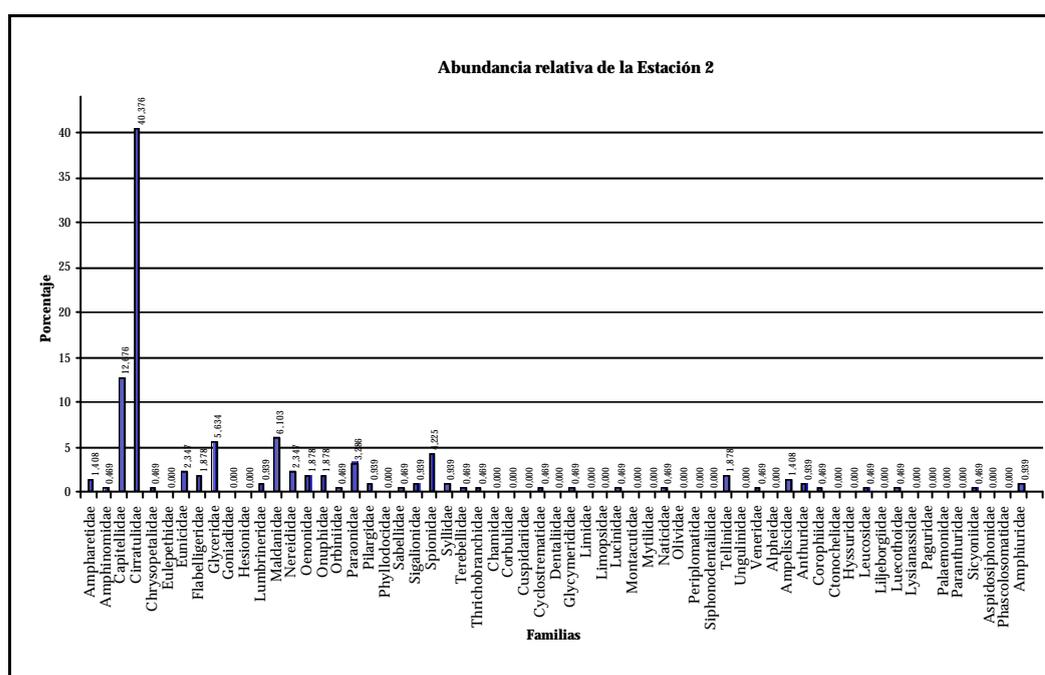


Figura 8. Frecuencia relativa encontrada en la estación 2.

La estación 3 exhibió una leve variación con respecto a las estaciones 1 y 2, ya que una tercera familia presentó una abundancia relativa mayor al 10%. Las familias que presentaron los máximos valores fueron la Cirratulidae 39,286%, Capitellidae 11,990% y la familia Maldanidae 11,224 %, esta última también perteneciente al grupo de los poliquetos (Figura 9).

Entre tanto al interior de las estaciones fue posible observar como los poliquetos fueron el grupo con mayor representación en cuanto a familias y número de individuos observados en los 15 puntos de muestreo evaluados, seguido por los

moluscos que fueron observados en 13 de las 15 evaluadas, siendo ausentes en los puntos de muestreo ubicados a 5 m Sur en la estación 1 y a 5 m al Norte de la estación 2, a su vez los crustáceos fueron observados al igual que los moluscos en 13 puntos de muestreo, siendo carentes debajo del refugio bentónico de la estación 2 y a 2 m Sur en la estación 3. Los sipunculidos solo estuvieron presentes en dos puntos de muestreo ubicados a 2 m Norte y Sur de la estación 1 (Figura 7).

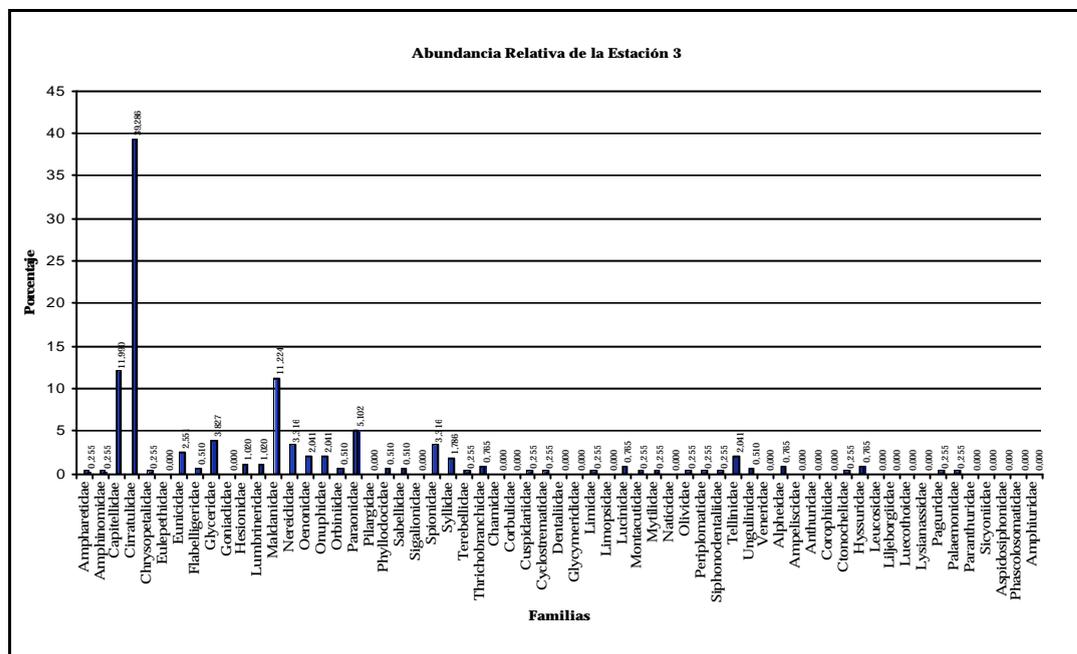


Figura 9. Frecuencia relativa del total colectado en la estación 3.

Al interior de las estaciones se observó como la abundancia total fluctuó en cada uno de los puntos de muestreo; sin embargo, las abundancias más bajas de organismos infaunales fueron observadas a 2 m al Sur de los refugios, en las tres estaciones evaluadas.

El valor más alto de la abundancia total de organismos fue observado en la estación 3 a 2 m al Norte del refugio donde fueron observados 123 individuos

(Tabla 5), seguido por los 97 individuos observados a 5 m al Sur, en la estación 2. El valor más alto de abundancia observado para la estación 1 fue de 69 individuos a 5 m en dirección Sur (Tabla 5).

Tabla 5. Número de individuos observados por punto de muestreo en cada estación evaluada. Cada punto de muestreo presenta un área de 0,1 m².

Punto de muestreo	Estación 1	Estación 2	Estación 3
5 m Norte	53	31	66
2 m Norte	65	29	123
0 m	54	39	86
2 m Sur	39	17	52
5 m Sur	69	97	65
Total	280	213	392

En la estación 1 la abundancia fluctuó entre 39 y 69 organismos, siendo el primer valor el observado en el punto de muestreo ubicado a 2 m al Norte y el segundo a 5 m al Sur con respecto a la estructura. Debajo de la estructura se observó mayor número de individuos que en los puntos de muestreo ubicados a 2 m al Sur y a 5 m Norte (Figura 10).

La cantidad de individuos en la estación 2 fluctuó entre 17 organismos (a 2 m al Sur) y 97 a 5 m al Sur. Debajo del refugio se observó que el número de individuos fue mayor al observado en tres de los cuatro puntos de muestreo externos (Tabla 5).

El refugio bentónico 3, presentó un comportamiento un poco diferente con respecto a la cantidad de organismos encontrados, ya que el valor más alto se observó en el punto de muestreo ubicado a 2 m hacia al Norte del refugio (123 organismos), mientras que el valor más bajo fue observado a 2 m al Sur de la estructura (Tabla 5).

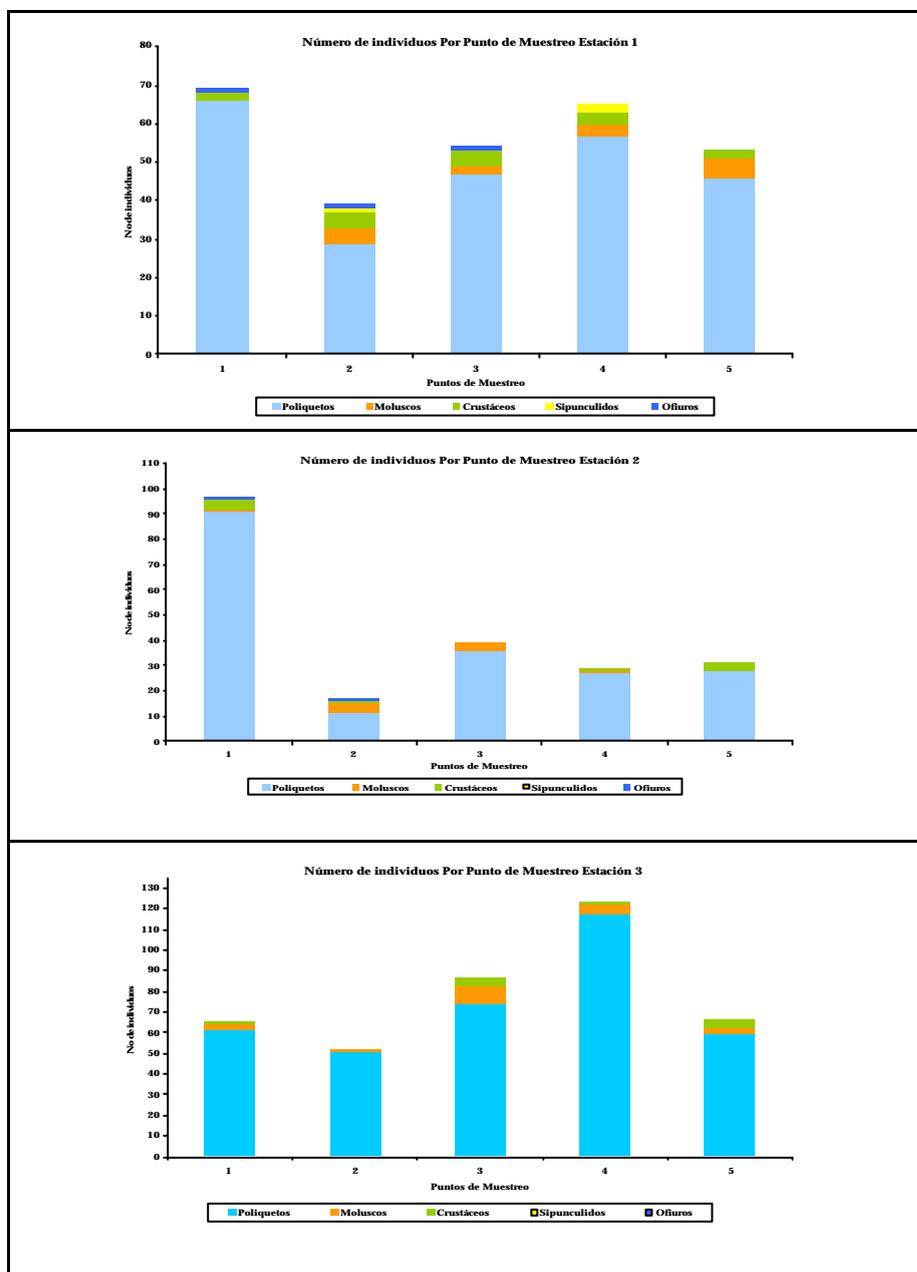


Figura 10. Abundancia total observada en cada uno de los puntos de muestreo de las tres estaciones evaluadas. En color azul fueron graficados los datos de los poliquetos, en naranja los moluscos, el verde corresponde a los crustáceos, en amarillo se representaron los sipunculidos y en azul oscuro los ofiuros. Las columnas están ordenadas de Sur a Norte; uno (1) corresponde a 5 m Sur, dos (2) a 2 m Sur, tres (3) a 0 m, cuatro (4) a 2 m Norte y cinco (5) a 5 m Norte.

Los índices ecológicos tenidos en cuenta, para describir las comunidades presentes en cada uno de los puntos de muestreo fueron la diversidad de Shannon – Wiener, el predominio de Simpson, la riqueza de Margalef y la uniformidad de Pielou (Tabla 6).

Tabla 6. Índices ecológicos calculados en cada uno de los 15 puntos de muestreo. Total de individuos (N), total de familias (S), Riqueza de Margalef (d'), Uniformidad de Pielou (J), Diversidad de Shannon-Wiener (H) y Predominio de Simpson (?).

Refugio	Muestra	N	S	d'	J	?	H
Refugio 1	5 N	53	20	4,786	0,864	0,091	2,589
	2 N	65	22	5,031	0,805	0,119	2,490
	0 m	54	17	4,011	0,831	0,124	2,355
	2 S	39	19	4,913	0,845	0,120	2,489
	5 S	69	16	3,543	0,855	0,120	2,371
Refugio 2	5 N	31	10	2,621	0,746	0,273	1,718
	2 N	29	9	2,376	0,770	0,251	1,693
	0 m	39	13	3,276	0,857	0,121	2,199
	2 S	17	12	3,883	0,943	0,059	2,344
	5 S	97	22	4,590	0,705	0,214	2,180
Refugio 3	5 N	66	19	4,296	0,837	0,113	2,464
	2 N	123	21	4,156	0,691	0,217	2,103
	0 m	86	20	4,265	0,736	0,187	2,206
	2 S	52	15	3,543	0,754	0,213	2,043
	5 S	65	15	3,354	0,746	0,198	2,021

El mayor número de familias observadas fue encontrado en los puntos de muestreo 2 m Norte en la estación 1 y a 5 m Sur de la estación 2 (Tabla 6), mientras que el valor más bajo fue de nueve familias, en la estación 2 a 2 m al Norte de la estructura. La Riqueza de Margalef presentó valores entre 2,376 a la misma distancia del refugio en la estación 2 y 5,031 en el punto de muestreo ubicado a 2 m Norte de la estación 1.

Los valores de uniformidad fluctuaron entre 0,691 a 2 m al Norte del refugio 3 y 0,943 a 2 m al Sur en la estación 2. Los valores obtenidos de este índice fueron altos, con respecto al predominio de Simpson encontrado en todos los puntos de muestreo. Los valores de predominio, obtenidos en las tres estaciones fueron bajos con respecto a la uniformidad, dicho índice osciló entre 0,273 en el punto de muestreo 5 m Norte y 0,059 a 2 m al Sur de la estación 2 ([Tabla 6](#)).

El índice de diversidad de Shannon varió entre 2,589 a 5 m al Norte del refugio 1 y 1,693 a 2 m al Norte del refugio 2, en la misma estación fue posible observar el segundo valor mas bajo de este índice 1, 718 a 2 m en la misma dirección.

El máximo valor de diversidad para el refugio 1 fue observado en un punto de muestreo donde ni el número de individuos, ni el número de familias encontradas fueron mayores a los hallados en los otros puntos de muestreo, sin embargo este punto de muestreo presenta el tercer valor más alto de riqueza (4,786), la mayor uniformidad (0,864) y el menor predominio (0,091), la combinación de estos valores se reflejo en el resultado del valor de diversidad anteriormente mencionado. En cuanto al valor más bajo, este se asocia a valor bajo de familias encontradas (9), combinado con un valor intermedio de individuos ([Tabla 6](#)), una riqueza de 2,621 y uniformidad de 0,746, valores que corresponden a los segundos más bajos de la estación, sumado al valor más alto de predominio encontrado para la estación.

La estación 1 se caracterizó por presentar los valores más altos de diversidad encontrados en las tres estaciones, exceptuando el punto de muestreo ubicado a 5 m al Norte del refugio 3. La uniformidad observada en la estación exhibió valores altos (por encima de 0,8), teniendo en cuenta que el máximo de este índice es uno

(Tabla 6). A su vez el índice de Simpson presentó el intervalo más bajo (de 0,091 a 1,124), con respecto a las otras dos estaciones.

La mayor diversidad observada en la estación 1 fue la encontrada a 5 m al Norte de la estructura, mientras que la menor fue igual a 2,355 debajo del refugio, punto en el cual se observó el mayor predominio de la estación (Tabla 6). En dirección Sur fueron evidentes dos valores iguales de predominio (0,120), sin embargo la diversidad no es la misma, debido a que el valor del número de individuos y la riqueza de Margalef varían ampliamente entre los dos puntos de muestreo (Tabla 6), otra diferencia presentada entre estos dos puntos de muestreo radica en que a 5 m de la estructura se observaron tres familias con respecto al punto de muestreo ubicado a 2 m de la misma.

La estación 2 evidenció los valores de diversidad más bajos de esta investigación 2 m al Norte del refugio bentónico (Tabla 6), seguido por el encontrado a 5 m, donde el predominio es de 0,273 el mayor hallado en la estación y un valor de 2,621 que representa el segundo más bajo de la estación; la uniformidad exhibió el segundo valor más bajo comportamiento similar al observado por la riqueza. A su vez fueron observados 31 individuos distribuidos en 10 familias.

Debajo de la estructura ubicada en la estación 2, se encontró un valor más bajo de diversidad al observado en la estación 1 (Tabla 6), situación que fue generada debido a que en la estación 1 tanto el número de individuos encontrados, como las familias observadas y la riqueza fueron mayores a los hallados en este punto de muestreo, aunque cabe aclarar que el predominio y la uniformidad observados en la estación 1 fueron mayores a los encontrados en la estación 2.

En los puntos de muestreo ubicados al Sur del refugio fueron observadas las mayores diversidades de la estación siendo la más alta 2,344, hallado a 2 m de la estructura. En este punto de muestreo se encontró el menor valor de predominio acompañado del dato más alto de uniformidad reportados en esta investigación. El número de individuos y familias encontradas es de 12 y 17 respectivamente, por último la riqueza ocupó el segundo valor de importancia de esta estación. A 5 m del refugio en la misma dirección se encontró el mayor número de individuos y familias de la estación 2, sumado a la máxima riqueza; la razón por la cual no presentó la mayor diversidad fue que el predominio presentó un valor intermedio ([Tabla 6](#)).

En cuanto a la estación 3, el máximo valor de diversidad se halló a 5 m al Norte del refugio ([Tabla 6](#)), situación auspiciada porque en dicho punto de muestreo fueron observados los valores máximos de riqueza y uniformidad hallados en la estación, unidos a al valor más bajo de predominio ([Tabla 6](#)). La menor diversidad observada en la estación fue la encontrada a 5 m al Sur de la estructura, en este punto se encontraron 15 familias, cuatro menos a las encontradas a la misma distancia en dirección contraria y 65 individuos, uno menos que en el punto de mayor diversidad. La diferencia entre los dos puntos radica en el hecho que la riqueza y uniformidad observadas en el Sur fueron menores a las reportada al Norte, a su vez el predominio fue de 0,198 al Sur mientras que el valor reportado a 5 m al Norte fue 0,113.

Debajo del refugio la diversidad observada fue de 2,206, este dato corresponde al segundo valor más alto encontrado en esta estación. Debajo de la estructura fue posible observar 86 individuos distribuidos en 20 familias y un valor de riqueza de 4,265 siendo este dato el segundo más alto; la uniformidad presentó un valor bajo

con respecto a otros puntos de muestreo evaluados en la estación, sin embargo el predominio fue el tercer valor mas bajo, ubicándolo en un punto intermedio.

Los puntos ubicados a dos metros presentan una diferencia grande con respecto a la cantidad de individuos y familias encontradas ya que en dirección Sur se observaron 86 individuos y 15 familias, mientras que al Norte se observaron 123 organismos distribuidos en 21 familias. Sin embargo esta diferencia no mantiene la misma proporción en los valores de diversidad observada en cada uno de los puntos ([Tabla 6](#)), esto fue ocasionado por que al Norte el valor de uniformidad fue de 0,691 mientras que al Sur fue de 0,754. Aunque el predominio calculado en los dos puntos de muestreo no presentó una gran variación.

3.2.1 Análisis de Clasificación: con base al dendrograma obtenido partir de la matriz de similaridad con los datos brutos y mediante la técnica UPGMA, fueron encontrados tres grupos al 55% de similaridad. El primero constituido por el punto de muestreo ubicado a 2 m al Sur del refugio bentónico de la estación 2, este punto de muestreo se separa del resto cuando se presenta el 25 % de similaridad. En el segundo grupo se encuentran tres puntos de muestreo el primero es 2 m Sur, de la estación 1, el cual se une con los otros dos puntos de muestreo (2 m y 5 m Norte del refugio 2). El tercer grupo lo constituyen los 11 puntos de muestreo restantes ([Figura 11](#)).

En el grupo 2, los dos puntos de muestreo de la estación 2 conforman un subgrupo con un nivel de similaridad del 70%, mientras que en el grupo 3 se observan dos subgrupos divididos a un nivel de similaridad del 57%. El primer subgrupo, lo constituyen cuatro puntos de muestreo, siendo los puntos de muestreo ubicados

debajo del refugio 1 y 2, los que presentaron un el valor de similaridad del 69%, siendo el mas alto del subgrupo.

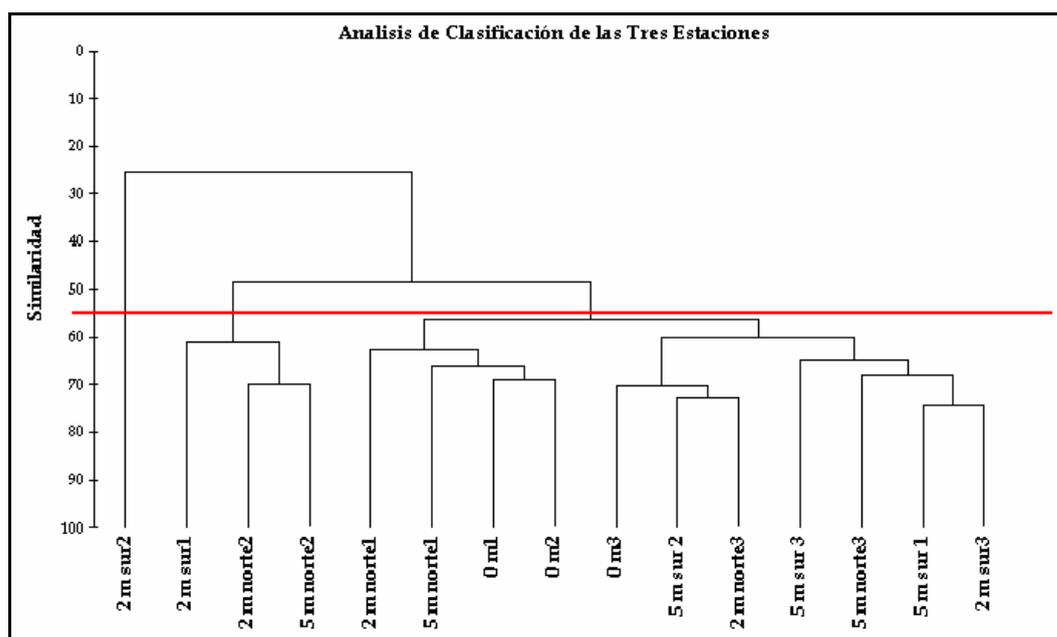


Figura 11. Dendrograma cuantitativo de similaridad de Bray-Curtis de los 15 puntos de muestreo evaluados (Índice Cofenético = 0,885). El punto de corte corresponde a 55% de similaridad.

En el segundo subgrupo, se pudo observar una separación clara entre los puntos de muestreo ubicados debajo del refugio 3, ubicados a 5 m al Sur de la estación 2 y a 2 m al Norte del refugio 3, con respecto a los puntos de muestreo de la estación tres, ubicados a 5 m Norte y Sur y a 2 m al Sur de la estación 3 y 5 m Sur de la estación 1. El mayor valor de similaridad observado en este subgrupo fue de 74%, presentado por los puntos de muestreo ubicados a 5 m al Sur de la estación 1 y 2 m Sur de la estación 3.

3.2.2 Análisis de Ordenación: en el MDS es posible observar como el punto de muestreo ubicado a 2 m al Sur de la estación 2 se aleja de las otras 14 distancias muestreadas; mientras que el grupo dos se encuentra mucho más cerca de los puntos de muestreo correspondientes al tercer grupo ([Figura 12](#)).

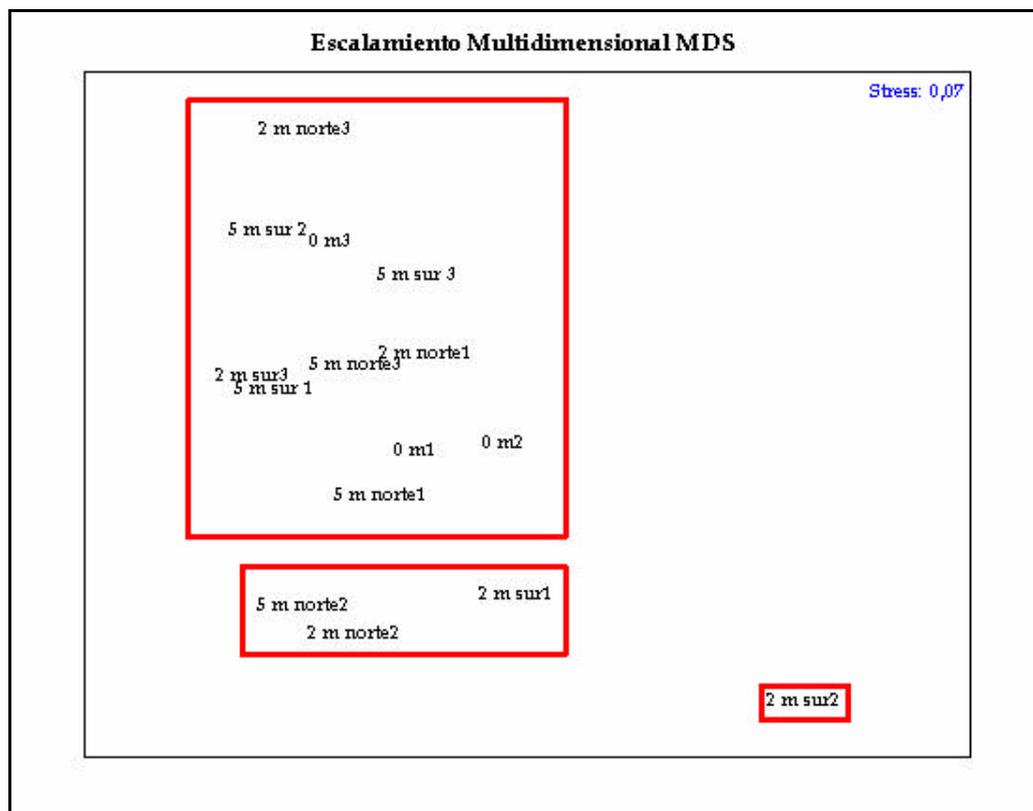


Figura 12. MDS de los diferentes puntos de muestreo agrupados de acuerdo al dendrograma realizado a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis.

3.2.3 Análisis inverso de Kaandorp: en el análisis inverso de Kaandorp se determinó que las familias que presentaron un porcentaje igual al 100 % se denominarían como familias exclusivas, las que presentaron porcentajes entre 99 % y 70 % se tomarían como familias características y las que presentaron porcentajes menores al 70 % serían tomadas como familias generalistas. El análisis inverso

permitió determinar en los tres grupos siete familias generalistas, de las cuales cuatro pertenecieron a los poliquetos, dos a los moluscos y una a los equinodermos ([Figura 10](#)). Entre los grupos 2 y 3 fueron observadas 15 familias, las cuales fueron características en un grupo y generalistas en otro, como en el caso de las familias Ampeliscidae, Ampharetidae, Capitellidae, Liljeborgiidae, etc. Mientras que otras fueron generalistas en los dos grupos como las familias Anthuridae, Chrysopetalidae, Flabeligeridae, etc. ([Figura 13](#)).

A su vez de las 15 familias encontrada entre los grupos 2 y 3, 11 pertenecen a los poliquetos y cuatro a los crustáceos; entre los grupos 1 y 3 fueron observadas cuatro familias (tres de poliquetos y una de moluscos), siendo características del grupo 1 y generalistas del 3. En cuanto a las familias exclusivas, fue posible observar una familia de crustáceos en el grupo 1, dos de moluscos y una de sipunculidos en el grupo 2 y 31 en el tercer grupo. Donde una correspondió a los sipunculidos, siete pertenecieron a los poliquetos, 10 a los crustáceos y 13 a los moluscos.

Efecto de los refugios bentónico (casitas cubanas) sobre la macrofauna asociada a fondos blandos de la Bahía de Taganga, Caribe colombiano

Familia	Grupo No 1			Grupo No 2			Grupo No 3		
	Promedio	E.Estand	%	Promedio	E.Estand	%	Promedio	E.Estand	%
Amphiridae	1,000	0,000	62,264	0,333	0,333	20,755	0,273	0,141	16,981
Cirratulidae	4,000	0,000	9,289	14,333	0,882	33,286	24,727	3,984	57,424
Cyclostrematidae	1,000	0,000	56,897	0,667	0,667	37,931	0,091	0,091	5,172
Glyceridae	2,000	0,000	26,939	2,333	0,333	31,429	3,091	0,368	41,633
Nereididae	1,000	0,000	27,500	1,000	0,377	27,500	1,636	0,576	45,000
Paranoidae	1,000	0,000	24,627	0,333	0,333	8,509	2,727	0,799	67,164
Tellinidae	2,000	0,000	56,897	0,333	0,333	9,483	1,182	0,323	33,621

Familia	Grupo No 2			Grupo No 3		
	Promedio	E.Estand	%	Promedio	E.Estand	%
Ampeliscidae	1,333	0,882	78,571	0,364	0,203	21,429
Ampharetidae	0,333	0,333	26,829	0,909	0,315	73,171
Anthuridae	0,333	0,333	55,000	0,273	0,195	45,000
Capitellidae	3,333	0,667	26,634	9,182	1,034	73,366
Chrysopetalidae	0,333	0,333	64,706	0,182	0,122	35,294
Labelligeridae	1,333	0,667	64,706	0,727	0,304	35,294
Alpheborgiidae	0,667	0,667	88,000	0,091	0,091	12,000
Lambrineridae	0,333	0,333	28,947	0,818	0,263	71,053
Maldanidae	0,667	0,333	8,302	7,364	0,834	91,698
Penonidae	0,333	0,333	17,742	1,545	0,608	82,238
Onuphidae	1,333	0,333	51,163	1,273	0,359	48,837
Paranthuridae	0,333	0,333	78,571	0,091	0,091	21,429
Phyllodoctidae	0,667	0,667	78,571	0,182	0,182	21,429
Sigalionidae	0,333	0,333	64,706	0,182	0,122	35,294
Sponidae	1,000	0,377	23,913	3,182	0,569	76,087

Familia	Grupo No 1			Grupo No 3		
	Promedio	E.Estand	%	Promedio	E.Estand	%
Amphionidae	1,000	0,000	73,333	0,364	0,203	26,667
Naticidae	1,000	0,000	91,667	0,091	0,091	8,333
Sabellidae	1,000	0,000	78,571	0,273	0,141	21,429
Thrichobranchidae	1,000	0,000	73,333	0,364	0,152	26,667

Familia	GRUPO 1		
	Promedio	E.Estand	%
Leucosidae	1	0	100,000

Familia	GRUPO 2		
	Promedio	E.Estand	%
Aspidosiphonidae	0,333	0,333	100,000
Glycymerididae	0,333	0,333	100,000
Limosidae	0,333	0,333	100,000

Familia	GRUPO 3		
	Promedio	E.Estand	%
Alpheidae	0,364	0,203	100,000
Chamidae	0,091	0,091	100,000
Corbiidae	0,091	0,091	100,000
Corephiidae	0,091	0,091	100,000
Ctonochelidae	0,091	0,091	100,000
Cuspidaridae	0,091	0,091	100,000
Dentalidae	0,091	0,091	100,000
Eulepethidae	0,091	0,091	100,000
Eunicidae	2,182	0,685	100,000
Goniidae	0,091	0,091	100,000
Hesionidae	0,455	0,207	100,000
Hyssuridae	0,273	0,195	100,000
Leucothoidae	0,091	0,091	100,000
Limidae	0,273	0,195	100,000
Lucinidae	0,364	0,152	100,000
Lysianassidae	0,182	0,182	100,000
Montacutidae	0,091	0,091	100,000
Mytilidae	0,182	0,122	100,000
Olividae	0,091	0,091	100,000
Orbinidae	0,636	0,244	100,000
Paguridae	0,091	0,091	100,000
Palaemonidae	0,091	0,091	100,000
Periplomatidae	0,091	0,091	100,000
Phascolosomatidae	0,182	0,182	100,000
Pilargidae	0,182	0,182	100,000
Sicyoniidae	0,091	0,091	100,000
Siphonodentalidae	0,091	0,091	100,000
Syllidae	1,182	0,323	100,000
Terebellidae	0,545	0,207	100,000
Tingulinidae	0,182	0,182	100,000
Veneridae	0,091	0,091	100,000

Figura 13. Análisis inverso de Kaandorp, se aprecian las familias compartidas por los tres (3) grupos encontrados en el dendrograma, en las tres (3) posibles combinaciones así como las familias exclusivas de cada grupo.

3.2.4 Bioenv: el valor de correlación de Sberman obtenido por medio de esta prueba fue igual a 0,353 perteneciente a la materia orgánica, seguido por dos valores pertenecientes al carbonato de calcio y por último fue posible observar valores pertenecientes a la materia orgánica menor a 500 μm (Tabla 7).

Tabla 7. Variables, valores de correlación de Sberman obtenidos con la prueba de Bioenv, y número de selecciones obtenidas

Variable	Valor de Correlación	Selecciones
Materia Orgánica	0,356	2
Carbonato de calcio	0,311	1
Carbonato de calcio	0,195	2
Materia Orgánica menor a 500 μm	0,118	3
Materia Orgánica menor a 500 μm	0,108	2

4 DISCUSIÓN

4.1 COMPONENTE ABIÓTICO

4.1.1 Características Granulométricas: el sedimento analizado fluctuó al interior del grupo de las arenas, siendo posible observar arenas finas, medias y gruesas, en los 15 puntos de muestreo. Dicha condición corresponde al comportamiento observado en los sedimentos distribuidos en los fondos marinos presentes en el área nerítica. A su vez los sedimentos arenosos se observan con regularidad al interior de la plataforma continental, debido a que las partículas pequeñas como arcillas y limos se encuentran a profundidades mayores a 200 metros (Gilluly *et al.*, 1964).

Una de las características de las arenas es la presencia de espacios intersticiales, en los cuales es posible retener agua y pequeños organismos, siendo esto una característica que afecta a los organismos infaunales (Méndez *et al.*, 1986).

El área de estudio presenta litorales escarpados por esquistos y batolitos (Díaz, 1990), donde el agua de escorrentía exhibe una gran pendiente que genera que los movimientos gravitatorios de descenso suministren materiales de tipo heterogéneo, los cuales no presenta una disminución general y regular del tamaño de grano mientras atraviesan la plataforma continental (Gilluly *et al.*, 1964); siendo el disturbio generado por acción de las olas, el principal factor que genera los procesos de meteorización de las partículas halladas en las muestras analizadas, debido a que la influencia generada por las olas tiene una incidencia limitada hasta los 30 metros de profundidad Seiderer y Newell (1999).

Como se mencionó con anterioridad, las partículas aportadas por escorrentía al fondo marino son heterogéneas, debido a las características de las costas presentes en la Bahía, donde en 14 de los 15 puntos de muestreo fue posible observar una mala clasificación, lo que indica la carencia de homogeneidad en los procesos de transporte y sedimentación, generando ambientes heterogéneos, haciendo de los fondos marinos encontrados en los puntos de muestreo un medio poco apto para el establecimiento de comunidades bentónicas (Méndez *et al.*, 1986).

Aunque a la luz de la asimetría el punto de muestreo ubicado a 2 m al Norte del refugio 3 presenta un valor igual a -0,004 situándolo como un lugar en el cual es posible que se establezca una comunidad bentónica (Méndez *et al.*, 1986), lo cual es evidente en esta investigación, ya que en dicho punto de muestreo se halló la mayor cantidad de individuos ([Tabla 5](#)).

En los puntos de muestreo ubicados a 2 m al Norte y al Sur de la estación 1, se presentó mesocúrtosis ([Tabla 2](#)), lo cual también contribuye la colonización de estos ambientes por parte de organismos bentónicos (Méndez *et al.*, 1986), esto a su vez se vio reflejado en los valores del índice de riqueza, presentándose en los puntos de muestreo del refugio 1, los dos valores más altos; cabe aclarar que ninguno de los puntos de muestreos mencionados, presentó el mayor número de individuos ni de familias encontradas, ratificando que la distribución de comunidades marinas en hábitats sedimentarios es controlada por un conjunto de interacciones de los factores físicos y químicos presentes en la interfase agua-sedimento, mas que por las características granulométricas propias del sedimento de acuerdo a lo expuesto por Snelgrove y Butman (1994 En: Seiderer y Newell, 1999).

4.1.2 Temperatura del Sedimento: el sedimento exhibió una temperatura mayor a la reportada por Granados y Campo (1981); sin embargo, Márquez (1982) y Salzwedel y Muller (1985) establecieron que la temperatura observada en el área durante el primer semestre es de 24 °C, correspondiendo los datos de temperatura encontrados a valores altos para el primer semestre del año.

4.1.3 Materia Orgánica y Materia Orgánica Susceptible a ser Oxidada: la cantidad de materia orgánica hallada en los diferentes puntos de muestreo es alta, teniendo en cuenta que el sedimento encontrado pertenece al grupo de las arenas, en el cual el agua y el oxígeno circula entre los espacios intersticiales (Invemar, 2003), favoreciendo la oxidación del material orgánico presente en el lecho marino. A su vez las bacterias encargadas de la descomposición del material orgánico, en sedimentos arenosos, se encuentran en estado libre, beneficiando los procesos diagénicos (De la lanza, 1986).

Sin embargo los puntos de muestreo que presentaron mayores valores de materia orgánica mostraron menores tamaños de grano, aumentando la capacidad de retención de materia orgánica, debido a que la disminución del tamaño de grano influye directamente en los espacios intersticiales reduciendo el tamaño de los mismos, haciendo que la cantidad de agua sea menor, dificultando los procesos de oxidación del material orgánico disponible. Dicho comportamiento se evidenció en los valores de materia orgánica encontrados en los puntos de muestreo internos (debajo del refugio); en el refugio 1 el sedimento encontrado fuera de la estructura corresponde a arenas medias mientras que debajo de la misma el sedimento exhibe un tamaño menor ([Tabla 2](#)), esta situación se repite en la estación 2 donde el sedimento encontrado en tres de los cuatro puntos de muestreo externos correspondió a arenas gruesas, sedimento que presentó valores de materia

orgánica menores al observado debajo del refugio 2, sumado a esto Fabi *et al.*,(2002) establecen que la disposición de estructuras como arrecifes artificiales sobre el suelo marino favorece la acumulación de material orgánico, lo cual explicaría el alto contenido de material orgánico en sedimentos que no tienen las características adecuadas para la retención de estas partículas.

En el refugio 3 la situación varía ya que el tamaño del sedimento es uniforme en los puntos de muestreo a los que se les pudo medir materia orgánica; debajo del refugio el valor fue menor al encontrado por fuera de la estructura, lo cual puede responder al consumo de organismos infaunales por parte de los individuos epifaunales y peces observados al interior del refugio.

En otras áreas del departamento del Magdalena se han reportado valores de materia orgánica que son significativamente menores a los reportados en esta investigación. Torres (1999) para la Bahía del Rodadero reporta porcentajes que fluctúan entre 1,5 % y 3,5 % en arenas muy finas, tipo de sedimento característico de la Bahía, en frente de la desembocadura del río Gaira los valores encontrados por Chacín y Mejía (1999), en cienos oscilan entre 5,78 % y 8,66 %. Y para el sector de Pozos Colorados la materia orgánica varía entre 5,09 % a 21,87 % en cienos (Córdoba, 1997), tipo de sedimento en el cual la cantidad de oxígeno es baja y las bacterias que descomponen el material orgánico se encuentran absorbidas (De la lanza, 1986). Pese a que el sedimento encontrado en cada una de estas investigaciones presenta mejores características que permiten acumular material orgánico, únicamente los datos correspondientes a la estación 9 de la investigación realizada por Córdoba (1997) y a la estación mas cercana a la desembocadura del río Gaira de Chacín y Mejía (1999), son similares a los reportados debajo del refugio bentónico 1 y a 2 metros al Sur en la estación 2. Esto indicaría que la

cantidad de materia orgánica hallada en los diferentes puntos de muestreo deben provenir de otras fuentes además del aporte generado por restos planctónicos presentes en áreas eufóticas, material erosionado y lixiviado (Ruiz y Ilin 1979; De la lanza 1986); dado que este tipo de aportes se producen en otras áreas como la Bahía del Rodadero y el sector de Pozos Colorados, donde los porcentajes observados no son tan altos.

A su vez, en varios de los puntos de muestreo se observó que la cantidad de materia orgánica menor a 500 μm fue mayor a la materia orgánica total. Cabe aclarar que al momento de calcularse la materia orgánica total, la muestra evaluada contiene el componente edáfico unido al componente biológico.

En los puntos de muestreo en los cuales la materia orgánica total fue mayor al material orgánico menor a 500 μm , la diferencia se puede atribuir a la combinación de detritus y otras partículas menores a dicho tamaño, y a la cantidad de organismos presentes en la muestra, sin que el sedimento sea un factor determinante para dichos valores, ya que en áreas con características sedimentológicas similares los valores de la materia orgánica menor de 500 μm fueron mayores con respecto a la materia orgánica total.

En dichos puntos de muestreo, se puede decir que el aporte de material orgánico es generado por los desechos de las comunidades pelágicas e infaunales y factores antropogénicos entre los cuales se puede mencionar las aguas de sentinas de las embarcaciones pesqueras presentes en el área y aportes provenientes del emisario submarino, siendo estas partículas el principal constituyente de la materia orgánica observada en el área. Lo anterior es expuesto ya que en la Bahía de Taganga varía el patrón de las corrientes del primer semestre a la segunda parte del año, situación

en la cual se produce un transporte de las masas de agua hacia el interior de la Bahía (Capitanía de Puerto, 1995) efectuándose presumiblemente de esta manera el transporte de las aguas servidas de la ciudad de Santa Marta liberadas por el emisario submarino; descarga que es persistente durante todo el año.

Otro factor que genera un aporte importante de materia orgánica, es la depositación de desechos por parte de la fauna asociada a los refugios bentónicos, entre los que se encuentran crustáceos de los géneros *Stenopus* y *Stenorhynchus*, erizos de mar del género *Meoma*, y varios géneros de peces (*Haemulon*, *Lutjanus*, y *Myripristis*), que se hallan agregados debajo y en el área circundante de la estructura. Los aportes generados por los organismos epifaunales distribuidos debajo de la estructura quedan evidenciados en los valores reportados en la Tabla 3, donde en dos de los tres refugios evaluados se observaron los valores más altos en cada una de las estaciones.

4.1.4 Carbonato de calcio: en el sedimento evaluado fue posible observar numerosas conchas de pequeños bivalvos; Arenas y Palacios (1996), determinaron la existencia de sedimentos arenosos acompañados por conchuelas en la isobata de 16 metros; en la presente investigación se trabajó en una profundidad mucho mayor (de 27 a 28 metros) y esta característica se mantuvo en las 15 muestras de sedimento evaluadas, siendo una posible cualidad presente en los sedimentos de la Bahía de Taganga. A su vez los porcentajes de carbonatos fueron mayores al 90 % en todos los puntos de muestreo evaluados, dichos valores corresponden a sedimentos bioclasticos, en los cuales los carbonatos son proporcionados por material de origen biológico, en este caso las conchas de bivalvos puede ser la fuente principal de los carbonatos hallados; aunque Díaz (1990) reporta que el

carbonato de calcio hallado en la Bahía es de origen coralino, lo cual podría indicar que los carbonatos presentes en las muestras proceden de dos fuentes biológicas.

4.2 COMPONENTE BIÓTICO

Entre los grupos encontrados, el de los poliquetos fue el mejor representado en los diferentes puntos de muestreo de las tres estaciones evaluadas en cuanto a número de individuos y de familias observadas, característica típica presentada por este grupo ya que según Salazar-Vallejo *et al.*, (1988), constituyen entre el 35 al 65% de los individuos que habitan los fondos blandos, siendo importantes por su alta diversidad de especies, lo que infiere ecológicamente en magnitud trófica, debido a que son la base de la alimentación de muchos peces, cualidad que comparte con el resto de los organismos pertenecientes a la infauna Invemar (2002).

Entre los poliquetos hallados las familias Capitellidae, Cirratulidae, Glyceridae, Spionidae, Paraonidae y Maldanidae tuvieron una alta representación en las diferentes estaciones y presentan hábitos tróficos sedimentívoros y detritívoros, (Rouse y Pleijel, 2001); las familias Capitellidae y Cirratulidae son bioindicadores de enriquecimiento orgánico, lo cual es confirmado por la baja abundancia presentada por los Cirratulidos y la ausencia de Capitelidos observada en el punto de muestreo ubicado en la estación 2, a 2 m al Sur, donde se encontró el menor valor de materia orgánica.

La totalidad de los moluscos encontrados en los diferentes puntos de muestreo se distribuyen típicamente en fondos blandos arenosos con tendencia hacia los granos gruesos (Díaz y Puyana, 1994), aunque en los puntos de muestreo ubicados a 5 m al Sur del refugio 1 y al Norte del refugio 2, se observó la ausencia de este grupo, puntos donde el sedimento encontrado es grueso ([Tabla 2](#)), comportamiento que

no fue generalizado pues en los otros puntos de muestreo que presentaron este tamaño de grano se observaron las familias Cuspidaridae, Ungulinidae y Naticidae características de dicho sustrato.

En el grupo de los moluscos fue claro que la presencia de estos en los diferentes puntos de muestreo presentó una relación directa al tipo de sedimento al que están adaptados (Bernard *et al.*, 1991 En: Guzmán *et al.*, 1998), sumado a esto se observó que la mayoría de los moluscos encontrados presentaron tamaños pequeños, lo cual es común en áreas donde el sedimento esta enriquecido con materia orgánica (Connaughey, 1974), debido a que el crecimiento de los moluscos en áreas enriquecidas es lento (Osenberg *et al.*, 1992). Una de las características encontrada en el grupo de los moluscos fue que la familia mejor representada fue Tellinidae, que se caracteriza por alimentarse de microorganismos y detritus (Vegas, 1971), siendo esos ítems los que mejor se encuentran representados en el sedimento hallado en el área.

Otro aspecto a tener en cuenta entre la comunidad infaunal hallada en el área muestreada fue la presencia notable de anfipodos e isopodos en relación a los camarones y el cangrejo encontrado, ya que de los primeros se encontraron 15 organismos, 9 de los segundos y 5 de los últimos. Estos datos de abundancias muestran que en este grupo el tipo de alimentación más observada fue la detritívora, ya que los anfipodos, isopodos y algunos crustáceos decápodos se alimentan de partículas procedentes de restos orgánicos (Vegas, 1971).

En su mayoría los individuos encontrados presentan hábitos tróficos sedimentívoros y detritívoros siendo este el hábito trófico más observado, lo cual

es presumiblemente un síntoma de procesos de eutroficación, según lo propuesto Giménez – Casalduero *et al.*, (2001) en la península Ibérica.

En cuanto a las abundancias totales por punto de muestreo, se logró observar que pese a que la cantidad de individuos fluctuó en las diferentes distancias evaluadas de las tres estaciones, a 2 m al Sur de las tres estaciones se observó la menor cantidad de individuos. En dichos puntos no se halló un patrón de las variables abióticas medidas que permitiera determinar cual de estas era la responsable de dicho comportamiento; sin embargo, Ambrose y Anderson (1990) reportan que los factores físicos tienen una influencia directa sobre las comunidades bentónicas asociadas a fondos blandos distribuidas en áreas aledañas a arrecifes artificiales, siendo en mayor medida la influencia de estos que la generada por factores biológicos como la predación; lo cual indicaría que alguna de las variables físicas o químicas que no fueron evaluadas en esta investigación pudo ser la responsable de la disminución de individuos en estas distancias.

Fabi *et al.*, (2002) sostienen que la riqueza y abundancia observada por fuera del área de influencia de arrecifes artificiales es mayor a la observada al interior de la misma, comportamiento que no fue posible evidenciar en esta investigación, debido a que la abundancia fluctuó a lo largo de los transectos y nunca fue menor debajo de la estructura que en los puntos de muestreo externos.

En todos los puntos de muestreo fue evidente el alto grado de uniformidad encontrado, lo cual se reflejó en los valores de diversidad observados a lo largo de las tres estaciones, los cuales fueron atribuidos a la influencia que ejerce la cantidad de individuos y el número de familias encontradas. Pese a que la diversidad observada en dos puntos de muestreo ubicados al Norte de la estación 2 fue menor

a 2, el resto de los valores presentaron un rango entre 2 y 3. Este rango es mucho menor a los reportados por Muñoz y Rincón (2004) para el área de influencia de la desembocadura del río Gaira (4,17) y al reportado por Martínez y Adarraga, (2001) en el Golfo Vizcaya donde hallaron valores de diversidad mayores a 3, con valores de materia orgánica menores al 6 % y arenas finas bien clasificadas, condiciones totalmente diferentes a las halladas en el área evaluada. Debido que la composición sedimentaria encontrada en los transectos presenta una mala clasificación y amplitud de tamaño de grano, se generan características de variedad estructural en el sustrato, proveyendo una mayor disponibilidad de hábitats susceptibles a ser ocupados (Gray, 1974; Coleman *et al.*, 1978; Nakao, 1982 En: Andrade *et al.*, 1986), sin embargo el enriquecimiento orgánico presente en los sedimentos afecta la composición comunitaria, favoreciendo la proliferación de las familias resistentes a esta condición y generando una depresión en la fauna bentónica (Osenberg *et al.*, 1992).

Los análisis de clasificación y de ordenación permitieron determinar que la composición comunitaria hallada en los diferentes puntos de muestreo no se encuentra segregada con respecto a la disposición o presencia de los refugios bentónicos, ya que los valores más altos de diversidad se observaron entre puntos de muestreo que no pertenecen a la misma estación o a la misma distancia, aunque los puntos de muestreo ubicados debajo de los refugios 1 y 2 presentaron un porcentaje de similaridad cercano al 70 %.

También es claro que las condiciones físicas y químicas encontradas en el área fueron expresadas en el MDS ya que este análisis permitió observar la distancia que presentó el punto de muestreo ubicado a 2 m al Sur en la estación 2, con respecto al resto de los puntos de muestreo, ya que según Ramírez (1999) en este

análisis, las discrepancias físicas y químicas se ven reflejadas en las distancias presentes entre las diferentes estaciones evaluadas; en este caso en particular el porcentaje de materia orgánica observado en dicho punto fue el menor de toda la investigación, a su vez se observó la ausencia de individuos de la familia Capitellidae, la cual se presenta como familia generalista en el análisis inverso de Kaandorp junto con otros individuos que suelen presentarse en áreas enriquecidas con material orgánico.

5 CONCLUSIONES

- La comunidad infaunal valorada esta representada predominantemente por poliquetos, seguidos en importancia por los moluscos, crustáceos y algunos ofiuros y sipunculidos.
- Los individuos infaunales presentes en los diferentes puntos de muestreo son principalmente detritívoros y sedimentívoros, lo cual podría estar señalando que en área se estén presentando presumiblemente procesos de eutroficación.
- La presencia de individuos de las familias Capitellidae, Cirratulidae y Tellinidae en la mayoría de los puntos de muestreo y en mayor cantidad que el resto de individuos evidencia la presencia de elevados niveles de materia orgánica.
- La abundancia observada debajo de los refugios bentónicos no fue menor a la observada en los diferentes puntos de muestreo, a su vez la cantidad de individuos fluctuó a lo largo de los tres transectos muestreados y siempre se observó una disminución clara a 2 m al Sur de las tres estructuras que puede ser atribuible a la presencia de los refugios bentónicos o a una combinación de estos con variables ambientales no medidas en esta investigación.
- Aunque no se observó un efecto claro de los refugios bentónicos sobre los individuos presentes bajo estos, las estructuras contribuyen a una mayor depositación de materia orgánica menor a 500 μm .
- En el área evaluada se halló una predominancia de las áreas bioclasticas, sin embargo, fue posible observar arenas lodosas bioclasticas en uno de los puntos de muestreo ubicado en la estación 3.

s Entre las características sedimentológicas halladas en el área, se resalta el hecho que el sedimento analizado presenta una mala clasificación con curvas de frecuencia leptocúrticas en su mayoría. Medio que no favorece el establecimiento de comunidades bentónicas.

6 RECOMENDACIONES

- Es necesario generar nuevas investigaciones pertinentes a evaluar la comunidad infaunal de la Bahía de Taganga, a fin de poseer la información necesaria para realizar comparaciones entre el área de influencia de los refugios y la fauna de áreas libres de dichas estructuras.
- En este tipo de investigaciones tanto la fase de campo como de laboratorio son dispendiosas por tal razón se recomienda realizar este tipo de trabajos en grupos de dos personas, lo cual disminuiría el tiempo de elaboración de la investigación o permitiría cubrir una mayor área.
- Debido a las características observadas en el área evaluada se recomienda continuar esta investigación, ampliando el área estudiada a la totalidad de refugios establecidos tanto de la Bahía de Taganga, como en otras áreas en las que dichas estructuras estén presentes.

7 BIBLIOGRAFÍA

AMAYA, F; BAUTISTA, R y PERDOMO, A. Estudio cualitativo y cuantitativo de la macroinfauna de la Bahía del Rodadero, Caribe colombiano. Santa Marta. 1995 Seminario de investigación (Proyecto II).Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

AMBROSE, R. y ANDERSON, T. Influence of an artificial reef on the surrounding infaunal community. En: Marine Biology. 107. 1990. p 41-52.

ANDRADE, H; GUTIERREZ, S y SALINAS, A. Efectos del vertimiento de desechos orgánicos no tratados sobre la macroinfauna bentónica en un sector de la Bahía de Valparaíso (Chile). En: Ciencia y tecnología del Mar, CONA. No 10. 1986. p 21 – 49

ARENAS, O y PALACIOS, G. Densidad y distribución del genero *Sargassum*, Phaeophyta Fucales, desde la Bahía de El Rodadero (Punta Cabeza de Negro) hasta la Bahía de Taganga (Punta Venado), Caribe colombiano. 1996. Seminario de investigación (Proyecto II).Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

CAPITANÍA DE PUERTO, Informe para la implementación de una planta de tratamiento en la Bahía de Taganga. Santa Marta. 1995. informe técnico. p 15.

CHACÍN, T y MEJÍA, I. Caracterización de la macrofauna de fondos blandos en la zona adyacente a la desembocadura del río Gaira, Bahía El Rodadero, y su relación con los contenidos de materia orgánica durante Septiembre de 1997- Enero de 1998. Santa fe de Bogotá. 1999. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

COLCIENCIAS. Ciencia y tecnología del mar: Plan Estratégico 1999 - 2004. Bogotá, Colombia. 1999. p 55 – 57.

CONNAUGHEY, Mc. Introducción a la biología marina. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 1974. p 455.

CÓRDOBA, M. Macrofauna bentónica asociada a fondos blandos de la plataforma continental de Pozos Colorados y sectores aledaños, Caribe colombiano. Santa Fe de Bogotá. 1997. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

CUTLER, E. The sipuncula: Biology and the systematic, biology and evolution. Cornell university. Press USA. 1994. p 453.

DÍAZ, J. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Programa de ecosistemas marinos INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 1990. p 54.

DÍAZ, J y PUYANA, M. Moluscos del Caribe colombiano un catálogo ilustrado. Primera edición. Editorial Presencia. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 1994. p 291

DE LA LANZA, G. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: importancia, comportamiento y significado en modelos de predicción. En: An. Inst. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Aunton. México. 13 (1). 1986. p 251-286.

FABI, G; LUCCARINI, F; PANFILI, M; SOLUSTRI, C; y SPAGNOLO, A. Effects of an artificial reef on the surrounding soft-bottom community (central Adriatic Sea) En: Journal of Marine Science. Vol 59 supplement 1. 2002. p 343 – 349

FAUCHALD, K. The Polychaete Worms. Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Science series 28. Los Angeles, California, United States. 1977. P 188.

FOLK., R. Petrology of sedimentary rocks the university of Texas geology. Henphills Drawer M. University Station. Austin, Texas, United States. 1968. p 66.

GILLULY, J. WATERS, A. y WOODFORD, A. Principios de Geología. Aguilar, S.A. de ediciones. 1964. p. 693.

GIMÉNEZ-CASALDUERO, F; RODRÍGUEZ-RUIZ, S; VIVAS. M y RAMOS, A. Variaciones de las características estructurales de la comunidad de poliquetos asociada a dos fondos de maërl del litoral de alicantino (sudeste de la península Ibérica). En: Bol. Inst. Esp. Oceanog. 17 (1 y 2). 2001. p 191-201.

GRANADOS, F y CAMPO, J. Factibilidad de una planta pesquera productora de enlatados, semiconservas y congelados (Taganga). Santa Marta 1981. Tesis (Ingeniero Pesquero). Tomo I Universidad Tecnológica del Magdalena. Facultad de Ingeniería Pesquera.

GUZMÁN – ALVIS, A; SOLANO, O; CÓRDOBA, M y LÓPEZ, A. Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Vol. 30. Santa Marta, Colombia. 2001. p 39 – 66.

GUZMÁN – ALVIS, A y SOLANO. O. Estructura de la taxocenosis Annelida – Mollusca en la región de Mingueo, Guajira (Caribe colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Vol. 26. Santa Marta, Colombia. 1997. p 35 – 52.

GUZMÁN – ALVIS, A y DÍAZ, J. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida – Mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín. Vol 22. 1993. p 45 – 59.

GUZMÁN, N; SAA, S y ORTLIEB, L. Catalogo descriptivo de los moluscos litorales (gastropoda y pelicipoda) de la zona de Antofagasta, 23° S (Chile). En: Estad. Oceanol. 17. 1998. 17-86.

HARTMAN, O. littoral marine annelids of gulf of Mexico. Instituto marino de ciencias de Texas. 1951. p 122.

HENDLER, G; MILLER, J; PAWSON, D y PORTER, M. Sea stars, sea urchins and allies echinoderms of Florida and the Caribbean. Institution Press. Washington. D.C, United States. 1995. p 390.

HERNÁNDEZ, C. Manual de métodos de análisis de laboratorio de ecología marina. 1994. p 13.

HERRING, P. The biology of the deep ocean. First edition. Oxford university press, Great Britain. 2002. p 313.

HICKMAN, C; ROBERTS L y PARSON, A. Principios integrales de zoología. Mc Graw- Hill Interamericana. Décima edición. Madrid, España. 1998. p 921

HOLME, N y McINTYRE. A. Methods for the study of marine benthos. First edition. Burgess and son limited. Great Britain. 1971. p 332

INVEMAR. Programa nacional de diversidad marina y costera PNIBM. Ed: (Díaz Merlano J. M. y Gómez López D. I). Santa Marta: INVEMAR, FONADE, MMA, 2000. p 81

INVEMAR. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros de Colombia: 2002 (Eds). Medellín: servigráficas, 2003. 178 p. (serie de publicaciones periódicas; No 8).

LAMY, D. y POINTIER, JP. Guía de moluscos y caracolas de mar del Caribe. Grupo Editorial M y G Difusión. Primera Edición. Alicante España. 1998. p 225

LÓPEZ, A. Caracterización espacio - temporal de la taxocenosis Mollusca - Crustacea - Echinodermata en la ensenada de Pozos Colorados y sectores aledaños, Caribe colombiano. Santa Marta. 1997. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

LLAMAS, A y CÁCERES, J. Enciclopedia del mar. Primera edición. Editorial Planeta, S.A. Barcelona, España. 1995. p 551

MÁRQUEZ, G. Los sistemas ecológicos marinos del sector adyacente a Santa Marta, Caribe colombiano. En: Ecología Tropical. Vol 2 No 1. 1982. p 5 - 24.

MARTIN, J. y DAVIS, G. An updated classification of the recent crustacean. Contribution in Science, N. 29. 2001.

MARTÍNEZ, J. y ADARRAGA, I. Distribución batimétrica de comunidades macrobentónicas de sustrato blando en la plataforma continental de Guipúzcoa (Golfo de Vizcaya). En: Bol. Inst. Esp. Oceanog. 17 (1 y 2). 2001. p 33-48.

MÉNDEZ, M; SOLIS-WEISS, V y CARRANZA-EDWARDS. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del estado de Veracruz, México. En: An. Inst. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Aunton. México. 13 (3). 1986. p 45-56.

MORALES, G. Caracterización especial de la taxocenosis Annelida – Crustácea – Mollusca asociada a fondos blandos someros vegetados del costado Nororiental en la isla de San Andrés (época seca). Santa Marta. 2000. Anteproyecto de Tesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

MORRIS, P. A Field guide to the shell of our Atlantic and gulf coasts. Houghton Mifflin Company Boston. Second edition. Boston, United States. 1951. p 236.

MUÑOZ, M y RINCON, R. Estimación del grado de contaminación de la Bahía de Gaira (Santa Marta, Caribe colombiano) a partir de la biocenosis macrozoobentónica. Santa Marta. 2004. Seminario de investigación (proyecto II). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

ORTIZ, M. Clave gráfica para la identificación de familias y géneros de anfípodos del suborden gammaridae del Atlántico occidental tropical. En: Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín. Vol 23. 1994. p 59-101.

OSENBERG, C; SCHIMITT, R; HOLBROOK, S y CANESTRO, D. Spatial scale of ecological effects associated with an open coast discharge or produced water. En: RAY, J. P y ENGLEHARDT, F. R (eds). Produced water: technological/ environmental issues and solutions. Plenum press. New York. United States. 1992. p. 387-402.

PÁEZ-OSUNA, F; FONG-LEE, M. y FERNÁNDEZ-PÉREZ, H. comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos. En: An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico. 11 (1). 1984. p 257-264.

PARADA, J; LASTRA, M; SÁNCHEZ, A. y MORA, J. Ecología descriptiva de la macrofauna bentónica de un área afectada por dragados periódicos próxima al puerto de Santander. En: Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr No 11. 1993. p 391-398.

PECHENIK, J. Biology of the invertebrates. Tufts University. Mc Graw-Hill. Fourth edition. United States. 2000. p 578.

PHILIPPI, T; DIXON, P y TAYLOR, B. Detecting trends in species composition. En: Ecological Applications. Vol 8. No 2. 1998. p 300 – 308.

POINTIER, JP. y LAMY, D. Guía de moluscos y caracolas de mar del Caribe. Grupo editorial My G Difusión. Primera edición. Alicante, España. 1998. p 236.

RAMÍREZ, A. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 1999. p 325.

ROUSE, G y PLEIJEL, F. Polychaetes. Oxford University Press. First Publisher. New York, United States. 2001. p 353.

RUIZ, B. y ILIN, A. Materia orgánica en los sedimentos de los golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. En: Bol. Inst. Univ. Oriente. 18 (1 y 2). 1979. p 37-52.

RUIZ, J. Caracterización de la macroinfauna bentónica asociada a fondos blandos del parque Nacional Natural Isla Gorgona (Pacífico colombiano) y su variación en el tiempo. Santa Marta. 2001. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

SALAZAR-VALLEJO, S; DE LEÓN-GONZÁLEZ, J y SALAICES-POLANCO, H. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 1988. p 212.

SALZWELDEL, H y MULLER, K. A summary of meteorological data for the bay of Santa Marta colombian Caribbean. En: An. Ins. Inv. Mar. Punta de Betin. p 7-144. 1985.

SEIDERER, L. y NEWELL, R. Analysis of the relationship between sediment composition and benthic community structure in coastal deposits: Implications for marine aggregate dredging. En: Journal of Marine Science. Vol 56. 1999. p 757 – 765.

TAIT, R. Elementos de ecología marina curso preparatorio. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1987. p 446

TORRES, R. Variación espacio-temporal de la taxocenosis polychaeta-mollusca, durante septiembre de 1997 a febrero de 1998, en dos estaciones en fondos blandos someros en el balneario “El Rodadero”, Caribe colombiano. Santa Marta. 1999. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

UEBELACKER, J. y JOHNSON, P. Taxonomic Guide to The Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico. Final Report to the Minerals Management Service, contract 14-12 -001-29091. Barry A.Vittor & Associates, Inc., Mobile, Alabama. Vol 7. 1984.

VEGAS, M. Introducción a la ecología del bentos marino. Editorial Eva V. Chesneau. Washington, D.C. Estados Unidos 1971. p 97

VIDES, P. La macroinfauna de fondos blandos del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano: Estructura espacial y dinámica temporal. Santa Marta. 1999. Trabajo de Grado (Biólogo Marino). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

WARWICK, R. y CLARKE, K. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationship in disturbed benthic communities. En: Marine Biology . 118. 1994. p 739-744.

WARWICK, R. Level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. En: Marine Pollution bulletin. Vol 19. No 6. 1988. p 259-268.

WILLIAMS, A. Shrimps, Lobsters and Crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution. Washington, D.C. United States. 1984.