

# ***CARACTERIZACIÓN DEL MEIOBENTOS EN SECTORES DE INFLUENCIA COSTERA DE DOS EMPRESAS UBICADAS EN LA ZONA INDUSTRIAL DE MAMONAL, BAHÍA DE CARTAGENA, COLOMBIA***

Characterization of meiobenthos in areas of coastal influence by two companies located in the industrial zone of Mamonal, Cartagena Bay, Colombia

David M. Osorio-Dualiby<sup>1</sup>, Ricardo Álvarez-León<sup>2</sup>

## **RESUMEN**

*Se llevó a cabo una caracterización del meiobentos en dos áreas de influencia costera de dos empresas ubicadas en la zona industrial de Mamonal, en la Bahía de Cartagena, abarcando los periodos de baja y alta salinidad. Se estableció que la influencia en la composición y la estructura del meiobentos registrada, estuvo relacionada con la influencia costera de los efluentes de las industrias evaluadas y no por la variación de la salinidad. Estas inferencias fueron establecidas a partir del análisis de la homogeneidad de la Varianza, Test de Bartlett y comparación de promedios, análisis de Varianza de una vía con un nivel de confianza de (95%) y confirmación a través de la aplicación del índice de Similaridad de Bray Curtis. Adicionalmente, se registro la presencia de partículas de carbón, en el estrato meiobentónico, en una proporción del 55 % aproximadamente. La interacción de este mineral seguramente podría explicar el bajo nivel de biocenosis del meiobentos, respecto al otro sector de estudio.*

**Palabras-claves:** afinidad, microbentos, meiobentos, Bahía de Cartagena, Caribe, Colombia.

## **ABSTRACT**

*A characterization of the meiobenthic in two areas of coastal influence of two companies located in the industrial zone of Mamonal was carried out, in the Bay of Cartagena, including the periods of loss and discharge salinity. The influence in the composition and the structure of the registered meiobenthic settled down that, it was related to the coastal influence of the effluents of the evaluated industries, and not by the variation of the salinity. These inferences were established from the analysis of the homogeneity of the Variance, Test of Bartlett and comparison of averages, analysis of Variance of a route with a level of confidence of (95%) and confirmation through the application of the index of Similarity of Bray Curtis. Additionally, coal particles were found, in the meiobenthic layer, in proportion of approximately 55%, with respect to the content of inorganic particles.*

**Key words:** affinity, microbenthos, meiobenthos, Cartagena Bay, Caribbean, Colombia.

<sup>1</sup> Centro de Biotecnología Agropecuaria - Sena - Mosquera, Colombia. E-mail: odualiby@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad de Manizales, Fundaciones Maguaré y Verdes Horizontes, Manizales (Caldas), Colombia. E-mail:alvarez\_leon@yahoo.com.

## INTRODUCCIÓN

Evaluaciones de la dinámica y estructura del meio bentos y su relación respecto a la influencia ambiental por parte de empresas que funcionan en la Zona Industrial de Mamonal, en la Bahía de Cartagena Colombia, no se conocen; constituyéndose esta investigación, en la primera que se desarrolla en dos sectores de influencia de esta zona industrial: astillera, Astilleros Vikingos S.A. (Astivik) y clinker-carbonífera Colclinker S. A. (Colclinker). Este trabajo se realizó en el marco de lo ordenado en el Decreto 2811 de 1974 de la legislación ambiental colombiana, orientados a conocer la situación ambiental de estos sectores para obtener viabilidad ambiental de dichas industrias, para la renovación de la concesión del área marítima de sus instalaciones portuarias, en la Bahía de Cartagena.

La Bahía de Cartagena ha sido objeto de numerosas investigaciones por parte de diferentes instituciones, con relación a aspectos biológicos, ambientales, ecológicos y de contaminación: Álvarez-León (1979); Escobar & Astrálagá (1981); Galvis & Marzola (1988), Osorio-Dualiby (1997). Por su parte, Garcés *et al.* (1978) y Herrera-Muñoz (1993) realizaron investigaciones referentes a la contaminación y dinámica general de la Bahía de Cartagena y su relación con la composición, biocenosis y variación del macrobentos.

Este trabajo se ha realizado a un nivel cualitativo y cuantitativo, estimando la abundancia

relativa por grupos de especies del meio bentos en el sector costero de influencia o áreas de maniobra de los muelles de dos empresas: pesquera y carbonífera, en la Zona Industrial de Mamonal. Adicionalmente, su variación específica y su relación con dos períodos de influencia de salinidad, muy definidos en la bahía: baja (noviembre) y alta (marzo). También la aplicación y análisis de varianza e índice de afinidad entre las composiciones meio bentónicas, entre y dentro de las estaciones evaluadas, y establecer de manera ha influido en su composición esta zona industrial y específicamente las relaciones con las empresas que motivaron este estudio.

## AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Cartagena, esta ubicada al sur del casco urbano de Cartagena de Indias, República de Colombia. Tiene una extensión aproximada de 82 km<sup>2</sup>. y una profundidad promedio de 16 m. con una máxima de 30 m. en el canal navegable. Comprende la Zona Industrial de Mamonal, localizada en la zona oriental de esta la Bahía, entre los 10°26'-10° 16'N y 75°30'-75°36'W, donde se ubican 100 industrias aproximadamente y 70 muelles terminales marítimos (Garay, 1993). Dentro los cuales se incluyen los dos sectores costeros donde se realizó el presente estudio: muelle pesquero de Astivik, y el muelle de clinker, Colclinker (Figura 1)

De acuerdo con Wang (1982) y Barón *et al.* (1984), la Bahía de Cartagena presenta un ciclo de

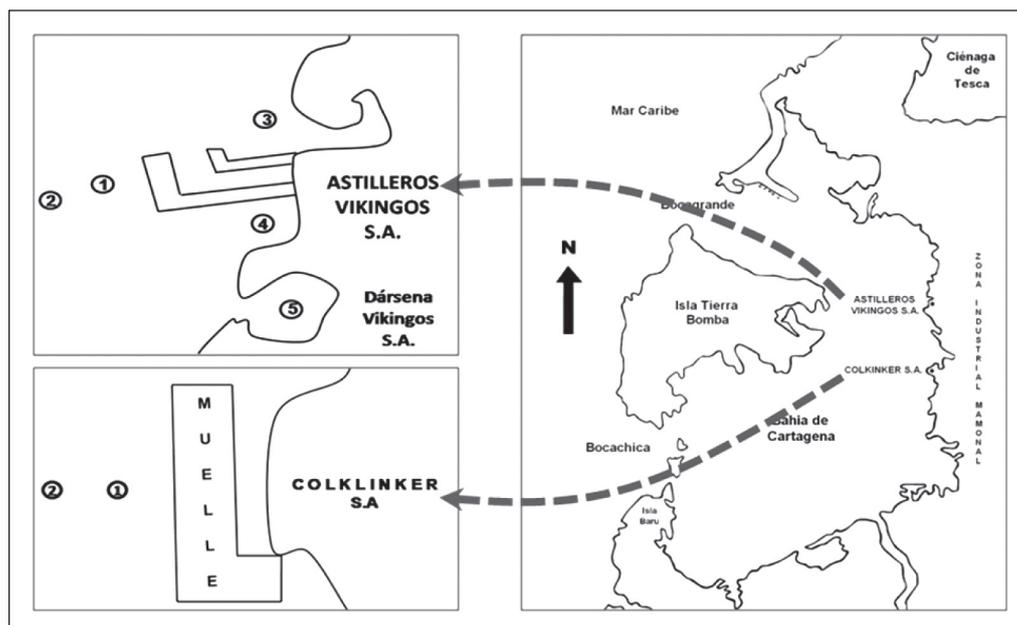


Figura 1 - Ubicación de las estaciones de muestreo en las áreas de influencia de los Astilleros de Vikingos S.A. y de Colclinker S.A., en la Zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena, Colombia.

salinidad el cual esta determinado básicamente por los procesos de escorrentía y aportes de agua dulce proveniente del Canal del Dique. El periodo de alta salinidad comprendido entre diciembre y mayo cuya variación oscila entre los 30 y 36 (ups) y el periodo de baja salinidad comprendido entre los meses de Junio y Noviembre con una variación entre los 18 y 28 (ups).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron, en el sector costero de la Zona Industrial de Mamonal en la Bahía de Cartagena, a partir de cinco estaciones de muestreo, sector de influencia de Astivik, perteneciente a la empresa procesadora de productos

pesqueros marinos Vikingos S.A.; en noviembre de 1990, periodo de baja salinidad (18 ups), y marzo de 1991, periodo de alta salinidad (35 ups), y de dos estaciones de muestreo, ubicadas en el sector costero de influencia de la empresa exportadora de carbón Colclinker, tomadas durante el mes de mayo de 1991, periodo de alta con (34 ups) y agosto de 1991, baja salinidad con 26 (ups) (Figura 1).

Las muestras fueron tomadas con una draga Eckman de 0.025 m<sup>2</sup> de área, recogidas en bolsas plásticas previamente rotuladas, fijadas con formol al 10%, neutralizado con bicarbonato de sodio, y analizadas en el laboratorio a partir de los métodos: numérico Modificado Derivado del Volumétrico (NMDV) (Osorio-Dualiby, 1988) y gravimétrico, utilizando peso húmedo; el agua intersticial fue eliminada y así estandarizar para todos los casos el nivel de consistencia de la muestra que se iban a analizar (Boltovskoy, 1981).

En el Laboratorio, se procedió al pesaje de los tamices vacíos que se utilizaron; simultáneamente, se fue homogenizado la muestra y se procedió a extraer una sub-muestra de 100 g, por estación de muestreo. Luego se llevo a un tamiz de abertura de malla de 56  $\mu$ . Fue lavada suavemente con el fin de separar y eliminar los componentes inferiores a abertura de malla, correspondiente a lodos, arcillas y arenas finas y microbentos contenidos en las sub-muestra, y poder facilitar los análisis cualitativos y cuantitativos (Figura 2).

A continuación se presentan los nombres y escala de tamaño del diámetro de partículas de sedimentos correspondiente a las fracciones mencionadas, propuesta por Margalef (1980) -Tabla I.

La fracción superior a 56  $\mu$ , le fue adicionado la tinción rosa de bengala con el fin de estimar la

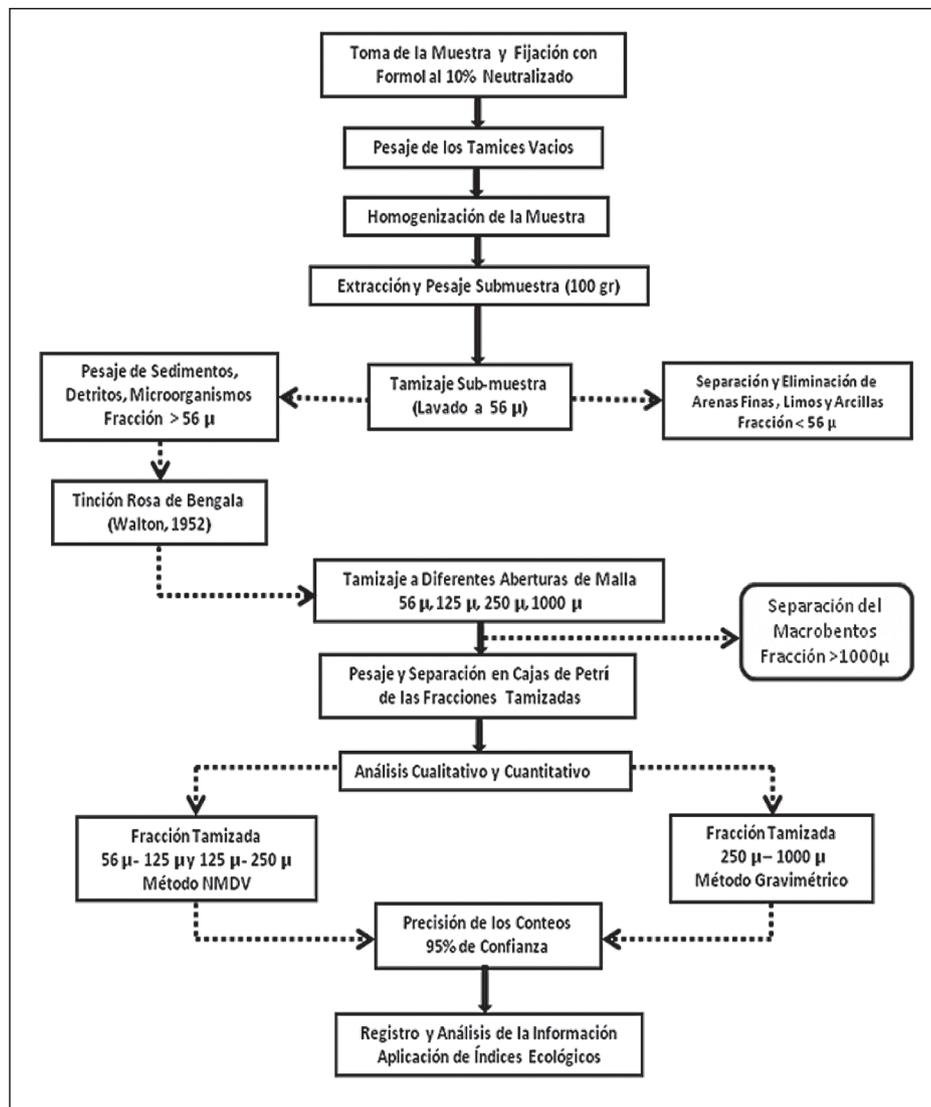


Figura 2 - Diagrama de las diferentes etapas desarrolladas en el proceso metodológico para la caracterización del meiobentos en los sectores costeros de influencia analizados, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

biocenosis en las sub-muestras analizadas (Walton, 1952). Una vez pesada esta fracción, peso fresco, se procede nuevamente a tamizar en una columna de tamices con las siguientes aberturas de malla: 1000  $\mu$ , 250  $\mu$ , 125  $\mu$  y 56  $\mu$  y por diferencia de peso del tamiz vacío con el peso del tamiz mas fracción se obtiene el peso en las diferentes fracciones tamizadas, las cuales son equivalentes a las lavadas y tamizadas inicialmente con la abertura de malla de 56  $\mu$ . Para estimar el número de partículas por fracción tamizada en los diferentes rangos de abertura de malla, se multiplicaron las medianas de estos rangos por los pesos obtenidos.

Tabla I - Clasificación correspondiente al tamaño en micras ( $\mu$ ) de los sedimentos.

Tamaño del sedimento ( $\mu$ )	Designación del tipo de sedimento
> 1000	Arena Gruesa o Guijarro
1000 - 20	Arena Fina
20 - 2	Limo
< 2	Arcillas

En este proceso se garantiza una extracción completa del meiobentos para una mejor comprensión, identificación, cuantificación e identificación de sus componentes. Así mismo la separación y eliminación del macrobentos involucrado. Las fracciones de meiobentos obtenidas fueron conservadas en formol al 4% y depositadas respectivamente en cajas de Petri debidamente marcadas para su posterior análisis (Tabla I).

En este estudio se asumió el rango de diámetro de partícula propuesto por Vegas-Vélez (1971) y Stirn (1981), comprendido entre <1000  $\mu$  - 56  $\mu$  para la evaluación del meiobentos (Tabla II).

Tabla II - Distribución del bentos de acuerdo con el diámetro de partícula.

Abertura de Malla Tamiz ( $\mu$ )	Tipo de Sustrato
> de 1000	Macrobentos
1000 - 250	Meiobentos
250 - 125	
125 - 56	
< 56	Microbentos

## Análisis Cuantitativo y Cuantitativo

Las secciones de meiobentos que fueron tamizadas en los rangos mencionados, se pesaron

en una balanza analítica con 0.001 mg de precisión. Luego se separaron de acuerdo con el peso y rango tamizado y dispuestas respectivamente en cajas de Petri, marcadas de acuerdo con el sector, número de estación y periodo de muestreo para su posterior evaluación cuantitativa y cualitativa hasta un nivel taxonómico posible, con ayuda de un estereoscopio. Las categorías definidas en estos análisis fueron clasificadas de la siguiente manera: (1) Detritos: Material biogénico en diferente grado de descomposición bacterial, (2) Partículas Inorgánicas: tipo bioclástico y litoclástico, (3) Foraminíferos, (4) Ostrácodos, (5) Diatomeas Penales, (6) Diatomeas Centrales, (7) Micromoluscos, (8) Larvas de Poliquetos, y (9) Nemátodos.

La evaluación cuantitativa de los componentes del meiobentos obtenidos en las sub-muestras y en los diferentes rangos de abertura de malla fueron promediados para determinar un solo valor de la abundancia relativa promedio por estación, dados los pesos y porcentajes de frecuencias de aparición tan bajos. Por tanto se presentan promedios acumulados de los componentes por estación de muestreo, por sector de influencia costera de las empresas Astivik y Colclinker.

Respecto a la precisión de los conteos realizados en las diferentes fracciones, los componentes fueron cualificados y cuantificados en su totalidad. Para la fracción comprendida entre 250  $\mu$  -125  $\mu$  y 125  $\mu$  - 56  $\mu$ , se realizó con base en metodología propuesta por Elliot (1971), la cual se basa en el cálculo y aplicación del error estándar, cuando el (N) muestral de alícuotas analizadas es inferior a 30 y donde la varianza ( $S^2$ ) fue superior a la media perimétrica, con un nivel de significancia del 5% en los diferentes conteos realizados.

Con el fin de establecer si existen diferencias estadísticas significativas en la composición de las muestras y comunidades de meiobentos registradas en las diferentes estaciones de muestreo de cada sector de influencia estudiado: Astivik y Colclinker, en los periodos de baja y alta salinidad y entre estos sectores, durante el periodo de estudio, y la probable influencia del la zona industrial en la estructura del meiobentos, se realizaron pruebas de homogeneidad de varianza, test de Bartlett, y comparación de promedios o Análisis de Varianza con un nivel de confianza del (95%) (Haber & Runyon, 1973; Bazigos, 1976). Estos análisis se complementaron y confirmaron a partir de la aplicación del índice de Afinidad de Bray-Curtis, para determinar el grado de Similaridad en los procesos mencionados. (Clarke & Warwick, 2001).

## RESULTADOS

### Composición y Característica de los Sedimentos

Los sedimentos analizados en el sector costero de influencia del astillero, Astilleros Vikingos S.A., para el período de baja salinidad (18 ups), Noviembre de 1990; la fracción tamizada por debajo de la abertura de malla de 56  $\mu$  registro una media de 43.9 g, correspondiente a arenas finas, lodos y arcillas. La fracción tamizada superior a las 56  $\mu$ , registro un valor promedio de 56.2 g, de los cuales 37.0 g correspondieron al meiobentos y 19.1 g al macrobentos (Tabla III).

Los 100 g de sub-muestra en el sector costero de influencia de la exportadora de carbón (Colclinker), para el mismo período de baja salinidad, agosto de 1991 (26 ups) duplicó este registro con una media de 92.4 g, del tamizado por debajo de la abertura de malla de 56  $\mu$ . La fracción tamizada superior a las 56  $\mu$ ,

registro un valor promedio de 7.7 g, de los cuales 6.2 g pertenecieron al meiobentos y 1.5 g al macrobentos. Estas fracciones presentaron valores muy inferiores respecto a las estaciones del muelle pesquero durante el mismo periodo de salinidad (Tabla IV).

Para el periodo de alta salinidad (35 ups), la fracción tamizada por debajo de la abertura de malla de 56  $\mu$  registro una media de 65.1 g, correspondiente a los tipos de sedimentos mencionados. La fracción tamizada superior a las 56  $\mu$  registró un promedio de 34.9 g, de los cuales 24,8 g pertenecieron al meiobentos y al 10.1 g al macrobentos (Tabla V).

Respecto a sector costero de influencia de Colclinker, para el mismo período de alta salinidad (34 ups), la fracción tamizada por debajo de la abertura de malla de 56  $\mu$  registro una media de 96.4 g. La fracción tamizada superior a las 56  $\mu$ , registro un valor promedio de 5.4 g, de los cuales 4.6 g pertenecieron al meiobentos y 0.7 g al macrobentos (Tabla VI).

Tabla III - Peso en gamos (g) y porcentaje (%) de la sub-muestra de sedimento tamizado, a partir de cinco estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Astivik S. A., periodo de baja salinidad, noviembre de 1990, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Estaciones	Sub-muestra peso (g)	Peso Fracción Tamizada (< 56 $\mu$ )		Peso Fracción Tamizada (>56 $\mu$ )		Meiobentos (1000 - 56 $\mu$ )	Macrobentos (> 1000 $\mu$ )
		g	%	g	%	g	g
1	100	73,7	73,7	26,3	26,3	20,1	6,2
2	100	25,0	25,0	75,0	75,0	52,4	22,6
3	100	31,2	31,2	68,8	68,8	37,2	31,6
4	100	10,8	10,8	89,2	89,2	62,6	26,6
5	100	78,8	78,7	21,4	21,4	12,9	8,5
Promedio	100	43,9	43,9	56,2	56,2	37,0	19,1

Tabla IV - Peso en gamos (g) y porcentaje (%) de sub-muestra de sedimento tamizado, proveniente de dos estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Colclinker S. A., periodo de baja salinidad, noviembre de 1990, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Estaciones	Sub-muestra Peso (g)	Peso Fracción Tamizada (< 56 $\mu$ )		Peso Fracción Tamizada (>56 $\mu$ )		Meiobentos (< 1000 $\mu$ - 56 $\mu$ )	Macrobentos (> 1000 $\mu$ )
		g	%	g	%	g	g
6	100	90,0	90	10,0	10,0	7,5	2,5
7	100	94,7	94,7	5,3	5,3	4,9	0,4
Promedio	--	92,4	92,4	7,7	7,7	6,2	1,5

Tabla V - Peso en gamos (g) y porcentaje (%) de sub-muestra de sedimento tamizado, proveniente de cinco estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Astivik S.A., periodo de alta salinidad, marzo de 1991, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Estaciones	Sub-muestra peso (g)	Peso fracción tamizada (< 56 $\mu$ )		Peso Fracción Tamizada (>56 $\mu$ )		Meiobentos (1000 - 56 $\mu$ )	Macrobentos (> 1000 $\mu$ )
		g	%	g	%	g	g
1	100	76,7	76,7	23,4	23,4	17,7	5,7
2	100	49,2	49,2	50,8	50,8	45,4	5,4
3	100	41,4	41,4	58,6	58,6	37,1	21,5
4	100	76,1	76,1	23,9	23,9	9,0	14,9
5	100	82,0	82,0	18,0	18,0	14,9	3,1
Promedio	100	65,1	65,1	34,9	34,9	24,8	10,1

Tabla VI - Peso en gamos (g) y porcentaje (%) de sub-muestra de sedimento tamizado, proveniente de dos estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Colclinker S.A. periodo de alta salinidad, marzo de 1991, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Estaciones	Sub-muestra peso (g)	Peso Fracción Tamizada (< 56µ)		Peso Fracción Tamizada (>56 µ)		Meiobentos (1000- 56 µ)	Macrobentos (> 1000 µ)
		g	%	g	%	g	g
6	100	92,9	92,89	7,1	7,1	6,6	0,6
7	100	96,4	96,35	3,7	3,7	2,7	0,9
Promedio	100	96,4	94,67	5,4	5,4	4,6	0,8

## Composición del Meiobentos

Dentre las cinco estaciones analizadas durante el periodo de baja salinidad en el sector de influencia costera de Astivick, la estación 4 registró el valor promedio más alto en los rangos de abertura de malla con 62.6 g, seguido de la estación 2, con 52.4 g. El menor valor lo presento la estación 5, con 12,9 g de fracción tamizada (Tabla VII).

Durante el mismo periodo de salinidad, el promedio más alto lo presento el rango de abertura de malla: 1000µ-250µ, con 18,9 g. Los valores promedio obtenidas en los rangos de abertura de malla: 250µ-125µ y 125µ-56µ, registraron valores similares entre sí pero más bajos respecto al rango anterior, con 9.9 g y 8,3 g respectivamente. La suma general de los promedios de los rangos de abertura de malla utilizados en las cinco estaciones correspondió al valor de 37.1 g (Tabla VII).

Para el sector de influencia costera de la empresa Colclinker, durante el periodo de baja salinidad las dos

Tabla VII - Peso en gramos (g) y porcentaje (%) por rango de abertura de malla de la fracción tamizada del sustrato meiobentónico, proveniente de cinco estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Astivik periodo de baja salinidad, noviembre de 1990, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Rango de abertura de malla (µ)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Promedio	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
< 1000 - 250	7,3	36,4	28,4	54,2	24,4	65,6	31,6	50,4	2,5	19,7	18,9	50,8
250 - 125	4,4	21,8	15,0	28,6	7,8	21,0	18,7	29,9	3,8	29,5	9,9	26,8
125 - 56	8,4	41,7	9,0	17,2	5,0	13,4	12,2	19,6	6,6	51,2	8,3	22,5
Sumatoria	20,1	100	52,4	100	37,2	100	62,6	100	12,9	100	37,1	100

Tabla IX - Peso en gramos (g) y porcentaje (%) por rango de abertura de malla de la fracción tamizada del sustrato meiobentónico, proveniente de cinco estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Astivik S.A., periodo de alta salinidad, marzo de 1990, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Rango de abertura de malla (µ)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Promedio	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
< 1000 - 250	3,8	21,4	16,4	36,0	18,1	48,7	6,3	70,4	6,6	44,2	10,2	41,2
250 - 125	5,4	30,3	13,5	29,8	10,3	27,7	1,6	17,7	2,7	18,3	6,7	27,0
125 - 56	8,5	48,2	15,5	34,2	8,7	23,6	1,1	11,9	5,6	37,4	7,9	31,9

estaciones analizadas registraron los siguientes promedios: 7.5 g, para la estación 6, y 4,9 g, para la estación 7, constituyéndose en los promedios más bajos de todo el periodo, respecto al sector costero de influencia de la empresa Astivik. En el mismo periodo de salinidad, el promedio mas alto lo registro el rango de abertura de malla, 125 - 56 µ con 3.3 g, seguido por los valores

registrados en los rangos de abertura de malla: 1000 µ - 250 µ y 250 µ - 125 µ, con 1,3 g y 1.7 g respectivamente. La suma general de los promedios de los rangos de abertura de malla utilizados en las dos estaciones correspondió al valor de 6.2 g (Tabla VIII).

Tabla VIII - Peso en gramos (g) y porcentaje (%) por el rango de abertura de malla de la fracción tamizada del sustrato meiobentónico, proveniente de dos estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Colclinker S.A. periodo de baja salinidad, noviembre de 1990, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Rango de abertura de malla (µ)	Estación 6		Estación 7		Promedio	
	g	%	g	%	g	%
< 1000 - 250	1,7	22,7	0,9	18,4	1,3	21,0
250 - 125	1,8	24,0	1,5	30,6	1,7	26,6
125 - 56	4,0	53,3	2,5	51,0	3,3	52,4
Sumatoria	7,5	100	4,9	100	6,2	100

La analisis durante el periodo de alta salinidad en el sector de influencia costera de Astivik muestra que la estación 2, registro el valor promedio más alto

con 45.4 g, seguido muy de cerca de la estación 3, con 37.1 g. El menor valor registrado lo presento la estación 4, con 9.0 g de fracción tamizada. Durante el mismo periodo, el promedio más alto correspondió al rango: 1000µ - 250µ, con 10.2 g y los valores promedios en los rangos de malla: 250 µ - 125 µ y 125 µ - 56 µ fueron similares pero más bajos respecto al rango anterior con 6.7 g y 7.9 g, respectivamente. La suma general de los promedios de los rangos de abertura de malla utilizados en las cinco estaciones correspondió al valor de 24.8 g (Tabla IX).

Para el sector de influencia de Colclinker, los valores promedios fueron 6.6 g, para la estación 6, y 2.7 g, para la estación 7, los mas bajos durante este periodo, en el sector de influencia de Astivik. En el este sector de influencia de Colclinker, el promedio más alto lo registro el rango de abertura de malla 125 $\mu$ -56 $\mu$ , con 2.5 g, seguido por los valores promedio correspondientes a los rangos de abertura de malla 1000  $\mu$ -250  $\mu$  y 250 $\mu$ -125  $\mu$ , con 0.9 g y 1.3 g respectivamente. La suma general de los promedios de los rangos de abertura de malla utilizados en las dos estaciones correspondió a 4.6 g. Se pudo observar que estos valores promedio fueron significativamente inferiores a los registrados en los sectores costeros de influencia como de todo el periodo de estudio (Tabla X).

### Abundancia Relativa de los Componentes Registrados

En el desarrollo de este trabajo, se registraron 10 grupos de organismos: foraminíferos con 43

Tabla X - Peso en gramos (g) y porcentaje (%) por rango de abertura de malla de la fracción tamizada del sustrato meiobentónico, proveniente de dos estaciones ubicadas en el sector costero adyacente a Colclinker S.A., periodo de alta salinidad, marzo de 1990, en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Rangos de Abertura de Malla ( $\mu$ )	Estación 6		Estación 7		Promedio	
	g	%	g	%	g	%
< 1000 - 250	0,9	13,3	0,9	33,9	0,9	19,4
250 - 125	1,8	27,6	0,8	27,4	1,3	27,8
125 - 56	3,9	59,1	1,1	38,7	2,5	53,6
Sumatoria	6,6	100	2,7	100	4,6	100

componentes, ostrácodos (5), diatomeas pennales (11), diatomeas centrales (2), copépodos (1), nemátodos (1), bivalvos (7), escafópodos (2), gasterópodos (9) e larvas de poliquetos (1), que conformaron 84 especímenes. Los grupos de bivalvos, escafópodos, gasterópodos, y crustáceos (*Balanus* sp.), correspondieron al macrobentos, con tamaños superiores a 1000  $\mu$ . Es importante señalar que para este sustrato macrobentónico no hubo registro de organismos vivos (Tabla XI).

Tabla XI - Composición cualitativa del meiobentos en las estaciones estudiadas en los dos sectores de influencia costera analizados durante el periodo de baja y alta salinidad, en la Bahía de Cartagena.

N	Categorías	Sector Costero			
		Sector Astivik S. A.		Sector Colclinker S. A.	
		Baja Salinidad	Alta Salinidad	Baja Salinidad	Alta Salinidad
	Foraminíferos				
1	<i>Albulina uniuersa</i>	-	-	x	-
2	<i>Ammonia beccarii</i>	x	x	x	x
3	<i>Ammonia</i> sp.	x	x	x	x
4	<i>Archaias angulatus</i>	x	-	-	-
5	<i>Articulina alticostata</i>	-	x	-	-
6	<i>Articulina</i> sp.1	-	x	-	-
7	<i>Articulina</i> sp.2	x	-	-	-
8	<i>Asterigerina</i> sp.	-	x	-	-
9	<i>Biloculinella</i> sp.	x	-	-	-
10	<i>Bolivina</i> sp.	x	x	x	x
11	<i>Bolivinita</i> sp.	x	x	-	-
12	<i>B. caribea</i>	-	x	-	-
13	<i>Buliminella</i> sp.	x	-	-	-
14	<i>Cancris</i> sp.	-	x	-	-
15	<i>Cibicides</i> sp.	x	x	-	-
16	<i>Criboelphidium</i> sp.	x	x	-	-
17	<i>Cyclogyra</i> sp.	x	x	-	-
18	<i>C. atlantica</i>	-	x	-	-
19	<i>Discorbis</i> sp.	x	x	-	-
20	<i>Edentostomina</i> sp.	x	-	-	-
21	<i>Elphidium</i> sp.	x	x	x	x
22	<i>Florilus sloani</i>	-	x	-	-
23	<i>Florilus</i> sp.	x	x	-	-
24	<i>Glabratella</i> sp.	-	x	-	-
25	<i>G. minuta</i>	-	x	-	-
26	<i>Lagena oceanica</i>	-	-	-	x
27	<i>Massilina</i> sp.	-	x	-	-
28	<i>Miliolinella</i> sp.	x	x	-	-
29	<i>Mychostomina</i> sp.	x	x	-	-
30	<i>Neoconorbina</i> sp.	x	x	-	-
31	<i>Nonionella</i> sp.	-	x	-	-
32	<i>Palmerinella</i> sp.	x	-	-	-
33	<i>Paterois</i> sp.	-	x	-	-
34	<i>Peneroplis proteus</i>	x	x	-	-
35	<i>Peneroplis</i> sp.	-	x	-	-

36	<i>Quinqueloculina</i> sp.	x	x	x	x
37	<i>Rosalina</i> sp.	x	x	-	-
38	<i>Scutularis</i> sp.	x	-	-	-
39	<i>Textularia</i> sp.	-	x	-	-
40	<i>S. pseudodiscooides</i>	x	-	-	-
41	<i>Spirillina</i> sp.	x	-	-	-
42	<i>Spiroloculina</i> sp.	x	x	-	-
43	<i>Triloculina</i> sp.	x	x	-	-
Bivalvos					
1	<i>A. brasiliana</i>	x	x	x	x
2	<i>Chione cancellata</i>	x	-	x	x
3	<i>Laevicardium pictum</i>	-	x	-	-
4	<i>Lucina muricata</i>	-	-	x	x
5	<i>Phacoides pectinatus</i>	x	-	-	-
6	<i>Tagelus plebeius</i>	x	-	x	-
7	<i>T. muricatum</i>	x	x	-	-
Escafópodos					
1	<i>Cadulus</i> sp.	-	-	x	x
2	<i>Dentalium</i> sp.	-	-	x	x
Gastrópodos					
1	<i>Bulla striata</i>	x	-	-	-
2	<i>Caecum</i> sp.	-	x	-	-
3	<i>Cerithium eburneum</i>	x	x	-	-
4	<i>Cerithium atratum</i>	-	x	-	-
5	<i>Cylichna</i> sp.	-	-	x	x
6	<i>Diodora</i> sp.	-	x	-	-
7	<i>Limasina</i> sp.	x	-	-	-
8	<i>Turritella exoleta</i>	x	x	-	-
9	<i>Vernicularia</i> sp.	-	x	-	-
Ostrácodos					
1	Conchodecidae	x	x	-	-
2	<i>Loxocorniculum</i> sp.	-	-	x	x
3	<i>Loxoconcha</i> sp.	-	-	x	x
4	<i>Reussicythere</i> sp.	-	-	x	x
5	<i>Xestolebris</i> sp.	-	-	x	x
Diatomeas Pennales					
1	<i>Amphora</i> sp.	-	x	-	x
2	<i>Pleurosigma</i> sp.	x	x	x	x
3	<i>Stauroneis</i> sp.	x	x	-	-
4	<i>Navicula</i> sp.	x	x	x	x
5	<i>Gyrosigma</i> sp.	x	x	x	x
6	<i>Nitzschia</i> sp.	x	x	x	x
7	<i>Synedra</i> sp.	x	x	-	-
8	<i>Amphypora</i> sp.	x	x	-	-
9	<i>Pinnularia</i> sp.	x	x	-	-
10	<i>Cocconeis</i> sp.	-	x	-	-
11	<i>Diploneis</i> sp.	-	x	-	-
Diatomeas Centrales					
1	<i>Coccinodiscus</i> sp.	x	x	x	x
2	<i>Surirella</i> sp.	-	x	-	-
Crustáceos					
1	<i>Balanus</i> sp	-	x	-	-
2	Copépodos	x	-	-	-
Nemátodos					
		x	x	x	x

Para el sector de influencia de Astivik, durante el periodo de baja salinidad los promedios porcentuales de los microorganismos y microalgas del meiobentos presentaron niveles porcentuales promedio significativamente bajos o ausentes. Dichos niveles de aparición variaron entre 3.7 (%) para las diatomeas pennales y para las diatomeas centrales 0.06 (%). Los foraminíferos registraron el 1.94 (%), los ostrácodos 0.1 (%) y los micromoluscos registraron 0.09%. Hubo ausencia de nematodos y poliquetos en este periodo de estudio. En el sector costero de influencia de Colklinker, no hubo mucha diferencia respecto a

las proporciones reconocidas en el sector costero de Astivik, durante el mismo periodo de baja salinidad. Las diatomeas registraron un nivel porcentual cercano pero menor al sector anterior. Los diatomeas pennales registraron un valor porcentual de 2.49 (%), las diatomeas centrales con 0.12 (%). Los microorganismos: foraminíferos, ostrácodos y micromoluscos, no obstante, tener los porcentajes de aparición más bajos respecto al sector del astillero, hubo presencia de nemátodos y poliquetos, los cuales estuvieron ausentes en el sector del astillero para el mismo periodo. En ambos casos hubo ausencia de cianófitas (Tabla XII).

Los detritos y las partículas inorgánicas, registraron los niveles porcentuales más altos durante todo el periodo de estudio en los dos sectores analizados. En el caso de Astivik, los detritos y partículas inorgánicas, presentaron durante el periodo de baja salinidad, niveles porcentuales muy similares: 44,96% y 49,15% respectivamente. Para el mismo periodo en el muelle carbonero de Colclinker, los detritos incrementaron su valor porcentual respecto al otro sector con 51,66%. De manera contraria las partículas inorgánicas registraron niveles porcentuales inferiores con 45,09% (Tabla XII).

Durante el periodo de alta salinidad, hubo un ligero incremento en los niveles porcentuales de aparición, en las diatomeas pennales y centrales con 4,42 (%) y 0,38 (%), respectivamente. Los foraminíferos incrementaron su porcentaje promedio de aparición respecto al periodo de baja salinidad, no obstante presentar un nivel porcentual bajo con 2,16

(%). Los ostrácodos y los micromoluscos registraron uno de los niveles porcentual bajos de todo el periodo de estudio, pero semejantes al periodo de baja salinidad con 0,07% y 0,04 (%) respectivamente. Por primera vez se registraron en este sector valores porcentuales bajos de nematodos con 0,01 (%). Las algas cianofíceas solo se registraron en la estación 5, con un nivel porcentual de 0,01 (%). Para el mismo periodo, en el sector de influencia de Colclinker, las diatomeas pennales registraron una disminución importante respecto al otro sector costero, con 1,84 (%). Las diatomeas centrales presentaron un ligero aumento con 0,59 (%). Los foraminíferos tuvieron una disminución importante con 0,73%. Los ostrácodos permanecieron relativamente constante con 0,01%, y los micromoluscos aumentaron su nivel con 0,18%. Los ostrácodos y los nematodos registraron niveles porcentuales bajos de aparición con 0,2% y 0,17%, respectivamente (Tabla XIII).

Tabla XII - Composición porcentual y abundancia relativa promedio de los componentes del meioENTOS provenientes de los sectores costeros adyacentes a Astivik S.A. y Colclinker S.A. durante el periodo de baja salinidad, con rango de tamizado entre >1000  $\mu$  - 56  $\mu$ , en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Componente MeioBentónico	Sector Astivik S. A.					Promedio	Sector Colclinker S. A.		Promedio
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5		Estación 6	Estación 7	
Detritos	68,78	51,83	33,58	39,07	31,52	44,96	58,35	44,97	51,66
Partículas inorgánicas	30,89	31,84	60,48	58,96	63,59	49,15	36,92	53,25	45,09
Foraminíferos	0,02	3,43	2,57	1,19	2,50	1,94	0,35	0,72	0,54
Ostrácodos	0,01	0,17	0,12	0,08	0,14	0,10	0,02	0,08	0,05
Micromoluscos	0,30	0,00	0,07	0,03	0,04	0,09	0,09	0,16	0,13
Diatomeas Pennales	0,00	12,54	3,18	0,66	2,10	3,70	3,90	1,08	2,49
Diatomeas Centrales	0,00	0,19	0,00	0,02	0,11	0,06	0,21	0,03	0,12
Nematodos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03
Poliquetos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,22	0,17
Cianófitas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla XIII - Composición porcentual y abundancia relativa promedio de los componentes del meioENTOS en sectores costeros adyacentes a Astivik S.A. y Colclinker S.A. durante el periodo de alta salinidad, con rango de tamizado entre >1000  $\mu$  - 56  $\mu$ , en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Componente MeioBentónico	Sector de Astivik S. A.					Promedio	Sector Colclinker S. A.		Promedio
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5		Estación 6	Estación 7	
Detritos	75,50	59,64	53,73	55,21	62,22	61,26	55,01	77,91	66,46
Part. Inorgánicas	19,89	29,83	39,20	40,90	28,54	31,67	41,82	18,67	30,25
Foraminíferos	1,38	2,23	3,60	1,46	2,11	2,16	0,81	0,65	0,73
Ostrácodos	0,03	0,02	0,09	0,11	0,08	0,07	0,11	0,08	0,10
Micromoluscos	0,08	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04	0,22	0,14	0,18
Diatomeas Pennales	2,85	8,10	3,19	2,24	5,73	4,42	1,48	2,19	1,84
Diatomeas Centrales	0,27	0,15	0,10	0,07	1,29	0,38	1,13	0,04	0,59
Nematodos	0,00	0,00	0,04	0,01	0,02	0,01	0,22	0,18	0,20
Poliquetos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,14	0,17
Cianófitas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Sumatoria	100	100	100	100	100	100	101	100	100

Es importante anotar que para este periodo de alta salinidad en los dos sectores de influencia no se registraron diferencias importantes en la composición porcentual promedio de los detritos y de las partículas inorgánicas. En el sector de influencia de Astivik, los detritos presentaron un incremento significativo con 61.26 (%) en relación al periodo de baja salinidad; sin embargo, las partículas inorgánicas presentaron un comportamiento contrario al registrar una disminución importante en sus valores porcentuales con 31, 67 (%), respecto al periodo de baja salinidad. Para el periodo de alta salinidad, en el sector de Colclinker los detritos registraron los niveles porcentuales promedios mas altos, con 66.46 (%), no solo para el mismo periodo de salinidad, sino también respecto a los valores porcentuales registrados en los mismos sectores durante el periodo de baja salinidad. El nivel porcentual de las partículas inorgánicas, con 30.25 (%), presentó un valor porcentual similar al otro sector costero de estudio el mismo periodo, pero inferior a los registrados en los mismos sectores durante el otro periodo de salinidad (Tabla XIII).

Es de importancia mencionar que, al ser analizadas las partículas inorgánicas en este sector costero de influencia, este componente contenía un 55% de partículas de carbón, en el estrato meiobentónico, respecto a las demás partículas inorgánicas analizadas. La interacción de este mineral seguramente podría explicar el bajo nivel de biocenosis del meiobentos, respecto al otro sector de estudio. Por tanto, lo descrito anteriormente podría estar incidiendo de manera significativa en la alta mortalidad y por consiguiente en la poca variedad y cantidad de microorganismos en esta área de estudio.

### Aspectos Cualitativos del Meiobentos

Las categorías *foraminíferos*, *ostrácodos*, *diatomeas pennales* y *centrales*, *copépodos* y *nematodos* conformaron la fracción meiobentónica, cuyo rango de tamizado fue de 1000  $\mu$  – 56  $\mu$ . Los foraminíferos fueron los microorganismos de mayor relevancia ecológica, dada su mayor frecuencia de aparición y sobrevivencia respecto a las otras categorías mencionadas. Presentaron un comportamiento similar en frecuencia de aparición durante los periodos de salinidad analizados, en el sector de costero de influencia Astivik; en baja salinidad 27 especímenes y 32 en alta salinidad.

Cabe destacar que en el rango meiobentónico en 1000 - 250  $\mu$ , no hubo registros de especímenes vivos de foraminíferos. Sin embargo para los rangos 250 – 125  $\mu$  y 125 – 56  $\mu$ , hubo registros de vivos entre

el 5% y 10% de esta categoría. Este nivel tan bajo de sobrevivencia podría ser explicado por la influencia de tensores ambientales característicos de esta zona industrial con efluentes que varían entre: materia orgánica, productos químicos, hidrocarburos, abonos, entre otros, provenientes de 100 industrias aproximadamente, incluyendo los propios de las empresas estudiadas (Garay, 1983)

En las estaciones 1 a 5 de Astivik, hubo predominio del genero *Quiqueloculina* sp., tanto en frecuencia de aparición como en variedad específica durante la época de baja salinidad, seguido del genero *Ammonia* sp., con varias especies. Durante el periodo de alta salinidad predomino *Elphidium* sp., sustituyendo el nivel de dominancia de *Quiqueloculina* sp. Se registra la presencia del micromolusco *Limasina* sp, durante el periodo de baja salinidad.

Los foraminíferos, en el sector de influencia de Colclinker, presentaron una reducción importante, tanto en la frecuencia de aparición como en la variabilidad específica respecto al otro sector costero de estudio. Se registraron 6 especímenes para el periodo de baja salinidad y 7 especímenes para el periodo de alta salinidad. Se determino una reducción en cinco veces los niveles de aparición de especímenes en esta categoría, respecto al valorado en el sector de Astivik (Tabla XIV).

De manera similar al de estudio de Colclinker, cabe destacar la similitud de comportamiento en la presencia y dominancia del foraminífero, *Quiqueloculina* sp. con varias especies durante la época de baja salinidad, cuya dominancia fue superada ligeramente por el genero *Elphidium* sp. durante el periodo de alta salinidad. Se debe mencionar que solo se encontró un espécimen *Albulina universa*, en los dos periodos de salinidad. Lo expuesto anteriormente nos indica muy probablemente la influencia de tensores por los efluentes industriales, con relación a la presencia o ausencia de organismos registrados, como también las variaciones de salinidad como consecuencia de los aportes fluviales del Canal de Dique en la Bahía de Cartagena.

### Aspectos Cuantitativos del Meiobentos

La composición porcentual de los componentes del meiobentos presentaron valores proporcionales similares en su composición por grupo de especies, durante el periodo de estudio (Tablas XII y XIII). Sin embargo, las fracciones tamizadas (g) del meiobentos registró diferencias estadísticas significativas entre si: durante el periodo de baja salinidad, la fracción promedio tamizada

de meiobentos para Astivik, superó en 7 veces la fracción registrada en Colclinker; de la misma forma fue superada en 5 veces para el periodo de alta salinidad. En los análisis estadísticos realizados de homogeneidad de varianza y comparación de promedios (ANOVA), no se registraron diferencias estadísticas significativas, con un nivel de confianza de (95%), en su composición y abundancia relativa de los componentes registrados, entre las estaciones analizadas para cada sector costero de influencia, en los periodos de baja y alta salinidad (Tablas XIV). No obstante, hubo diferencias estadísticas significativas cuando se comparó la composición del número de partículas obtenidas en las fracciones tamizadas, de los sectores de influencia entre si. Lo anterior podría indicar que la influencia en la dinámica y estructura poblacional del meiobentos esta determinada más por los vertimientos de los sectores industriales que por el ciclo de salinidad en la Bahía de Cartagena (Tabla XV).

Las inferencias anteriores fueron confirmadas a través de la aplicación del índice de similaridad de Bray-Curtis, en la comparación de los sectores de

estudio al registrar un índice de similaridad bajo, del 10%, aproximadamente, en lo referente a la fracción tamizada de meiobentos (Figura 3).

De modo contrario se pudo constatar un índice de similaridad alto cuando se analizaron los valores proporcionales de los componentes del meiobentos entre los dos sectores, al presentar valores del índice superiores al 93%, lo cual confirma los análisis estadísticos mencionados anteriormente (Figura 4).

Respecto al análisis de similaridad entre las estaciones, se registro un diferencia marcada no solo en los análisis estadísticos sino también por los valores tan bajos del índice de similaridad entre los sectores costeros de influencia. Se pudo establecer un comportamiento similar entre las estaciones 6 y 7 en Colclinker con el 70%, pero alejadas de las 5 estaciones de Astivik con el 34% de índice evaluado (Figura 4). El comportamiento anterior confirma el análisis cualitativo al registrar una reducción en cinco veces el número de aparición de especies de foraminíferos en este sector costero respecto al valor en el sector costero de Astivik (Tabla XIV).

Tabla XIV - Análisis estadísticos para los valores promedios de los componentes registrados en los rangos de abertura de malla evaluados, entre los periodos de baja y alta salinidad, en los sectores de influencia de Astivik S.A. y Colclinker S.A., en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Rangos de Abertura de Malla ( $\mu$ )	Astivik S. A				Test de Bartlett ( $\chi^2$ )		Análisis de Varianza (F)	
	Promedios - Baja Salinidad		Promedios - Alta Salinidad		Significancia (95%)			
	g	Partículas	g	Partículas	Calculado	Critico	Calculado	Critico
< 1000 - 250	18,86	11813	10,23	6375	0,667	3,84	0,262	7,71
250 - 125	9,94	1856	6,70	1256				
125 - 56	8,34	751	7,89	715				
Sumatoria	37,14	14420	24,82	8346	Homogeneidad		Homoscedasticidad	
Rangos de Abertura de Malla	Colclinker S. A.				Test de Bartlett ( $\chi^2$ )		Análisis de Varianza (F)	
	g	Partículas	g	Partículas	Calculado	Critico	Calculado	Critico
< 1000 $\mu$ - 250 $\mu$	1,3	406	0,9	281	0,288	3,84	0,437	7,71
250 $\mu$ - 125 $\mu$	1,7	159	1,3	122				
125 $\mu$ - 56 $\mu$	3,3	149	2,5	113				
	6,2	714	4,7	516	Homogeneidad		Homoscedasticidad	

Tabla XV - Análisis estadístico entre los valores promedios generales registrados en los sectores costeros de influencia estudiados durante el periodo de estudio en la Bahía de Cartagena, Colombia.

Rangos de Abertura de Malla ( $\mu$ )	Promedios Periodo de Estudio				Test de Bartlett ( $\chi^2$ )	
	Astivik S. A		Colclinker S. A.		Significancia de 95%)	
	g	Partículas	g	Partículas	Calculado	Critico
< 1000 - 250	14,5	9093,8	1,1	343,8	9,455	3,84
250 - 125	8,3	1556,3	1,5	140,6		
125 - 56	8,1	733,1	2,9	131,2		
					Heteroscedasticidad	

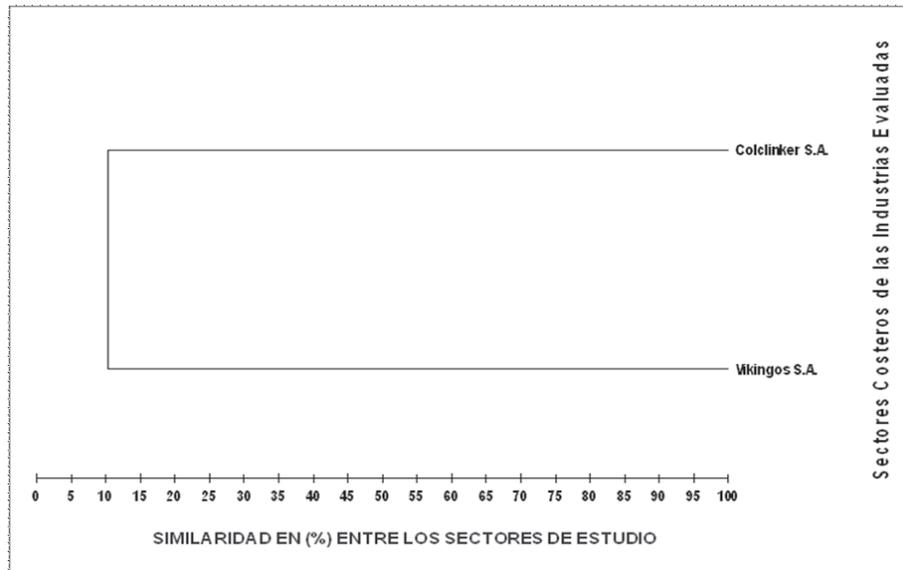


Figura 3 - Índice de similaridad entre los sectores costeros de influencia de los Astilleros de Vikingos S.A. y Colclinker S.A. en la Zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena, Colombia.

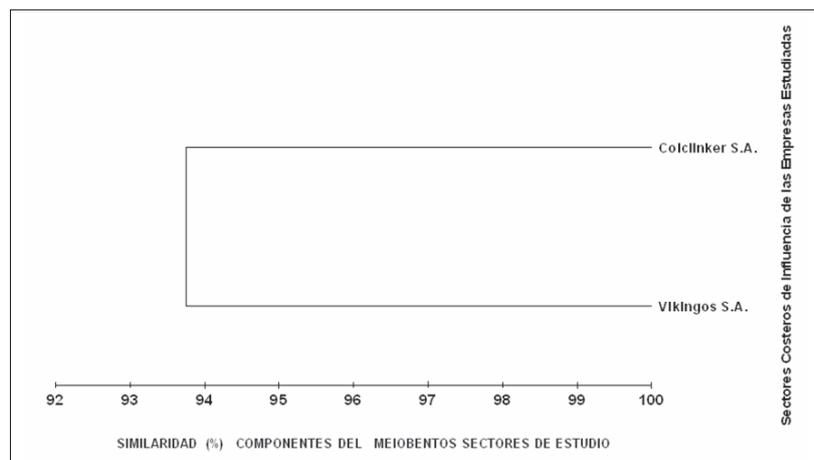


Figura 4 - Índice de similaridad de la abundancia relativa registrada en el meiobentos en los sectores costeros de influencia de los Astilleros de Vikingos S.A. y Colclinker S.A. en la Zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena, Colombia.

Las estaciones correspondientes a Astivik se agruparon en un índice general de similaridad del 60%, pero se registraron afinidades parciales entre las 5 estaciones correspondientes, donde las estaciones 2, 1 y 5 se agrupan en una proporción del 85%, al registrar un comportamiento de mayor afinidad entre las estaciones 3 y 4 ubicadas en cercanía a la costa con más del 95% de índice de similaridad. Esta condición se explica seguramente por la ubicación de las estaciones respecto a la influencia del muelle o las ubicadas en cercanías a la costa. Las estaciones 1 y 2, ubicadas en la zona de influencia directa de los muelles, presentaron un comportamiento similar a la estación 5 ubicada en la dársena del Astivik. Ésta presenta una alta frecuencia de entradas,

desembarcos y salidas de embarcaciones, a diferencia de las estaciones 3 y 4 que estarían más relacionadas con la cercanía a la costa (Figura 5)

La abundancia relativa de las especies registradas presentaron un comportamiento similar entre los grupos relacionados con los Detritos y las Partículas Inorgánicas al registrar un índice de similaridad superior al 81%, seguido de los nemátodos, poliquetos y micromoluscos con 76% aproximadamente. Otro comportamiento similar fue el de los foraminíferos y las diatomeas pennales con 63.4% aunque las diatomeas centrales se alejaron de los grupos mencionados con el 36.4%, aproximadamente. Las algas cianófitas presentaron por su parte los índices más bajos con menos del

3% de similitud respecto a todos los grupos de especies estudiados (Figura 6).

Este comportamiento muy probablemente está relacionado con: (1) diferencia de tiempo entre muestreos, al realizarse con un espacio muestral de tres meses, (2) la influencia del muelle carbonífero que aporta un alto número de partículas de carbón, las cuales compiten con la dinámica del meiobentos, y (3) no hubo otros criterios de comparación al efectuar estudios incluyendo otros períodos de máxima influencia del Canal del Dique sobre la Bahía de Cartagena, máximas precipitaciones y/o transiciones las cuales eventualmente inciden en los factores físico-químicos del medio y estos a su vez en los resultados biológicos encontrados.

## DISCUSIÓN

Dadas las características físicas de los fondos blandos, los métodos tradicionales de análisis, directos: volumétricos o gravimétricos, del sustrato meiobentónico, no permiten una evaluación confiable de sus componentes biológicos, tanto en su cualificación como en su cuantificación, por el alto contenido de limos, arcillas y arenas finas que se adhieren a los componentes biológicos y forman conglomerados. (Walton, 1952; Stirn, 1981; Boltovskoy, 1981; Osorio-Dualiby, 1985).

Una evaluación volumétrica o gravimétrica directa en este sustrato dificulta una evaluación estructural de los microorganismos y partículas que

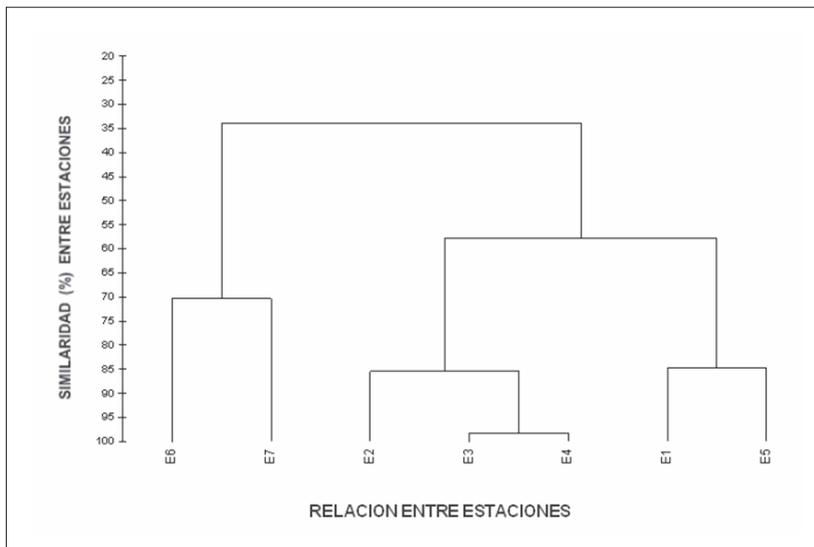
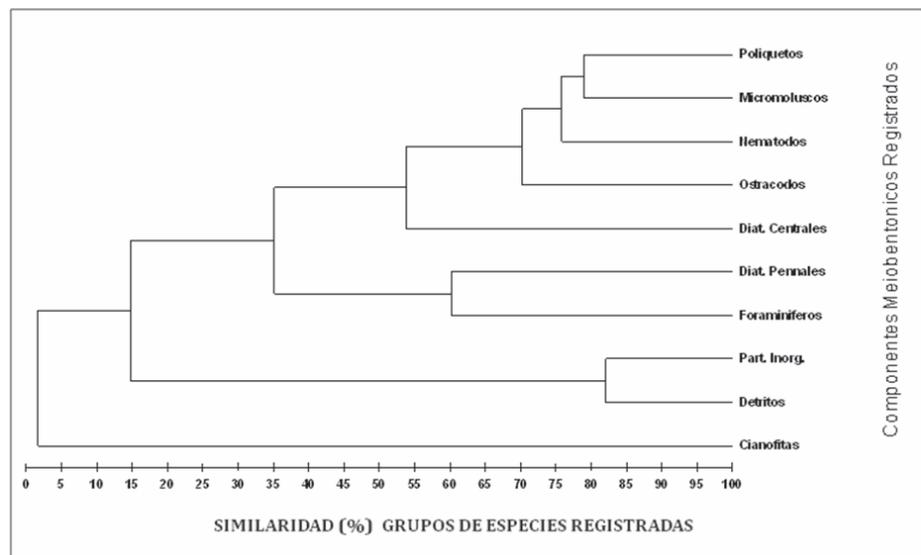


Figura 5 - Índice de similitud entre las estaciones localizadas en los sectores costeros de influencia de los Astilleros de Vikingos S.A. y Colclinker S.A. en la Zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena, Colombia.

Figura 6 - Índice de similitud entre los grupos de especies registradas en los sectores costeros de influencia de las industrias Astilleros de Vikingos S.A. y Colclinker S.A. en la Zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena, Colombia.



lo integran, dado el alto contenido de macropartículas de sedimento que lo complementan, como arenas finas, limos y arcillas y aunado a lo anterior se presenta la dificultad de remoción de estos sedimentos. El análisis en peso seco es mucho más dispendioso. Además de presentar los inconvenientes antes mencionados, se generan fracturas de los elementos constitutivos, por la compactación en los procesos de deshidratación y manipulación de las sub-muestras. Esta condición obstaculiza la evaluación cualitativa y cuantitativa de sus componentes lo que dificulta la identificación a nivel de especies e inclusive de géneros (Osorio-Dualiby, 1985; Alcolado, 1990)

El método se puede considerar como una opción alternativa a los métodos descritos, pero complementario en el proceso de evaluación de este tipo de sustratos, ya que ajusta y estandariza los procesos de evaluación antes mencionados. Desde su inicio se procede a una limpieza y lavado cuidadoso de la sub-muestra sin alterar la composición, a través de una columna de tamices con aberturas de malla de 56  $\mu$  y 1000  $\mu$ . Este proceso garantiza la eliminación de las fracciones con diámetros de partículas inferiores a la abertura de malla de 56  $\mu$  correspondiente a lodos, arcillas y arenas finas y microbentos, como también a los componentes macrobentónicos, tamaños superiores a 1000  $\mu$ . Este procedimiento permite posteriormente la manipulación, identificación y la aplicación de cualquier método de cualificación y cuantificación.

En las estaciones 1 a 5 del área de influencia del Astivik, el porcentaje de detritos aumentó de 44.96% en el período de baja salinidad a 61.26% en la alta salinidad. En las partículas inorgánicas se presentó una situación inversa, al registrar el 49.15% y 31.67% en periodos de baja y alta salinidad, respectivamente. En las estaciones 6 y 7, del área de influencia Colclinker, el porcentaje de detritos aumento de 51.66% en el período de baja salinidad, a 66.46% en alta salinidad, y para las partículas inorgánicas un valor de 45.08% en baja salinidad y el 30.24% en alta salinidad (agosto).

No obstante registrar niveles porcentuales altos de detritos y partículas inorgánicas, estos son muy similares a los registrados en los contenidos estomacales de especies de la familia Mugilidae. Se asume esta condición en este trabajo como criterio comparativo, dado que estas especies son organismos detritívoros considerados como muestreadores naturales del estrato iliotrófico (Osorio-Dualiby, 1988).

Los microorganismos encontrados registraron niveles porcentuales muy similares para las estaciones ubicadas en el área de influencia de Astivik, como en el área de influencia de Colclinker durante los periodos

de baja y alta salinidad. Estos valores proporcionales no son coincidentes con lo informado en otras investigaciones realizadas por Odum & Heald (1972) y Osorio-Dualiby (1985), en el sentido de que se registrarán incrementos en la variedad y cantidad de oferta viva por microorganismos durante el periodo de baja salinidad. El incremento en la variación de microorganismos se relaciona a sistemas naturales estuarinos y no "artificiales". como es el caso de la Bahía de Cartagena (Osorio-Dualiby, 1989)

La Bahía de Cartagena inicialmente era un ecosistema marino costero, confirmado por la presencia de registros de algas calcáreas del genero *Alimeda* sp., pero fue transformada en un sistema estuarino, como consecuencia de aportes importantes de agua dulce por la construcción del Canal de Dique, en la época de la Colonia en 1650. Adicionalmente, existen aportes de contaminantes al sistema por más de 100 industrias ubicadas en la Zona Industrial de Mamonal (Osorio-Dualiby, 1989).

Este trabajo es coincidente con los resultados de Parada & Pinto (1985), donde señalan como indicadores de medioambientes de estuarios, manglares, ciénagas en zonas de mareas y sublitoral los géneros de foraminíferos *Ammonia* sp. y *Elphidium* sp. como elementos dominantes durante todo el periodo de estudio.

## CONCLUSIONES

Las fracciones tamizadas del meiobentos en cada sector de costero estudiado por periodo de salinidad registró diferencias estadísticas significativas entre si. Durante el periodo de baja salinidad, la fracción promedio tamizada de meiobentos para Astivik, supero en 7 veces la fracción registrada en Colclinker. De la misma forma fue superada en 5 veces para el periodo de alta salinidad.

Al ser analizadas las partículas inorgánicas en la zona costera de influencia de la empresa carbonífera Colclinker, en los periodos de baja y alta salinidad, este componente contenía un 55% de partículas de carbón, en el estrato meiobentónico, respecto a las demás partículas inorgánicas analizadas. La interacción de este mineral seguramente podría explicar el bajo nivel de biocenosis del meiobentos, respecto al otro sector de estudio. Por tanto, lo descrito anteriormente, podría estar incidiendo de manera importante en la alta mortalidad y por consiguiente en la poca variedad y cantidad de microorganismos en esta área de estudio.

La variedad específica de foraminíferos, en el sector de influencia de Astivik, presentaron un comportamiento similar respecto a la variación y

frecuencia de aparición. Durante el periodo de baja salinidad se registraron 27 especímenes y durante el periodo de alta salinidad y 32 especímenes.

En el sector de influencia de Colclinker, se presentó una reducción importante, tanto en la frecuencia de aparición como en la variabilidad específica respecto al otro sector costero de estudio. Se registraron 6 especies para el periodo de baja salinidad y 7 especies para el periodo de alta salinidad. Se determinó una reducción en cinco veces los niveles de aparición de especímenes en esta categoría, en este sector costero respecto al valorado en el sector costero de Astivik.

No se registraron diferencias significativas, con un nivel de confianza de (95%), en su composición y abundancia relativa de los componentes registrados, entre las estaciones analizadas para cada sector costero de influencia, en los periodos de baja y alta salinidad. No obstante, hubo diferencias estadísticas significativas cuando se compararon la composición del número de partículas obtenidas en las fracciones tamizadas de los sectores costeros de influencia entre sí, Astivik y Colclinker. Lo anterior determina que la influencia en la dinámica y estructura poblacional del meiobentos está determinada más por los vertimientos de los sectores industriales que por el ciclo de salinidad en la Bahía de Cartagena.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcolado, P.M. *El bentos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó*. Editorial Academia La Habana, 161 p., 1990.

Armenteros, M.; González-Sanson, G & Lalana, R. Composición y abundancia del meiobentos en un sector sublitoral de Ciudad de la Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, v.24 n.1,p.3-10, 2003.

Álvarez-León, R. Bibliografía sobre la Bahía de Cartagena y sus alrededores hasta septiembre de 1979. *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Inf. Museo del Mar*, v.24, p.1-26, 45-46, 1979.

Barón-Porras, A.; Pión-Verbel, A. & Fernández, T. *Estado actual del sistema bahía interna, caños y lagos y ciénaga de Tesca de Cartagena. Origen de su deterioro y alternativas de recuperación*. Informe Técnico, Centro de Investigaciones Pesqueras, 33 p., Cartagena, 1984.

Bazigos, G.P. Estadísticas aplicadas a la pesca. *Métodos Estadísticos. FAO Doc. Téc. Pesca*, Roma, n.135, p.1-178, 1976.

Boltovskoy, D. Atlas de zooplancton del Atlántico Sur-Occidental y métodos de trabajo con el

zooplancton marino. *Instituto Nacional de Pesca, Mar del Plata*, 1981.

Canavos, G.C. *Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos*. MacGraw-Hill, Bogotá D. E., 1987.

Cosel, R.v. Moluscos de la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta, costa del Caribe colombiano. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín*, n.15-16, p.79-370, 1987.

Clarke, K.R & Warwick, R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd., 2<sup>nd</sup> edition, 167 p., 2001.

Elliott, J.M. *Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates*. Freshwater Biological Association, Scientific Publication n. 25, 1971.

Escobar, J.J. & Astrálaga, M.G. *Compilación bibliográfica sobre la contaminación de la Bahía de Cartagena, Agosto de 1981*. INDERENA-Subgerencia de Gestión Ambiental, División de Ordenamiento Ambiental, Bogotá D.E., 1981.

Galvis, H. & Marzola, A.E. *Cuantificación de metales tóxicos en ejemplares representativos de los diferentes niveles de la cadena trófica*. Tesis Profesional, Fac. de Química y Farmacia, Universidad de Cartagena, 190 p., 1988.

Garay-Tinoco, J. Estado actual de los muelles de Cartagena de Indias en cuanto a facilidades de recepción de residuos provenientes de buques, Acuerdo MARPOL 1973-1978. *DIMAR, Bol. Cient.*, n.14, p.31-46, 1993.

Garcés, C.; Solano, W. & Gutiérrez, F.P. *Biomasa de los moluscos bentónicos y su relación con la contaminación en la Bahía de Cartagena*. Tesis Profesional, Fac. Biol. Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1978.

Haber, A. & Runyon, R. *Estadística General*. Fondo Estacional Interamericano, 345 p., Bogotá D.E., 1973.

Herrera-Muñoz, J.E. *Caracterización de la biocenosis macrozoobéntica de fondos blandos de la Bahía de Cartagena y su relación con algunos parámetros ambientales*. Tesis Profesional, Fac. Biol. Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1993.

Keen, A. M. *Marine molluscans genera of western North America. An illustrated key*. Stanford University Press, 1963.

Licea-Durán, S. Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo Son./Sin., México. *An. Cent. Cien. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. México*, v.1, n.1, p.99-156, 1974.

- Margalef, R. *Ecología*. Editorial Omega, Barcelona, 1980.
- Odum, W.E. & Heald, E.J. Trophic analysis of the estuarine mangrove community. *Bull. Mar. Sci.*, Miami, v.22, n.3, p.671-738, 1972.
- Osorio-Dualiby, D. *Ecología trófica de Mugil curema, M. incilis y M. liza (Pisces: Mugilidae), en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano*. Tesis Profesional, Depto. de Biología, Universidad de Colombia, 65 p., 1985.
- Osorio-Dualiby, D. *Ecología trófica de Mugil curema, M. incilis y M. liza (Pisces: Mugilidae), en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano*. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín*, v.18, p.113-126, 1988.
- Osorio-Dualiby, D. *Informe del estudio de caso colombiano. Cuerpos de agua de Cartagena: la Bahía de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y Sistema de Caños y Lagunas*. Inf. Técnico Proyecto Regional Manejo Ambiental de Bahías y Zonas Costeras en El Caribe, 21 p., Cartagena, 1989.
- Osorio-Dualiby, D. *Recopilación bibliográfica de estudios biológicos, ecológicos y de contaminación realizados en la Bahía de Cartagena entre 1972 y 1996*. Inf. Técnico. Ingeniería Colombiana y Planeación, 16 p., Cartagena, 1997.
- Pagliardini, J.L.; Gómez, M.A.; Gutiérrez, H.; Zapata, S.I.; Jurado, A.; Garay, J.A. & Vernet, G. Síntesis Proyecto Bahía de Cartagena. *DIMAR-Bol. Cient. CIOH*, n.4, p.49-109, 1982.
- Parada, C.R. & Londoño, C. *Foraminíferos bentónicos recientes del norte de Cartagena, Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.E., 1983.
- Parada, C.R. & Pinto, J.N. *Foraminíferos bentónicos recientes de Isla Barú*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente, 202 p., Bogotá D.E., 1985.
- Reyes, J. & Santodomingo, N. *Manual de identificación CITES de invertebrados marinos de Colombia*. INVEMAR, Serie de Documentos Generales, 100 p., Santa Marta, 2002.
- Stirn, J. *Manual of methods in aquatic environment research. Part 8 - Ecological assessment of pollution effects. Guidelines for the FAO/GFCM/UNEP*. *FAO Fish. Tech. Pap.*, Rome, n.209, p.1-53, 1981.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. *Biometría*. H. Blume Ediciones, 262 p., Madrid, 1976.
- Tregouboff, G. & Rose, M. *Manual de planctologie méditerranée - Vols. I et II*. Centre National de la Recherche Scientifique, París, 1957.
- Tucker, R. *American seashells*. P. Van Nostrand Company, Inc., Princeton, 1968.
- Vegas-Vélez, M. *Introducción a la ecología del bentos marino*. OEA, Secretaria General, Washington, 1971.
- Walton, W.R. Techniques for recognition of living Foraminifera. *Contr. Cushman Foundation, Foraminifera Research*, v.3, n.2, 56-60, 1952.
- Wang, D.J. *A multidisciplinary study of Cartagena Bay. Part I - Water motion and related phenomena*. University of Miami-RSMAS, Technical Report No. 82001, 1982.