

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SEDE CENTRAL "RODRIGO FACIO"

ALGUNOS ASPECTOS CUANTITATIVOS DE LA MEIOFAUNA EN LA
PLAYA FANGOSA DE PUNTA MORALES, PUNTARENAS:
UN ESTUDIO PRELIMINAR

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTADA POR:
ELBA M. DE LA CRUZ M.
74 30 49

MARZO 1985

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Licenciatura en Biología de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar al grado de Licenciada.

José A. Vargas, M.Sc.
Director de Tesis

Jorge Cortés Núñez, M.Sc.
Miembro del Tribunal

Ana Dittel, M.Sc.
Miembro del Tribunal

Juan Bta. Chavarría, M.Sc.
Miembro del Tribunal

Dr. Ramiro Barrantes
Director de la Escuela de Biología

Elba M. de la Cruz
Candidato

AGRADECIMIENTO

Al profesor José A. Vargas el haber aceptado la dirección de este trabajo, brindándome siempre su oportuno apoyo y permitiéndome hacer uso de su biblioteca especializada.

Al profesor Jorge Cortés Núñez por la paciencia con que atendió mis consultas cuando me fue difícil reconocer alguno de los taxa.

Al profesor Juan Bautista Chavarría por su valioso aporte en el diseño de programas estadísticos utilizados en este trabajo.

A la profesora Ana Dittel por su acusiosa crítica en la redacción de este trabajo.

Al Dr. Manuel M. Murillo, Director del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), por su interés y apoyo constante, el haberme permitido utilizar el equipo óptico, los laboratorios y facilitar el transporte a Punta Morales, durante la realización de este estudio.

A la señorita Norma Bermúdez, por su valiosa colaboración al mecanografiar el manuscrito final.

Finalmente a los estudiantes del curso de Oceanografía por su compañía en la 'mesa de los estereoscopios', pues hicieron más amenas las 400 horas que pasé extrayendo los organismos en que se basa este estudio.

INDICE

	Página
Miembros del tribunal.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Indice General.....	v
Indice de Ilustraciones.....	vi
Indice de Cuadros.....	vii
Resumen.....	viii
Introducción.....	1
Materiales y Métodos.....	3
Resultados.....	8
Discusión.....	21
Referencias citadas	52
Apéndices:	
1- Revisión de la literatura disponible.....	28
2- Resumen del Análisis de Varianza hecho a algunas características del sedimento.....	49
3- Porcentaje del número de organismos que se loca- lizan a diferentes profundidades, durante los meses de muestreo.....	50
4- Distribución vertical de los taxa más importan- tes durante las 8 visitas.....	51

INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1. Area de estudio a) Golfo de Nicoya. b) Punta Morales.....	3
Figura 2. Sitios de estudio en Puntarenas. a) Golfo de Nicoya. b) Dos puntos de muestreo (1) y (2) en la región llamada la Guevara, Puntarenas.....	5
Figura 3. Porcentaje en peso seco del sedimento contra tamaño del grano. (ϕ) en los diferentes días de muestreo en Punta Morales y Puntarenas.....	9
Figura 4. Número de individuos y la desviación estándar de los taxa colectados en Punta Morales durante el estudio. Ne- mátodos, foramíniferos, ostrádocos y copépodos.....	14
Figura 5. Número de individuos y la desviación estándar de los taxa recolectados en Punta Morales, durante el estudio. Cumáceos, oligoquetos, megalopos, nauplios y larvas de poliquetos.....	15
Figura 6. Dendrograma obtenido del análisis de grupos del número de individuos por taxa hecho para los 10 meses de mues- treo en Punta Morales.....	17
Figura 7. Distribución vertical (0.0-2.0 cm, 2.0-4.0 cm y 4.0-6.0 cm) en el sedi- mento de los principales taxa encontra- dos en Punta Morales los meses de marzo, mayo y junio de 1984.....	18

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Porcentaje de materia orgánica, carbonatos y partículas menores a las 62 micras, así como el tamaño promedio del grano $\pm$ desviación estándar durante los meses de muestreo Punta Morales y Puntarenas.....	10
Cuadro 2. Temperatura ($^{\circ}$ C) del agua, de la superficie y a 6 cm de profundidad del sedimento; salinidad (ppm) del agua; profundidad de la capa de discontinuidad de potencial redox (R.P.D. en cm); precipitación (mm); altura (m) y hora de la marea, en Punta Morales y Puntarenas en los días de muestreo.....	11
Cuadro 3. Meiofauna de la playa fangosa de Punta Morales ($10^{\circ}03'5''$ N, $84^{\circ}57'30''$ W), Golfo de Nicoya, Costa Rica. Número de organismos recolectados en 191 cm^3 (6 muestras/fecha), hasta una profundidad de 6 cm en el sedimento.....	13
Cuadro 4. Índice de Morisita (I); prueba de F; índice de dispersión ($S^2/\bar{x}$); valor χ^2 para significancia de 0.05 e índice de nemátodos/copépodos (N/C) en las fechas de colecta en Punta Morales y Puntarenas.....	19

RESUMEN

Se estudió cuantitativamente, por primera vez en Costa Rica, la meiofauna de una playa fangosa (sedimentos compuestos por más del 60% de limo y arcilla) del Golfo de Nicoya. Las muestras se colectaron en la playa de Punta Morales con un barreno de 2.6 cm de diámetro interno, hasta una profundidad de 6.0 cm en el sedimento. Se presentan los datos del análisis de las muestras recolectadas durante los meses de junio, julio y agosto de 1983, y febrero, marzo, mayo, junio, julio, agosto y setiembre de 1984.

Se recolectó un total de 21 grupos taxonómicos representados en 56977 individuos. Los grupos más abundantes fueron los nemátodos (86.1%), foraminíferos (5.6%), ostrácodos (3.3%) y copépodos (2.2%). Otros grupos presentes fueron los bivalvos (0.75%), larvas de crustáceos (0.7%), cumáceos (0.3%), poliquetos (0.1%), quinorrincos (0.1%). Los grupos restantes: anfípodos, oligoquetos, sipuncúlidos, ofiúridos, braquiópodos, turbelarios, ciliados, ácaros y larvas de peces, constituyeron el 0.4% del total de individuos. Las densidades estimadas por metro cuadrado oscilaron entre 1.1×10^5 y 7.0×10^5 individuos/m², cifra relativamente baja si la comparamos con el ámbito encontrado por McIntyre (1968) en la India (5×10^5 y 38.5×10^5). La meiofauna en Punta

Morales mostró una distribución agregada, basándose en el índice de Morisita y el índice de dispersión ($S^2/\bar{x}$). Verticalmente en el sedimento se encontró que del 75.0 al 92.1% de la fauna se concentró en los primeros 2.0 cm. El índice Nemátodos/Copépodos (N/C) osciló entre 8 y 1635, y en Puntarenas, en muestras colectadas de la misma forma y con fines comparativos, el valor fue de 28.7 y 6.0.

INTRODUCCION

El vocablo "meiofauna" fue propuesto por Mare (1942) en un estudio realizado en Inglaterra. Ella se refirió al meiobentos como a "los organismos situados, con base en el tamaño, entre el macrobentos y el microbentos" e indicó que esta separación se basa únicamente en el método utilizado para recolectar y extraer los organismos de las muestras. Por lo tanto, la meiofauna es un grupo biológico artificial.

Los trabajos sobre la meiofauna tropical son escasos y provienen en su mayoría de las costas de la India (McIntyre, 1968; Damodaran, 1974; Ansari et al., 1983). Sobre la meiofauna del trópico americano existen estudios realizados en Cuba (Herrera y Del Valle, 1980; Herrera y Sánchez, 1982), sin embargo de las costas de América Central no se logró encontrar literatura publicada.

A pesar de las dificultades para extraer a los organismos del sedimento (Hulings y Gray, 1971) y de lo tedioso del procesamiento de las muestras de la meiofauna, la importancia de su estudio ha ido en aumento, especialmente en trabajos sobre contaminación (Herrera y Del Valle, 1980; Rafaelli y Mason, 1981; Ansari et al., 1984) y por su papel controversial en las cadenas tróficas que incluyen otros grupos del bentos y peces (Marshall, 1970; Gerlach, 1978; Watzin, 1983).

El Golfo de Nicoya es de importancia fundamental en la economía de Costa Rica, tanto por las pesquerías localizadas en él como por el comercio internacional que se realiza a través de los puertos de Puntarenas y Caldera.

La necesidad de información sobre las comunidades bentónicas del Golfo es cada vez más intensa. Esta información es vital para integrar un marco de referencia sobre las condiciones del sistema ya que sirven de base a planes de manejo de los recursos naturales presentes. El estudio de la meiofauna es parte fundamental de este marco. Por lo tanto este trabajo tiene los siguientes objetivos:

- 1- Obtener los primeros datos cuantitativos sobre los grupos taxonómicos principales en la playa fangosa de Punta Morales y su densidad aproximada por metro cuadrado.

- 2- Analizar la distribución vertical y horizontal de los grupos presentes.

- 3- Calcular el índice Nemátodos/Copépodos (N/C) y compararlo con resultados obtenidos en otros estudios en los que el índice ha sido propuesto como un indicador de contaminación fecal.

- 4- Comparar los resultados obtenidos con estudios realizados en otras regiones del mundo en los que se utilizó una metodología similar.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en la playa fangosa, descubierta durante la marea baja, de Punta Morales (Fig.1) Golfo de Nicoya, Costa Rica.



Fig. 1. Area de estudio a) Golfo de Nicoya. b) Punta Morales.

Una vez al mes, durante 10 meses (16-VI-1983, 14-VII-1983, 11-VIII-1983, 22-III-1984, 16-III-1984, 14-V-1984, 19-VI-1984, 31-VII-1984, 28-VIII-1984 y el 27-IX-1984) se escogió al azar, un punto de muestreo dentro de un cuadrado de 20 m x 20 m. En cada punto se recolectó, durante la marea baja, 6 muestras adyacentes mediante un barrero hecho con una jeringa hipodérmica transparente, de 2.6 cm de diámetro interno. Se tomó cada muestra hasta una profundidad de 6 cm en el sedimento, colectándose en total 191 cm³ en los 6 núcleos

muestreados. Cada uno de estos núcleos se dividió en tres secciones: 0 a 2 cm, 2 a 4 cm y de 4 a 6 cm de profundidad, para estudiar la distribución vertical que presentaban los grupos encontrados. El total de núcleos recolectados para este trabajo fue de 72.

Cada una de estas submuestras se depositó en una bolsa plástica y se le agregó solución neutra al 5% de formaldehído en agua de mar teñida con Rojo de Bengala (Mason y Yevich, 1967). En el laboratorio se lavó el contenido de las bolsas a través de tamices de 500 y 62 micras. Del residuo presente en el tamiz de poro más fino, se separó a los organismos bajo observación con la ayuda de un microscopio estereoscópico (30X).

A los organismos así extraídos se les clasificó en las categorías taxonómicas citadas con frecuencia en la literatura sobre meiofauna (ej: McIntyre, 1968; Ansari et al., 1983) con el fin de facilitar la comparación de los resultados.

El patrón de dispersión horizontal de la meiofauna, se determinó utilizando el índice de Morisita y el índice de dispersión que divide la varianza por el promedio ($S^2/\bar{x}$), Poole (1974).

El índice nemátodos/copépodos (N/C) se determinó en cada uno de los muestreos realizados y, para efectos comparativos, en dos muestras recolectadas en el Estero de Puntarenas, el 25 de octubre de 1984, en la región llamada La Guevara (Fig. 2). La primera muestra se tomó a 20 m de la salida de las aguas negras y la segunda a 300 m de la misma, en un banco de arena que queda expuesto durante la marea baja.

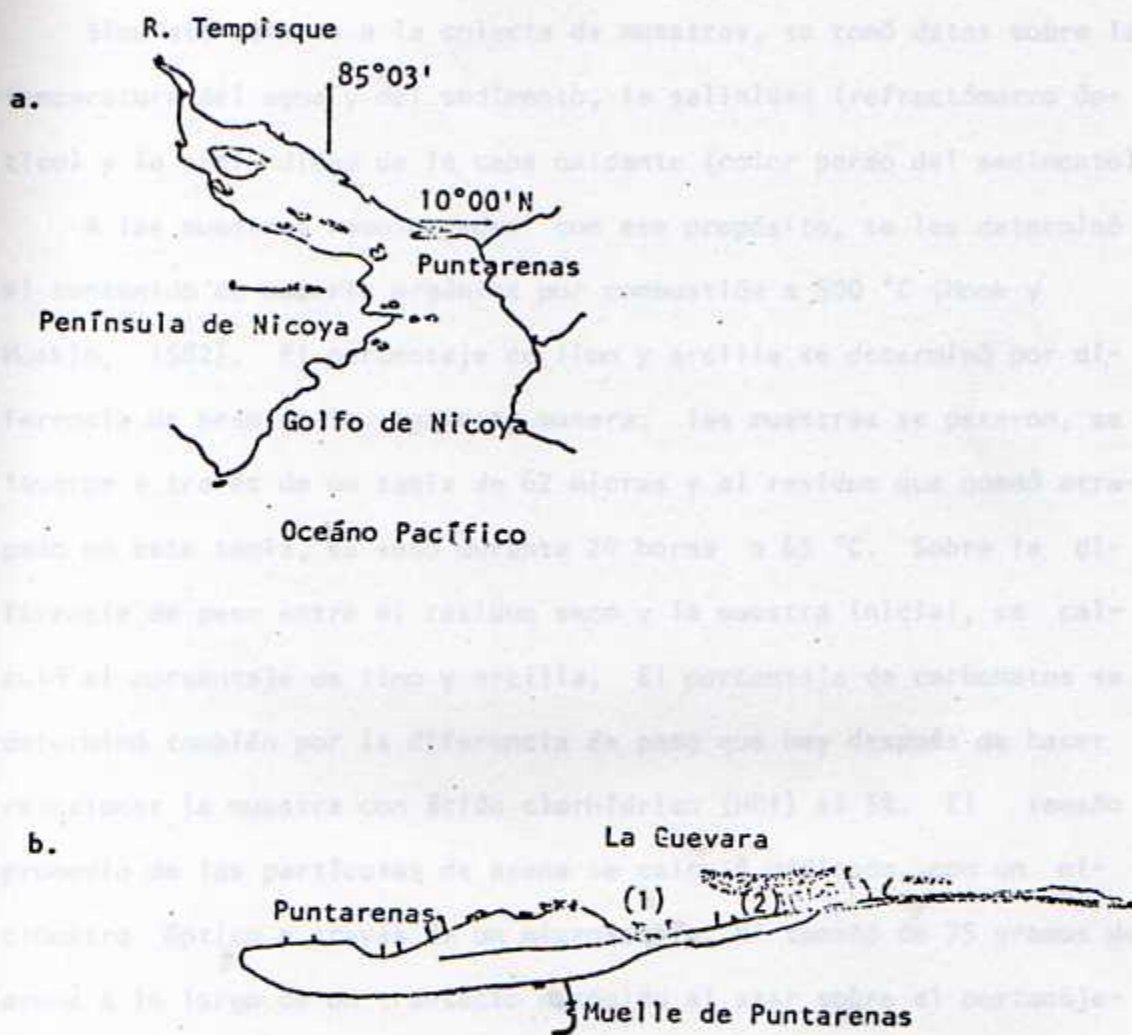


Fig. 2. Sitios de estudio en Puntarenas a) Golfo de Nicoya. b) dos puntos de muestreo (1) y (2) en la región llamada La Guevara, Puntarenas.

Simultáneamente a la colecta de muestras, se tomó datos sobre la temperatura del agua y del sedimento, la salinidad (refractómetro óptico) y la profundidad de la capa oxidante (color pardo del sedimento).

A las muestras recolectadas con ese propósito, se les determinó el contenido de materia orgánica por combustión a 500 °C (Mook y Hoskin, 1982). El porcentaje de limo y arcilla se determinó por diferencia de peso de la siguiente manera: las muestras se pesaron, se lavaron a través de un tamiz de 62 micras y el residuo que quedó atrapado en este tamiz, se secó durante 24 horas a 65 °C. Sobre la diferencia de peso entre el residuo seco y la muestra inicial, se calculó el porcentaje de limo y arcilla. El porcentaje de carbonatos se determinó también por la diferencia de peso que hay después de hacer reaccionar la muestra con ácido clorhídrico (HCl) al 5%. El tamaño promedio de las partículas de arena se calculó midiendo, con un micrómetro óptico a través de un microscopio, el tamaño de 75 granos de arena a lo largo de un transecto escogido al azar sobre el portaobjetos. Además, el tamaño promedio de las arenas se calculó pasando la arena por una serie de tamices de 2000, 1000, 500, 250, 125 y 63 micras y graficando los porcentajes obtenidos en un papel probabilístico (Holme y McIntyre, 1971)

En los muestreos de los últimos tres meses (31-VII-1984, 28-VIII-1984, 27-IX-1984) se conservó el sedimento de cada submuestra para analizar los parámetros anteriores y observar si existía diferencia entre la superficie y el fondo (6 cm) de la muestra recolectada. A estos datos se les aplicó un análisis de varianza usando el paquete

estadístico SPSS (Nie, 1975).

En las muestras tomadas durante 1983 no se hizo análisis detallado de sedimentos, porque se trataba de un estudio piloto para determinar la metodología más apropiada para separar los organismos presentes. El análisis de la distribución vertical de los organismos se hizo sólo para las muestras obtenidas durante el mes de julio de 1983. Se hizo además un análisis de grupos ("cluster") para determinar que similitud existía, con base en el tipo de grupos taxonómicos y el número de organismos por grupo, para cada mes de muestreo. Este análisis se hizo con el paquete estadístico BMDP (Dixon et al., 1983) utilizando Distancia Euclidiana como índice de similitud, (Maurer y Vargas, 1984).

RESULTADOS

El sedimento de la playa fangosa de Punta Morales está compuesto (más del 60%) principalmente por limos y arcillas (Fig.3); con un tamaño promedio de grano de la fracción de arenas entre los 226^{+56} y 243^{+83} micras, un porcentaje de materia orgánica y de carbonatos cuyos mínimos y máximos durante el estudio fueron de 5.2% (agosto, 1984) y 16% (julio, 1984) para materia orgánica y de 14.2% (mayo 1984) y 20% (setiembre 1984) para carbonatos (Cuadro 1).

El análisis de varianza que compara las tres profundidades muestreadas (0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm) de los tres últimos meses (julio, agosto y setiembre de 1984), no mostró diferencias (al 0.05% de significancia) en el porcentaje de materia orgánica, en el porcentaje de carbonatos, en el porcentaje de limos y arcillas ni en el tamaño promedio del grano. Mientras que la diferencia obtenida del análisis de varianza, al comparar los tres meses entre sí, sí resulta significativa al 0.05%. En el análisis entre meses no se incluyó el tamaño promedio del grano (Apéndice 2).

Los datos de parámetros ambientales para esta región en los días de estudio, se muestran en el Cuadro 2. La temperatura en la superficie del sedimento varió desde 37 °C (16-V-84) hasta 28.0 °C (22-II-84 y

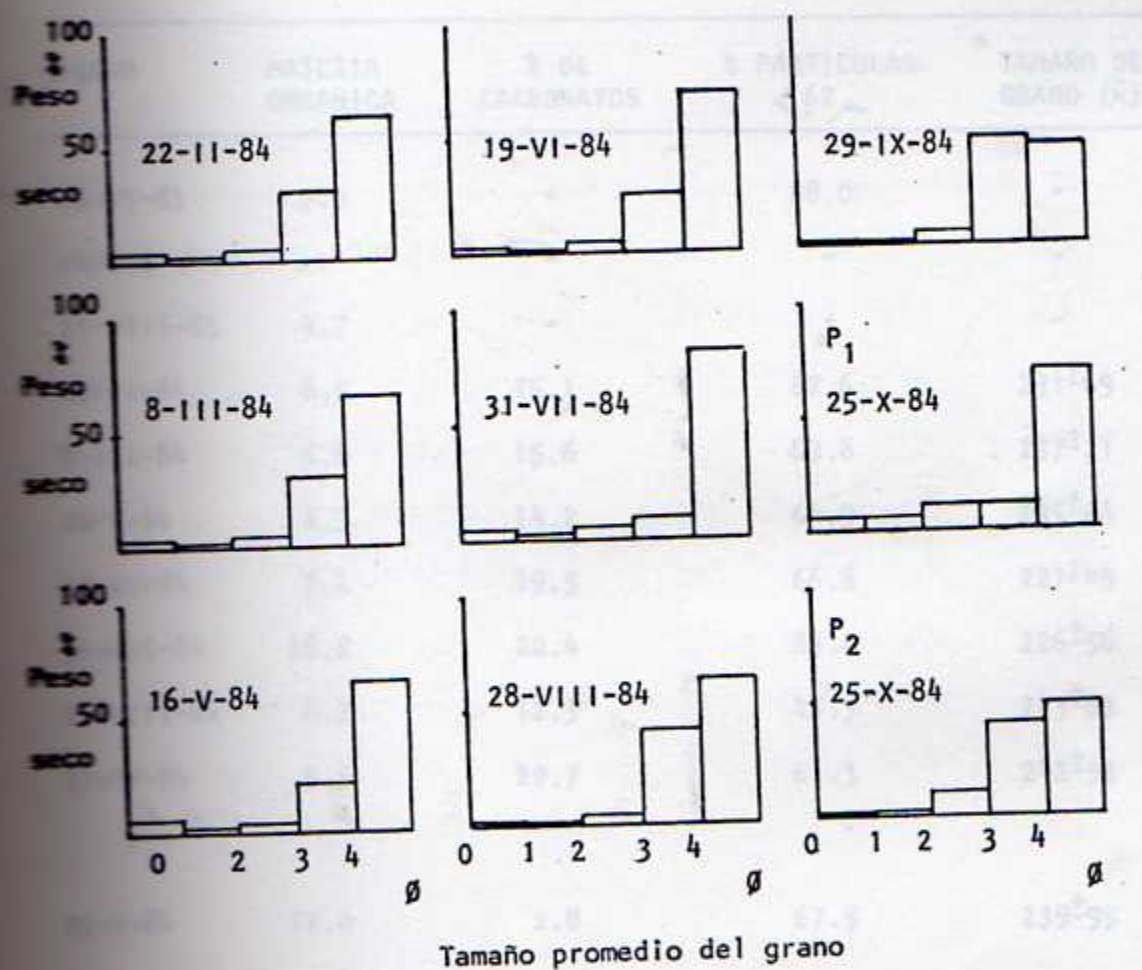


Fig. 3. Porcentaje en peso seco del sedimento y tamaño del grano (ϕ) en los diferentes días de muestreo en Punta Morales y Puntarenas (P₁ y P₂ para los sitios de muestreo en Puntarenas. (ϕ) = $\log_2$ diámetro partícula en mm)

Cuadro 1. Porcentajes de materia orgánica, carbonatos y partículas menores a las 62 micras, así como el tamaño promedio del grano $\pm$ desviación estándar durante los meses de muestreo en Puntarenas (P₁, P₂) y Punta Morales.

FECHA	MATERIA ORGANICA	% DE CARBONATOS	% PARTICULAS < 62 μ	* TAMAÑO DE GRANO ($\bar{x}$)
16-VI-83	5.5	-	88.0	-
14-VII	-	-	-	-
11-VIII-83	4.7	-	-	-
22-III-84	6.5	15.1	62.6	231 $\pm$ 69
8-III-84	6.6	15.6	63.8	237 $\pm$ 71
16-V-84	8.3	14.2	64.9	235 $\pm$ 64
19-VI-84	7.2	19.5	66.8	227 $\pm$ 49
31-VII-84	16.8	20.4	83.4	226 $\pm$ 56
28-VIII-84	4.2	12.3	43.3	243 $\pm$ 83
27-IX-84	5.5	20.7	61.3	242 $\pm$ 92
P ₁				
25-X-84	11.0	2.8	67.5	239 $\pm$ 95
P ₂				
25-X-84	9.0	2.1	34.5	251 $\pm$ 68

* Tamaño del grano de las arenas.

Cuadro 2. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del agua, de la superficie y a 6 cm de profundidad del sedimento; salinidad (ppm) del agua; profundidad de la Capa de Discontinuidad de Potencial Redox (RPD en cm); Precipitación (mm); altura (m) y hora de la marea, en Punta Morales y Puntarenas en los días de muestreo.

FECHA	Temperatura			S°/∞	* RPD cm	** Precip. mm	*** Marea	
	H_2O	Sup	6 cm				Altura m	Hora
16-VI-83	34.0	31.0	24.0	30	1.5	200	0.2	12 51
14-VII-83	35.0	30.0	30.0	32	1.5	150	0.0	11 42
11-VII-83	39.0	35.0	32.0	32	2.0	250	-0.2	10 33
22-III-84	31.0	28.0	28.0	32	2.0	13	-0.1	12 51
8-III-84	36.0	29.0	28.0	32	2.0	0	0.1	11 08
16-V-84	40.0	37.0	29.0	31	2.0	200	-0.1	09 20
19-VI-84	30.0	28.0	28.0	30	2.0	200	0.5	12 56
31-VII-84	32.0	30.0	29.0	31	2.0	150	-0.1	10 50
28-VIII-84	35.5	34.8	31.0	-	0.5	250	-0.2	09 42
27-IX-84	35.0	34.8	29.0	-	1.5	300	-0.4	10 08
P_1								
25-X-84	32.0	30.0	29.0	-	0.5	300	-0.4	09 00
P_2								
25-X-84	32.0	30.2	29.5	-	1.0	300	-0.4	09 00

* RPD ("Redox Potential Discontinuity", ver Apéndice 1, Sección 2.3.2 iii).

** Promedio obtenido de los Mapas del Instituto Meteorológico Nacional, se analizó desde 1961 a 1980.

*** En el Puerto de Puntarenas.

31°/oo (Cuadro 2), lo cual está de acuerdo a lo informado por Voorhis et al. (1983) para esta región del Golfo de Nicoya. El ámbito de las mareas en Punta Morales es de 2.3 m (Voorhis et al., 1983).

La profundidad de la Discontinuidad del Potencial Redox (Fenchel y Riedl, 1970) está ubicada entre 0.5 cm y 2 cm. El mes que ésta estuvo más cerca de la superficie fue en agosto de 1984, cuando alcanzó una profundidad de 0.5 cm. En los meses que van de febrero a julio de 1984, se mantuvo a 2 cm de profundidad (Cuadro 2). Se asume, por lo tanto, que las condiciones aeróbicas existen en el sedimento hasta una profundidad de 2 cm.

En los últimos 19 años (Rosales et al., 1981) los meses con menos precipitación media fueron febrero (13 mm) y marzo (0 mm) y los que tuvieron mayor precipitación media fueron mayo (200 mm), junio (200 mm), julio (150 mm) agosto (250 mm) y setiembre (300 mm) (Cuadro 2).

Se recolectó en total 21 grupos taxonómicos representados por 56977 individuos (Cuadro 3). El número de organismos en 191 cm³ (6 núcleos) varió entre 2077 (17-VI-83) y 13504 (19-VI-84). Las densidades estimadas por metro cuadrado oscilan entre 1.1×10^5 y 7.0×10^5 individuos respectivamente. Los organismos más abundantes que en conjunto forman el 97.2% de la fauna son: los nemátodos (86.1%), los foraminíferos (5.6%), los ostrácodos (3.3%) y los copépodos harpaticoides (2.2%).

La variación en el número de individuos encontrado mensualmente, en algunos de los taxa se muestra en las figuras 4 y 5. Los cuatro grupos principales: nemátodos, foraminíferos, ostrácodos y copépodos,

Cuadro 3. Meiofauna de la playa fangosa de Punta Morales (10°03'50" N, 84°57'30" W), Golfo de Nicoya, Costa Rica. Número de organismos recolectados en 191 cm³ (6 muestras / fecha), hasta una profundidad de 6 cm en el sedimento.

Grupo	FECHA															Total	Σ	#					
	16-VI-83	14-VII-83	11-VIII-83	22-IX-83	08-III-84	16-V-84	19-VI-84	31-VII-84	28-VIII-84	27-IX-84													
Nemátoda	1618	10 ¹⁰	2571	8	2231	11	5238	76	3856	51	5188	649	12177	329	5754	44	3305	1653	7150	30	49085	86.1	85.0
Copepoda	166		307		195		60		76		8		37		130		2		239		1229	2.2	6.9
Ostracoda	75		218		197		296		226		214		367		155		28		105		1881	3.3	1.6
Foraminífera	146		93		95		634		259		304		794		295		336		240		3187	5.6	-
Cumacea	26		23		37		35		21		1		8		7		0		8		166	0.3	-
Polychaeta	8		54		32		13		11		5		0		8		9		19		159	0.3	0.6
Lar. Polychaeta	0		0		10		25		10		5		13		10		4		10		87	0.1	-
Bivalvia	26		100		176		10		5		18		21		18		6		35		413	0.7	0.1
Gastropoda	1		9		41		4		6		3		2		6		6		11		89	0.2	0.03
Kinorhyncha	0		0		6		22		10		1		2		9		0		1		51	0.1	1.7
Lar. Crustacea	7		47		34		91		30		13		29		27		0		98		376	0.7	2.4
Otros grupos	4(1)		6(2)		10(3)		19(4)		9(5)		56(6)		57(7)		18(8)		18(9)		57(10)		254	0.4	-

Total	2077	3428	3064	6456	4510	5816	13504	6437	3712	7973	56977												
Densidad/m ² x 10 ⁵	1.1	1.8	1.6	3.4	2.4	3.0	7.0	3.3	2.0	4.1	5 a												

* Porcentaje basado en datos de McIntyre (1968), página 381. India (11°30'N, 79°38'E).

** Índice N/C (Nemátodos/Copepodos).

*** (1): 1 larva de pez, 2 Amphipoda, 1 Oligochaeta, (2): 2 Sipuncula, 3 Oligochaeta, 1 Amphipoda, (3): 6 Ophiuroidea, 1 Oligochaeta, 2 Sipuncula, 1 Brachiopoda, (4): 3 Oligochaeta, 7 Turbellaria, 7 Sipuncula, 1 Ophiuroidea, 1 no identificado, (5): 4 Turbellaria, 2 Sipuncula, 2 Amphipoda, 1 Nemertea, (6): 7 Turbellaria, 49 Ciliata, (7): Oligochaeta, 29 Turbellaria, 2 Sipuncula, 3 Ophiuroidea, 4 Ciliata, 2 Halacaridae, (8): 6 Oligochaeta, 3 Turbellaria, 3 Sipuncula, 1 Ophiuroidea, 2 Ciliata, 3 Halacaridae, (9): 11 Oligochaeta, 5 Turbellaria, 1 Sipuncula, 1 Ciliata, (10): 11 Oligochaeta, 12 Turbellaria, 10 Ophiuroidea, 14 Ciliata, 1 Sipuncula, 6 Halacaridae, 3 Brachiopoda.

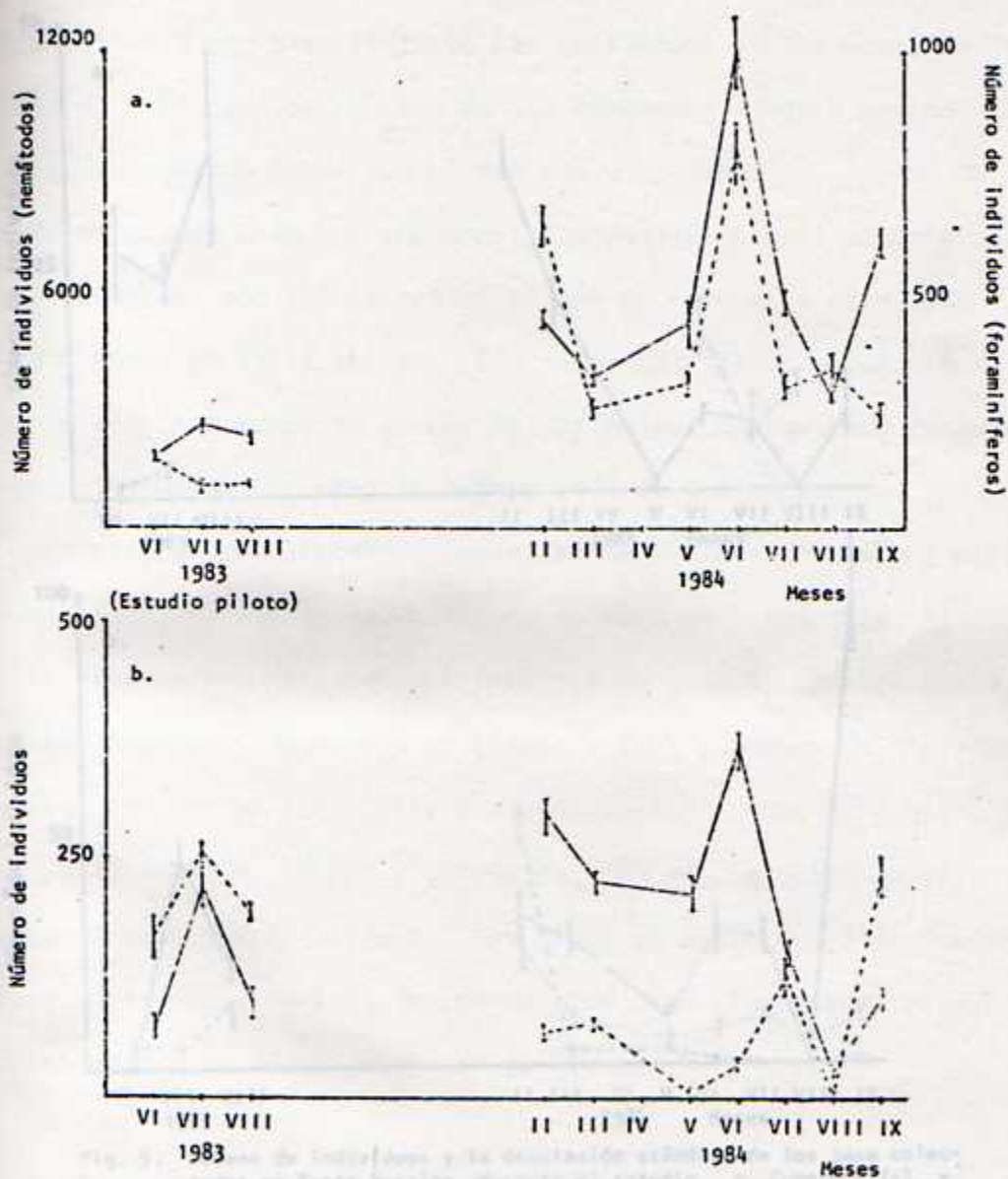


Fig. 4. Número de individuos y la desviación estándar de los taxa colectados en Punta Morales durante el estudio. a. nemátodos (-) y foraminíferos (---); b. ostrácodos (-) y copepodos (---).

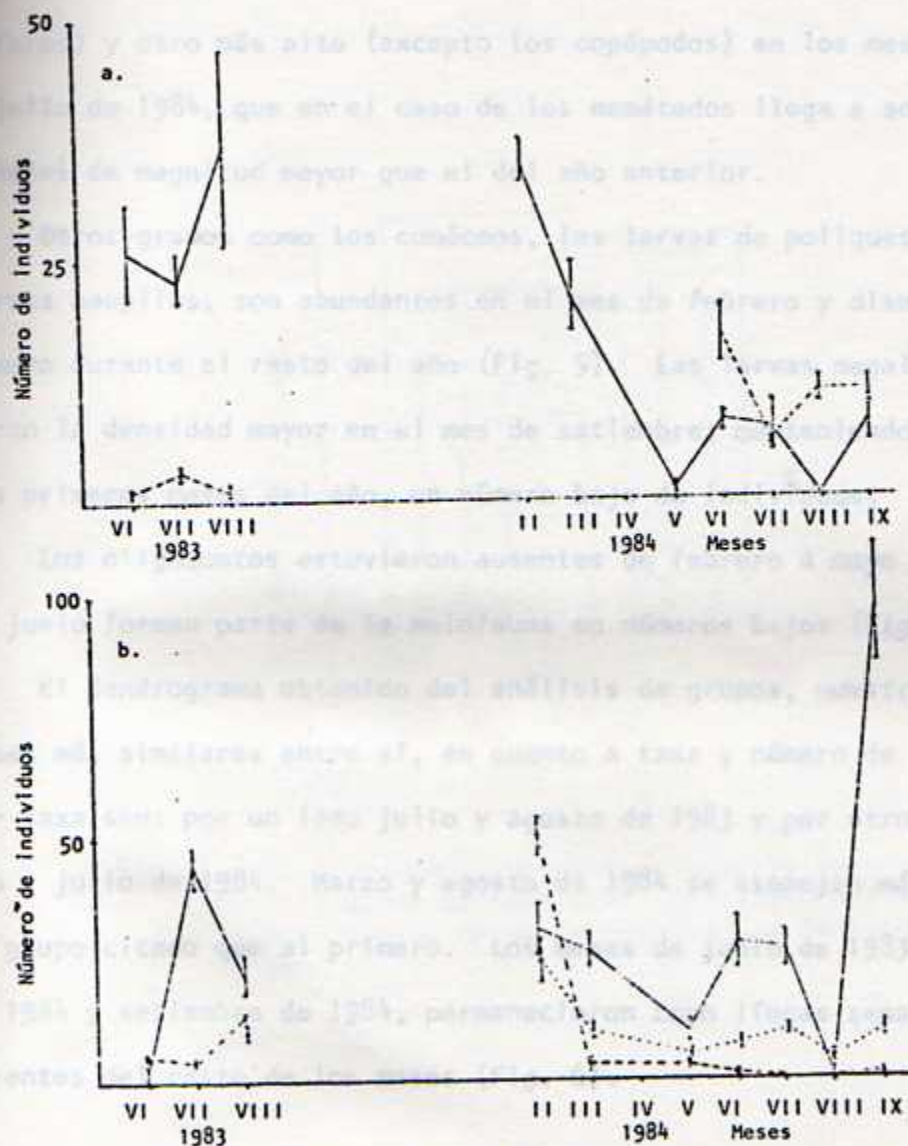


Fig. 5. Número de individuos y la desviación estándar de los taxa colectados en Punta Morales, durante el estudio. a. Cumaceos (-) y oligoquetos (---); b. megalopas (-), nauplius (---) u larvas de poliquetos (...).

se comportan de forma similar (Fig. 4), muestran dos picos en el número de individuos uno bajo en el mes de julio de 1983 (excepto foraminíferos) y otro más alto (excepto los copépodos) en los meses de junio y julio de 1984, que en el caso de los nemátodos llega a ser de dos órdenes de magnitud mayor que el del año anterior.

Otros grupos como los cumáceos, las larvas de poliquetos y las larvas nauplius, son abundantes en el mes de febrero y disminuye su número durante el resto del año (Fig. 5). Las larvas megalopas alcanzaron la densidad mayor en el mes de setiembre; manteniendo durante los primeros meses del año, un número bajo de individuos.

Los oligoquetos estuvieron ausentes de febrero a mayo y a partir de junio forman parte de la meiofauna en números bajos (Fig. 5).

El dendrograma obtenido del análisis de grupos, muestra que los meses más similares entre sí, en cuanto a taxa y número de individuos por taxa son: por un lado julio y agosto de 1983 y por otro mayo, junio y julio de 1984. Marzo y agosto de 1984 se asemejan más al segundo grupo citado que al primero. Los meses de junio de 1983, febrero de 1984 y setiembre de 1984, permanecieron como líneas separadas, diferentes del resto de los meses (Fig. 6).

Con respecto a la distribución espacial horizontal se encontró que la meiofauna de este estudio, se encuentra agrupada para el tamaño de núcleo empleado (Cuadro 4), o sea $S^2/\bar{x}$ significativamente $\neq$ de 1.

La distribución vertical de los grupos principales encontrados, se muestra en la figura 7. La mayor cantidad de organismos, entre el

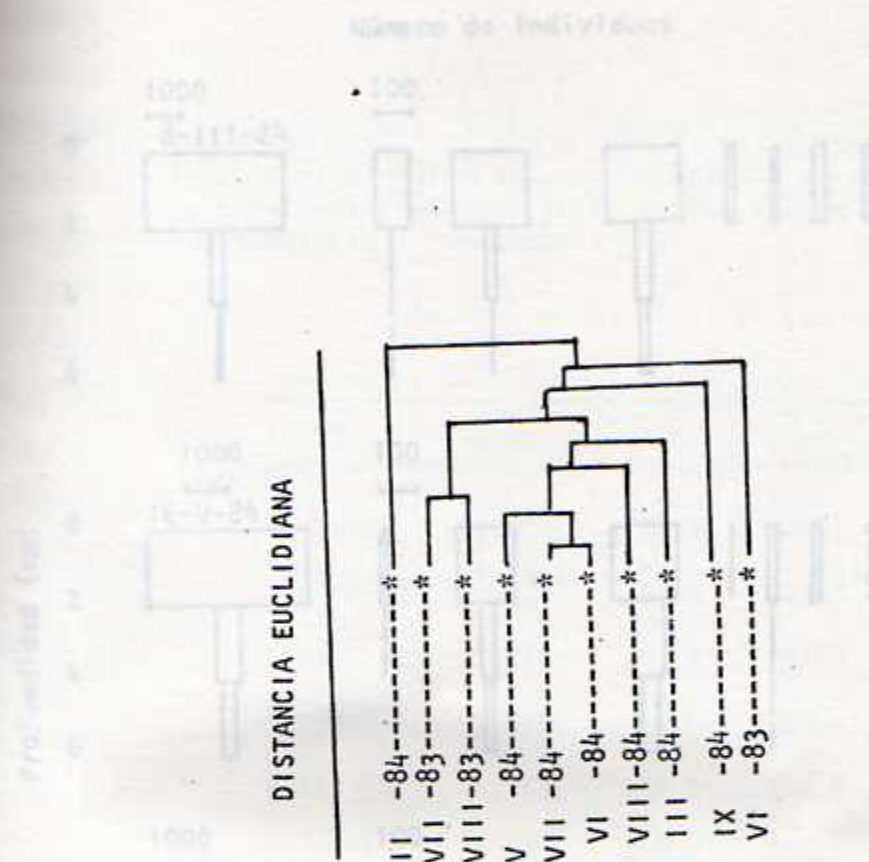


Fig. 6. Dendrograma obtenido del análisis de grupos, utilizando el número de individuos por taxon para los 10 meses de muestreo en Punta Morales



Fig. 7. Distribución vertical (0-1 cm, 2-4 cm y 5-6 cm) en el sedimento de los principales taxa encontrados en Punta Morales los meses de marzo, mayo y junio de 1985.

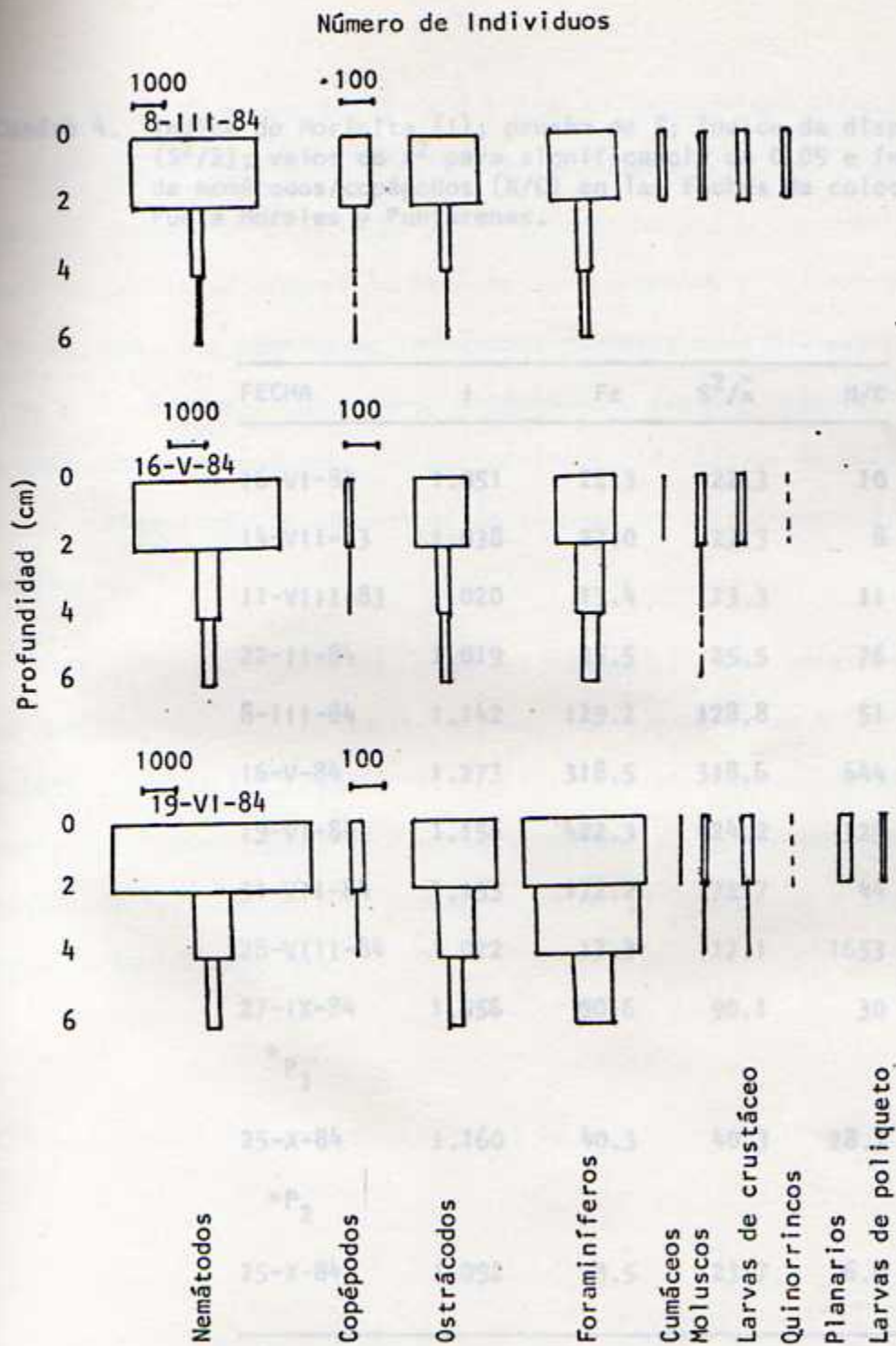


Fig. 7. Distribución vertical (0-2 cm, 2-4 cm y 4-6 cm) en el sedimento de los principales taxa encontrados en Punta Morales los meses de marzo, mayo y junio de 1984.

Cuadro 4. Índice de Morisita (I); prueba de F; índice de dispersión ($S^2/\bar{x}$); valor de χ^2 para significancia de 0.05 e índice de nemátodos/copépodos (N/C) en las fechas de colecta en Punta Morales y Puntarenas.

FECHA	I	Fc	$S^2/\bar{x}$	N/C
16-VI-83	1.051	22.3	22.3	10
14-VII-83	1.038	27.0	27.3	8
11-VIII-83	1.020	13.4	13.3	11
22-III-84	1.019	25.5	25.5	76
8-III-84	1.142	129.2	128.8	51
16-V-84	1.273	318.5	318.6	644
19-VI-84	1.156	422.3	424.2	329
31-VII-84	1.133	172.2	172.7	44
28-VIII-84	1.022	17.3	17.1	1653
27-IX-84	1.056	90.6	90.1	30
*P ₁				
25-X-84	1.160	40.3	40.3	28.7
*P ₂				
25-X-84	1.092	23.5	23.7	6.0
F _t 0.05 = 2.21 $\chi^2 = 2.214$				

* Muestras recolectadas en Puntarenas.

75.0 y el 92.1% se encuentra de 0 a 2 cm de profundidad (Apéndice 3). Algunos grupos como los nemátodos, los ostrácodos, y los foraminíferos, se encuentran a lo largo de la columna de sedimento muestreado. Esta tendencia se observa también en los copépodos y los moluscos, sin embargo, los números de individuos de estos taxa que se encuentran a los 4 cm y a los 6 cm de profundidad, son muy bajos. Otros grupos como los cumáceos, los quinorrincos, las larvas de poliquetos y los turbelarios, se encuentran únicamente en los primeros 2 cm del sedimento.

El valor del Índice de nemátodos/copépodos (N/C) obtenido en Punta Morales, varió en un ámbito muy amplio, que va desde 8 (14-VII-83) a 1653 (28-VIII-83) (Cuadro 3). En las muestras colectadas en Punta Arenas, el índice fue de 28.7 en la estación 1, la más cercana a la salida de las cloacas y de 6.0 en la estación 2, ubicada a 300 m de la anterior (Cuadro 4).

DISCUSION

a) Densidad/metro cuadrado

El sedimento de la playa fangosa de Punta Morales está constituido principalmente por limos y arcillas. Si comparamos esta playa con otras zonas limo arcillosas del mundo encontramos que la composición faunística es similar y que las densidades están dentro de un orden de magnitud semejante. Damodaran (1975) y Ansari et al. (1982) en depósitos fangosos sublitorales, en la India, encontraron densidades de 0.8×10^5 a 15.0×10^5 y de 5.0×10^5 a 21.5×10^5 individuos por metro cuadrado respectivamente. En Punta Morales la densidad varía de 1.1×10^5 a 7.0×10^5 individuos por metro cuadrado. Estas densidades son relativamente bajas si las comparamos con las encontradas por McIntyre (1968) en tres ambientes diferentes de la zona entre mareas en la India, que oscilan entre 4.2×10^5 y 38.2×10^5 individuos por metro cuadrado.

Dada la naturaleza compleja de los factores que pueden influenciar la densidad de la meiofauna (McIntyre, 1969) es difícil ofrecer una explicación sobre la causa de la baja densidad observada en Punta Morales. Esto es tema fértil para futuras investigaciones.

b) Diversidad

En los estudios mencionados anteriormente, y en la mayoría de los

estudios sobre meiofauna, el grupo dominante es el de los nemátodos, el cual ocupa entre el 76.5% y el 86.7% del total de la fauna (McIntyre, 1968; Damodaran, 1975; Herrera y del Valle, 1980; Ansari et al., 1982). En Punta Morales los nemátodos constituyeron el 86.14% de la fauna presente. Esta dominancia de nemátodos en sedimentos finos fue encontrada también por Warwick y Baughan (1971); McLachlan y Fustenberg (1976); Tietjen (1977, 1980) y Dye (1983), en zonas subtropicales y templadas. Otros grupos de la meiofauna que habitan este tipo de sedimento son los copépodos (1.7-8.2%), ostrácodos (0.2-1.2%), turbelarios (1.0-3%), poliquetos (7.2%) y foraminíferos (14.0%). Los quinorrincos, turbelarios, bivalvos, sipuncúlidos, poliquetos, oligoquetos, cumáceos, anfípodos, ácaros y los ciliados son grupos que se encuentran presentes en porcentajes relativamente bajos. En Punta Morales, los foraminíferos, ostrácodos y copépodos constituyen el 11.1% de la fauna y fueron los grupos que siguieron en importancia a los nemátodos. El 2.7% restante estuvo formado por moluscos, larvas de crustáceos y de poliquetos, turbelarios, sipuncúlidos, poliquetos, ofiúridos, cumáceos, anfípodos, oligoquetos, nemertinos, ciliados, ácaros, braquiópodos y larvas de peces (Cuadro 3).

De lo anterior se deduce que la meiofauna en Punta Morales es semejante, en términos de su densidad por metro cuadrado ($\times 10^5$) y composición faunística, a la encontrada en otras regiones limo arcillosas del mundo, lo cual podría reflejar la similitud en la diversidad de microhábitats que puede proporcionar éste tipo de sedimento, no importa la latitud (Gray, 1971).

Los picos en abundancia de las cuatro especies dominantes durante los meses de junio y julio, pueden ser indicativos de estacionalidad, aunque para llegar a conclusiones de este tipo, se requieren estudios más largos, y por lo tanto estos deben interpretarse con cuidado.

El análisis de grupos que se realizó parece estar afectado más por la diferencia en el número de individuos colectados en los dos años, que por los grupos presentes.

c) Distribución espacial.

Horizontal:

Findlay (1982) comparó diferentes tamaños de muestras y encontró que las de tamaño pequeño son las que reproducen mejor el patrón original de distribución de la fauna y que muestras más grandes tienden a homogenizar en parches la distribución. Para el tamaño de núcleo empleado (2.6 cm diámetro interno) en Punta Morales, la distribución de la fauna es agregada ($S^2/\bar{x} > 1$). Esto coincide con trabajos realizados con meiofauna en la India (Ansari et al., 1982; Rodríguez et al., 1982) y en Suecia (Olsson y Eriksson, 1974), así como con trabajos sobre macrofauna (Gray, 1971).

Esta tendencia a agregarse está en algunos casos asociada a características propias de las especies (Meadows y Campbell, 1972), a la distribución en parches del alimento potencial, o a la existencia de algún tipo de microhábitat no cuantificado. Tal como se mencionó anteriormente, determinar la complejidad del medio ambiente del sedimento de las playas de entre mareas y los factores que afectan la

distribución de los grupos taxonómicos de la meiofauna es muy difícil, pero sí se ha documentado la importancia de algunos de esos factores (ej: Ivester, 1980).

Vertical:

La meiofauna en Punta Morales se distribuye verticalmente en el sedimento de forma muy similar a la encontrada en otras zonas con sedimentos muy finos, en los cuales se forma la capa de "discontinuidad de potencial redox" muy cerca de la superficie (Fenchel y Riedl, 1970).

El 80% de los individuos encontrados se localizó en los primeros dos centímetros del sedimento. Trabajos anteriores, realizados en sustratos limo arcillosos, mostraron que la mayoría de los organismos meiobentónicos se restringieron a los 2 cm superiores y que solo los nemátodos eran capaces de penetrar las capas más profundas (Mare, 1942; McIntyre, 1961; 1969).

Los nemátodos son un grupo que presenta adaptaciones para tolerar condiciones anaeróbicas (Wieser et al., 1974), tienen ciclos de vida cortos que les permiten adaptarse rápidamente a un medio ambiente cambiante (Dye, 1983) y poseen una variedad de estructuras bucales adaptadas para explotar el alimento presente en los depósitos lodosos. Estas características explican, en parte, el que los nemátodos sean el grupo más numeroso de la meiofauna de sedimentos limo arcillosos y de más amplia distribución vertical.

En Punta Morales además de los nemátodos hay otros grupos que penetran hasta los seis centímetros de profundidad (Fig. 7). Entre éstos

grupos están los ostrácodos, los foraminíferos y los bivalvos. Otros grupos como los copépodos, las larvas de crustáceos y poliquetos penetran hasta los seis centímetros en forma muy esporádica y su distribución podría estar asociada al microambiente oxigenado asociado con tubos de poliquetos (Reise y Ax, 1979). Los quinorrincos, los cumáceos y los turbelarios se encuentran únicamente en los dos primeros centímetros del sedimento.

Barnet (1968) encontró que la mayor parte de copépodos harpaticóides se encuentran en los primeros 0.5-1 cm de profundidad en sedimentos lodosos, atribuyendo esta distribución a la textura floculante del sedimento superficial. Esta capa facilita la locomoción y la captura de alimento por parte de los copépodos, mientras que el sedimento profundo más compacto y menos oxigenado, lo dificulta. Bell y Sherman (1980) estudiaron la presencia de copépodos y nemátodos en sedimentos resuspendidos. Encontraron que del 12 al 44% de los copépodos se hallan en la fracción de sedimento que se resuspendía y en la interfase sedimento-agua, mientras que solamente un porcentaje muy bajo de nemátodos se encontraba en esta capa. La mayor parte de los nemátodos se concentró en los sedimentos más compactos del fondo.

La disminución en densidad de la fauna en las capas más profundas del sedimento se atribuye a la reducción del espacio intersticial debido a compactación, al reducido contenido de oxígeno y a la reducción en la disponibilidad de alimento. (McIntyre, 1969).

Se infiere que los principales factores responsables de la distribución vertical de la meiofauna, son los procesos de oxidación-reducción

que se dan en el sedimento. Estos procesos dividen la fauna en dos grupos, uno asociado a la región oxigenada del sedimento y otro asociado a la región anóxica del mismo (Apéndice 1, Sección 2.7).

d) Índice Nematodos/Copépodos (N/C)

El índice nemátodos/copépodos (N/C) ha sido propuesto por Rafaelli y Mason (1981) como indicador de ambientes contaminados por materia fecal. En este trabajo los valores del índice N/C están dentro de un ámbito de 8 a 1653 para Punta Morales y entre valores de 6 a 25 en Puntarenas (Cuadro 4). De acuerdo con Rafaelli y Mason (1981) Puntarenas y Punta Morales pueden ser considerados "libres de contaminación", al menos para el período entre el 16 de junio de 1983 a marzo de 1984 y los meses de julio y setiembre de 1984. La ausencia de fuentes importantes de materia fecal en Punta Morales, hace necesario considerar la posibilidad de que el índice N/C con valores de 644 y 1653, se deba a la distribución en parches, característica de la meiofauna (Lee et al., 1977), y a factores físicos ambientales.

La presencia de varias fuentes de materia fecal en La Guevara, sitio donde se tomaron las muestras en Puntarenas, hace pensar que el índice N/C de 28.7 y 6.0 es muy bajo. Por lo tanto, estos valores del índice deben ser interpretados con cautela, especialmente cuando aún existe polémica sobre su utilidad como indicador de contaminación (Ejs: Coull et al., 1981; Rafaelli y Mason, 1981; Amjad y Gray, 1983; Vidakovich, 1983). No se debe olvidar la posible presencia de copépodos oportunistas adaptados a vivir en un medio ambiente poco oxigenado y con alto contenido de materia orgánica.

Se hace necesario estudiar la biología de las especies de nemátodos y copépodos, que hay en cada región, para entender como repercute ésta sobre el índice empleado. Sin embargo, la utilidad potencial del índice N/C como indicador de contaminación es digna de ser considerada debido a la relativa facilidad de un cálculo en comparación con otros índices (ej: H') utilizados en la evaluación del impacto de un contaminante sobre comunidades naturales.

APENDICE 1

REVISION DE LA LITERATURA DISPONIBLE

1.- Historia de la investigación sobre Meiofauna.

2.- Ecología

2.1 Grupos que forman la Meiofauna

2.1.1 Meiofauna temporal.

2.1.2 Meiofauna permanente.

2.1.3 Interacciones entre los grupos temporal y permanente de la Meiofauna.

2.2 Zonas batimétricas para el estudio de la Meiofauna.

2.3 Factores físicos y biológicos que afectan la distribución horizontal y vertical de la Meiofauna en el sedimento.

2.3.1 Tamaño del poro entre partículas del sedimento.

2.3.2 Calidad del agua del poro.

i- Temperatura

ii- Salinidad

iii- Oxígeno, pH y Potencial Redox (Eh)

iv- Alimento.

2.4 Adaptaciones de la Meiofauna a su micro-ambiente.

2.5 Posición en las cadenas tróficas.

2.6 Efecto de la contaminación en la Meiofauna

2.7 Distribución vertical de la Meiofauna e hipótesis del Tiobios.

3.- Investigaciones representativas sobre Meiofauna hechas en la zona de entre-mareas del Trópico.

4.- Métodos de Investigación.

4.1 Técnicas de muestreo

4.2 Extracción de los organismos del sedimento.

4.2.1 Tamaño de la malla.

REVISION DE LITERATURA

1.- Historia de la Investigación sobre Meiofauna.

Durante las primeras décadas de este siglo, las investigaciones del bentos marino estuvieron dirigidas principalmente al estudio de la Macrofauna, generalmente definida como aquellos organismos con un tamaño mayor a las 1000 micras (Gray, 1981). En estos trabajos, las muestras colectadas se lavaban a través de mallas con un tamaño de poro entre los 1000 y las 2000 micras, y todos los organismos más pequeños eran desechados (Petersen, 1918). Existían, sin embargo, algunos grupos taxonómicos con tamaños menores a las 1000 micras, como los foraminíferos y los ostrácodos, cuya biología y distribución se conocían bastante bien, por su importancia en los estudios geológicos (Benson, 1966 en McIntyre, 1969).

Las primeras publicaciones sobre meiofauna que aparecen en la literatura, en las cuales se analiza en forma cuantitativa a los organismos menores de las 1000 micras, aparecieron alrededor de 1930. Estas investigaciones iniciadas por Remane en 1923 son un análisis general; en ellos se estudió el conjunto de organismos pequeños como

2.- Ecología

2.1 Grupos que forman la Meiofauna

La meiofauna se refiere a una porción del espectro de tamaño de los animales, e incluye no solo a especies o grupos que pueden permanecer dentro de esta categoría durante todo su ciclo de vida, sino también a formas juveniles de la macrofauna. Por tal motivo, se hace una distinción entre meiofauna temporal y meiofauna permanente (McIntyre, 1969).

2.1.1 Meiofauna temporal

Esta categoría la forman los juveniles de la macrofauna e incluye a cualquier grupo que tenga etapas juveniles bénticas, como algunos poliquetos moluscos y crustáceos (McIntyre, 1969). Pueden ser muy abundantes en número y su presencia está muy localizada en tiempo y espacio, debido a la selección estricta del hábitat o estacionalidad que presentan los invertebrados bénticos (Meadows y Campbell, 1972).

2.1.2 Meiofauna permanente

Esta categoría incluye especies que, aún en estado adulto, son de un tamaño menor o igual a 500 micras. Los miembros más abundantes de la meiofauna permanente son: los nemátodos (Nematoda), los copépodos harparticoides (Copepoda), los anélidos (Oligochaeta y Polychaeta), los gusanos planos (Turbellaria), los foraminíferos (Foraminifera) y los ostrácodos (Ostracoda). Los miembros menos abundantes de esta categoría son los gastrotricos (Gastrotricha), los tardígrados (Tardigrada), los ácaros (Acari, Halacarida), los rotíferos (Rotifera)

y los archiannelidos (Archiannelida), (Gayle, 1980).

Los quinorrincos (Kinorhyncha), los gnatostomúlidos (Gnathostomulida), los cefalocáridos (Crustacea, Cefalocarida), los mistacocáridos (Crustacea, Mystacocarida) y los loricíferos (Loricifera), son grupos exclusivos del mieobentos (Gayle, 1980); siendo los gnatostomúlidos y los loricíferos los dos últimos phyla descritos en el siglo XX (comunic. pers. José Vargas). Sólo algunas especies de los siguientes taxa se han adaptado al microhábitat que ocupa la meiofauna: los nemertinos (Nemertina), los isópodos (Crustacea, Isopoda), los copépodos ciclópodos (Copepoda), los cnidarios (Cnidaria), los moluscos (Mollusca), una especie de braquiópodo (Brachiopoda), varios géneros de holotúridos (Holothuroidea), de briozoos (Bryozoa) y unos pocos géneros de ascidias (Urochordata), McIntyre (1969).

2.1.3 Interacciones entre los grupos temporal y permanente de la Meiofauna

La estructura de la comunidad de la macrofauna puede ser afectada por la meiofauna presente en una playa (Bell y Coull, 1980; Watzin, 1983). Cuando las larvas de la macrofauna y sus juveniles se reclutan al bentos, son tan pequeños que se consideran dentro de la categoría de meiofauna temporal y podrían competir con la meiofauna permanente (Bell y Coull, 1980).

Los turbelarios y la meiofauna en general, afectan el reclutamiento de las larvas y juveniles de la macrofauna, ya sea porque se alimentan de ellos (Watzin, 1983) o porque existe competencia por alimento y por espacio, entre la macrofauna y la meiofauna (Bell y

Coull, 1980). Esta es un área de investigación muy reciente.

2.2 Zonas batimétricas para el estudio de la Meiofauna.

Los fondos marinos se han dividido en tres grandes zonas para el estudio de la meiofauna:

- a) Zona de entre-mareas.
- b) Zona sublitoral.
- c) Zona de abisal o profunda.

a) La zona de entre mareas, por su facilidad de acceso y de colecta de muestras, ha sido desde todo punto de vista, la más estudiada. Esta zona está constituida por la región que se encuentra entre la marea más alta y la marea más baja del año (McIntyre, 1971).

b) La zona sublitoral, empieza a partir de la marea más baja equinoccial y ocupa toda la plataforma continental (hasta 200 m de profundidad). Esta región ha sido menos estudiada, debido al costo alto de la toma de muestras (McIntyre, 1964, 1971).

c) La tercera zona y la menos estudiada, es la que trata con el meiobentos de los mares abisales o profundos. En el Océano Atlántico se han investigado, hasta el momento, 50 estaciones a profundidades mayores de 570 m (Wegley y McIntyre, 1964) y en el Océano Pacífico, 6 estaciones (Shyremaya, 1984). Estos estudios, se han ocupado de la relación que existe entre la abundancia de los organismos, el tipo de sedimento y la profundidad.

Shyremaya (1984) realizó un estudio más completo, el cual incluye la biomasa, el número de organismos, las relaciones que tienen

éstos con la profundidad y con algunos factores físicos y químicos de las zonas profundas.

2.3 Factores físicos y químicos que afectan la distribución horizontal y vertical de la Meiofauna.

Existen varios parámetros físicos y químicos que afectan la distribución de las poblaciones del meiobentos. Entre estos factores están: la permeabilidad, la porosidad, la consolidación del sedimento, la forma de las partículas (redondez), el tamaño del grano y su heterogeneidad, el porcentaje de arcilla y limo, los minerales, la cantidad de poro con agua lacunar, la acción de las olas (turbulencia), la inclinación de la playa, la salinidad, la temperatura, el pH, el potencial Redox (Eh), la concentración de sulfuro de hidrógeno (H_2S), la concentración y disponibilidad del oxígeno y la calidad y disponibilidad del alimento (Gayle, 1980). Todos los factores anteriores, se pueden resumir en dos grupos: aquellos que determinan el tamaño del poro del sedimento y aquellos que afectan principalmente la calidad del agua entre los espacios de los poros.

2.3.1 Tamaño del poro entre partículas del sedimento.

Las características de las partículas que forman el sedimento, determinan la dimensión y la extensión de los laberintos intersticiales (porosidad), lo mismo que su permeabilidad y penetrabilidad por la meiofauna; esto sucede especialmente con aquellas formas que son muy pequeñas para mover las partículas del sedimento y por lo tanto deben moverse entre los espacios intersticiales (Pollock, 1971).

La heterogeneidad del tamaño de la partícula, su consolidación y la forma de cada grano, son factores que determinan la porosidad intersticial, que puede comprender en algunos casos, del 36 al 40% del volumen total en las playas arenosas (Rutner-Kolisko, 1962 in Hulings, 1971).

Para la meiofauna intersticial, que pasa a través de los espacios del sedimento sin mover las partículas, la dimensión del poro puede ser un factor limitante, especialmente cuando la proporción arcilla y limo aumenta (Salvat, 1963). La cantidad de agua en el poro durante la marea baja, puede limitar seriamente el espacio lacunar a una fina película de agua alrededor de los granos de arena y restringir así, el tamaño, la forma del cuerpo y el modo de locomoción de los animales que habitan estos microambientes (Swedmark, 1964; Gray, 1968).

McIntyre (1969), encontró que la abundancia de la meiofauna de la zona entre mareas decrece desde los sedimentos gruesos donde la diversidad de taxa es mayor, hacia los sedimentos de arena más fina, en donde el número de taxa es menor. Sin embargo, las densidades mayores de la meiofauna, las encontró en los sedimentos muy finos (lodosos), donde la diversidad de grupos taxonómicos es muy baja.

2.3.2 Calidad del agua del poro

La composición química del agua intersticial, en la zona de entre mareas, está determinada por la temperatura, la salinidad, el oxígeno, el pH, el Eh, el sulfuro de hidrógeno, el alimento, así como por la marea, la precipitación, el agua que llega de los continentes y el agua subterránea.

i. Temperatura

La temperatura de los sedimentos de la zona entre mareas está regulada por factores generales tales como el clima, la estación y las condiciones del día. Hay otros factores locales que también la modifican como: el declive de la playa, la humedad mantenida en los espacios intersticiales, la temperatura del aire y la exposición del sedimento (Hulings y Gray, 1971). La elevación de la temperatura aumenta la salinidad y el pH, disminuye también la cantidad de agua en el poro y el contenido de oxígeno (Wieser, 1975; Gayle, 1980).

ii. Salinidad

Con excepción de las áreas donde la cantidad de lluvia es extrema, la salinidad del agua intersticial es semejante a la del mar y, en muchos casos durante la marea baja, un poco mayor debido a evaporación (Fenchel y Jonsson, 1963; Hulings y Gray, 1971).

Dentro de la zona entre mareas la salinidad superficial del sedimento varía más en la región supralitoral, que en la región infralitoral, pues es la que está más tiempo expuesta durante las mareas bajas. Las regiones supralitorales, están habitadas principalmente por organismos eurihalinos, en los primeros centímetros del sedimento, mientras que en los sedimentos más profundos y en la región infralitoral, habitan organismos estenohalinos (Wieser, 1975), pues las variaciones en salinidad son menores.

iii. Oxígeno, pH y Potencial Redox (Eh)

En términos generales, se puede decir que la concentración horizontal y vertical de oxígeno en el agua intersticial decrece desde el mar, hacia la tierra y desde la superficie de la arena, hacia la

profundidad del sedimento (Jonsson, 1967).

Sin embargo, este patrón puede ser irregular y difícil de distinguir. El oxígeno es uno de los parámetros más difícil de medir en los intersticios y todavía no se ha desarrollado un método que lo haga con bastante precisión (Gayle, 1980). Se le mide indirectamente al medir el Eh en milivoltios con un electrodo específico.

La cantidad de oxígeno en el sedimento depende de la permeabilidad del mismo, por lo tanto, en playas con arena de grano muy fino y poco permeable, se forma una capa anóxica caracterizada por sulfuro de hidrógeno y sulfuro ferroso, cerca de la superficie del sedimento, llamada Capa de Discontinuidad del Potencial Redox (R.P.D.), Fenchel (1964). El potencial Redox (Eh) en los sedimentos tiene valores positivos en la superficie, (+300 mv) donde el oxígeno se encuentra en forma libre y todas las reacciones están equilibradas hacia su estado de mayor oxidación. Este valor disminuye con la profundidad y alrededor de los +125 mv el hierro férrico se reduce a hierro ferroso, lo que hace que los sedimentos se tornen oscuros. Esta es la Capa de Discontinuidad de Potencial Redox. En la región reducida del sedimento donde existen condiciones anaeróbicas, los valores de Eh pueden llegar a ser de -350 mv o más, (Fenchel, 1969; Patrick De Laune, 1977).

El mayor número de organismos y de grupos de la meiofauna, se encuentra en la capa aeróbica del sedimento. Pero existen varias especies de nemátodos, turbelarios, gnatostomúlidos y loricíferos, que sí toleran estas condiciones de vida anaeróbicas (Powell y Bright, 1981). Sin embargo, sobre este punto hay controversia pues teóricamente todos

los metazoarios son aeróbicos. (Ver sección 2.7).

Hasta el momento no se conoce el efecto que el pH tiene sobre la distribución de la meiofauna. Se cree que este varía muy poco en las playas (Pollock, 1971); sin embargo, se ha encontrado que la temperatura alta y la fotosíntesis de microalgas en el sedimento, pueden aumentar los valores de pH en el agua del poro cercano a la superficie, a valores alcalinos de 9.6 o más (Wieser et al., 1974).

iv. Alimento

Se ha propuesto generalmente que la meiofauna se alimenta principalmente de la materia particulada, los hongos, las algas, las bacterias y las levaduras asociadas a los sedimentos (Gerlach, 1978; Marshall, 1970; Gayle, 1980).

El detritus orgánico tiene importancia química, física y biológica. Se encuentran cantidades pequeñas en las playas de arena grano y en mayor cantidad en playas de arena muy fina (Hulings y Gray, 1971). La materia particulada muy pequeña afecta la capacidad de retención del agua por los sedimentos y se acumula en los espacios entre los granos del mismo (Warwick, 1981).

El estudio de los parámetros expuestos anteriormente es importante porque con él se describe el ambiente, esto no significa que con el conocimiento de los valores de estos parámetros se pueda, a la fecha, predecir los grupos de la meiofauna que se encuentren en dicho ambiente y su distribución. Muy pocos trabajos han encontrado correlaciones significativas entre algún parámetro ambiental y la composición y distribución de la meiofauna. No se puede saber en

estos estudios si es este o aquel parámetro y sus interacciones determinan la distribución, o si más bien son otros parámetros que no se están midiendo en ese momento los que están interviniendo (Holme y McIntyre, 1974).

2.4 Adaptaciones de la Meiofauna a su micro-ambiente.

El hecho de vivir en condiciones ambientales muy restringidas, ha provocado que la morfología y fisiología de los grupos taxonómicos del meiobentos hayan evolucionado en forma convergente (Hulings, 1971; Warwick, 1981). Entre las adaptaciones que presentan éstos organismos están:

- a- un tamaño pequeño (vida dentro de los intersticios),
- b- cuerpo elongado anteroposteriormente (movimiento entre los granos del sedimento),
- c- cuerpo aplanado dorsoventralmente (vida en la película de agua que queda alrededor de los granos de arena),
- d- el poseer estructuras adhesivas ,
- e- el adaptar su tasa metabólica a la cantidad de alimento que existe;
- f- el poseer en muchos casos un número reducido de huevos paralelo a un desarrollo larval directo;
- g- el producir de 2 a 3 generaciones al año.

Los ciclos reproductivos cortos tienen ventaja en especies que copulan porque pueden regular su porcentaje de machos y hembras rápidamente, de acuerdo con la densidad de la población y de la disponibilidad de alimento (Hulings, 1971; Warwick, 1981).

Algunos de estos grupos han adaptado su metabolismo en tal forma que les permita consumir oxígeno en ambientes con concentraciones muy bajas del mismo, y por lo tanto, penetrar e incluso permanecer temporalmente en la región anaeróbica del sedimento, para alimentarse allí de las bacterias quimiosintéticas (Powell y Bright, 1981).

2.5 Posición en Cadenas Tróficas.

La meiofauna tiene un tamaño intermedio entre la macrofauna y la microfauna y se alimenta de la materia orgánica y la microbiota del sedimento. Por su abundancia, se ha sugerido que constituyen una fuente importante de alimento para la macrofauna (Marshall, 1970).

El análisis del contenido estomacal hecho en peces y en otros consumidores del fondo (Tietjen, 1966), mostró poca cantidad de meiofauna y especialmente de nemátodos. En este trabajo se llegó a la conclusión de que se sobreestima la importancia que se le da a la meiofauna como fuente de alimento de la macrofauna.

La macrofauna que se alimenta de detritus, no es en muchos casos, selectiva con su alimento y utiliza la meiofauna como fuente adicional de alimento (McIntyre, 1961). La meiofauna, debido a su bajo peso, no puede constituir una fuente significativa de carbono para sus consumidores (Gerlach, 1978), tales como peces mugílidos (Lasserre et al., 1976), camarones y cangrejos ermitaños (Lee et al., 1976). Sin embargo, otros estudios han demostrado que ciertas especies de la macrofauna, sí se alimentan de la meiofauna. Ejemplo de esto lo constituyen el pez Gobionellus baleosum (Gobiidae), el cual se alimenta de copépodos, ostrácodos y nemátodos (Carle y Hostings, 1982) y el

camarón Palaemonetes pugio el cual, en condiciones experimentales, disminuyó la población de nemátodos, oligoquetos y poliquetos en relación con los grupos control (Bell y Coull, 1978).

El pez Callionymus pauciradiatus (Callyanemidae) se alimenta principalmente de copépodos harpaticoides, los cuales llegan a constituir el 90% de su dieta; se calculó en este estudio una tasa de ingestión promedio de 1000 copépodos por pez al día (Sogard, 1984).

Muchos estudios de laboratorio y de campo, han demostrado que la meiofauna se alimenta de la microbiota; lo mismo que de la materia particulada de los sedimentos (Meyer, Reidl y Faubell, 1980) y colabora a su vez con la rápida mineralización de la materia orgánica, al limpiar el detritus de bacterias, algas, hongos y levaduras, fraccionándolo en pedazos más pequeños y perparándolo así para que otras bacterias, algas, hongos y levaduras, lo colonicen de nuevo (Lee et al., 1976; Gerlach, 1978). Esta es una de las funciones más importantes de la meiofauna.

2.6 Efectos de la contaminación en la Meiofauna

Se han hecho estudios para determinar los efectos que sobre la meiofauna tiene la contaminación por petróleo (McLaham y Korty, 1981; Flegger y Chandler, 1983), con aguas negras (Coull et al., 1981; Rafaelli y Mason, 1981; Ansari et al., 1984) y con desechos atómicos e industriales (Gray, 1971; Herrera y Del Valle, 1980).

En cuanto a la contaminación por petróleo, se ha encontrado que ésta, a menos que sea en grandes cantidades e "in situ", no produce un efecto negativo en la filtración del agua a través de los poros del sedimento (McLaham y Korty, 1981). Esto, sin embargo, no implica que la

purificación del agua, que es un proceso principalmente biológico, no se vea afectado. Un estudio hecho con petróleo crudo, derramado en las marismas de Florida, no mostró ningún efecto en la mortalidad de los organismos de los diferentes taxa y algunos grupos como nemátodos, aumentaron su número (Flegger y Chandler, 1983).

La contaminación por industrias químicas, estudiada en una laguna costera de la isla de Cuba, afectó la densidad y la distribución de los grupos. Esta investigación se hizo comparando sitios a lo largo de una gradiente (Herrera y Del Valle, 1980). Gray (1971), demostró que la contaminación causada por una refinadora de petróleo en las costas de Inglaterra, por estación nuclear y por residuos industriales, no produjo una reducción en el número de especies desde el año 1933; es decir, en un lapso de 36 años.

En cuanto al efecto del derrame de las aguas negras sobre la densidad y la distribución de la meiofauna, Vidakovick (1983) comparó la densidad de ésta, en las estaciones más cercanas con las más lejanas a la fuente de contaminación, en sedimentos del Mar Adriático, encontrando que el derrame no influyó en la densidad, ni en la distribución de la meiofauna.

En una investigación realizada en el Estuario de Mandovi que desemboca en el Mar Árabe, a la que llegan cerca de 1300 millones de litros de desechos urbanos al año, se encontró que la contaminación afecta la densidad de los nemátodos y la distribución de la fauna, así como la variación espacial y temporal en la densidad de la meiofauna (Ansari et al., 1984). Este campo es, por lo tanto, muy controversial.

Rafaelli y Mason (1981), propusieron un índice que consiste en dividir el número total de nemátodos entre el número total de copépodos. Llegaron a la conclusión de que si el índice nemátodos/copépodos (N/C) es mayor a 100, la playa puede considerarse como contaminada. Ese mismo año Coull et al., (1981) y Warwick (1981) rebatieron este índice, argumentando que existen muchos factores, además de la contaminación, que pueden afectar la densidad y la distribución de la meiofauna. Existen además varias especies de copépodos oportunistas, que pueden llegar a dominar sobre los nemátodos en ambientes con bajo contenido de oxígeno y contaminado por materia orgánica. Según Warwick (1981) el reducir la estructura de una comunidad tan compleja, como lo es la meiofauna, a un simple índice es simplificar demasiado las cosas. Sin embargo, el índice parece tener potencial predictivo (Amjad y Gray, 1983), por lo que se necesita más información, especialmente en ambientes tropicales.

2.7 Distribución vertical e hipótesis del Tiobios

Fenchel y Riedl (1970) describieron las condiciones ambientales, la fauna y la biota de los sedimentos reductores, llamándolo "Sistema del Sulfuro". Entre los organismos asociados a este sistema se incluyen varios micrometazoarios como los gnatostomúlidos, gastrotricos, nemátodos y turbelarios. Boaden y Platt (1971) sugirieron el término "Tiobios" para describir la biota del sistema del Sulfuro; este biotopo se caracteriza por poseer una alta concentración de sulfuro de hidrógeno y una disminución en los niveles de oxígeno, paralelo a valores negativos del Eh.

En la mayoría de los sedimentos marinos arenosos, están presentes dos grupos de organismos: uno que habita los sedimentos con oxígeno de la superficie; y el Tiobios (Boaden y Platt, 1971) que habita la capa de discontinuidad del potencial Redox y los sedimentos reducidos más profundos (Fenchel y Riedl, 1964; Powell y Bright, 1981). Boaden (1975), sugirió que muchos metazoarios tiobióticos pueden ser anaeróbicos. El ambiente anóxico del sistema del sulfuro evidencia la existencia de mecanismos anaeróbicos desarrollados, que producen energía en los invertebrados (Saz, 1971). Estudios fisiológicos (Wieser et al., 1974) y bioquímicos (Powell et al., 1980), apoyan en gran medida la teoría de Boaden, sus resultados indican una reducción en la dependencia del oxígeno de los organismos tiobióticos.

Reise y Ax (1979) sugieren que estos organismos llamados tiobióticos son una mera extensión de la comunidad de la superficie; la cual se adapta a ambientes con niveles muy bajos de oxígeno que se presentan a lo largo de las paredes de los tubos enterrados de los poliquetos, argumentando que en realidad no existe una verdadera comunidad asociada con el ambiente reductor.

Powell y Bright (1981) encontraron una comunidad asociada con ambientes de sulfuro de hidrógeno dominada por gnatostomúlidos. Esta comunidad presenta adaptaciones fisiológicas, para habitar un ambiente anaeróbico, y se alimenta de la microbiota asociada al sistema del sulfuro. Los gnatostomúlidos parecen ser, a la fecha, el único grupo de la meiofauna propiamente anaeróbico; sin embargo, mecanismos de

metabolismo anaeróbico están siendo descubiertos recientemente en la macrofauna (Schottlen, 1979).

3. Investigaciones sobre Meiofauna realizadas en la zona de entre mareas del Trópico.

El mayor número de estudios realizados en el trópico provienen de la zona sublitoral y de las regiones estuarinas. Los trabajos realizados en la zona de entre mareas son escasos. El primer estudio fue hecho en la costa de la Bahía de Bengala (Ganapati y Rao, 1962, citado por McIntyre, 1969); donde se trabajó con arenas de grano grueso y se encontró densidades de población muy bajas (de 178 a 300 individuos por 10 cm^3).

McIntyre (1968) analizó la meiofauna de la Bahía Bengala, en una arena con tamaño de grano promedio entre los 220-240 micras. Encontró densidades de población de 1307 individuos por 10 cm^2 de los cuales el 65% eran nemátodos. En los trabajos anteriormente citados se encontró que la densidad mayor de organismos, estaba localizada cerca del nivel medio de la marea. En estos estudios el grupo dominante fue el de los nemátodos, seguido por el de los copépodos. Existen grupos como los foraminíferos, los ostrácodos, los gastrotricos, turbelarios, bivalvos, gastrópodos y los quinorrincos que se encuentran representados en menor número (McIntyre, 1968).

La literatura sobre meiofauna del trópico americano es escasa (Tournié y Penchaszadeh, 1982). Nos referimos a dos ejemplos de Cuba (Herrera y Del Valle, 1980; Herrera y Sánchez, 1982). En el primero se analiza el efecto que tiene sobre la densidad de la meiofauna la

contaminación, producida por tres industrias, situadas cerca de un estuario. Los grupos encontrados en orden de abundancia en este estudio fueron nemátodos, copépodos, poliquetos, ostrácodos, oligoquetos, anfípodos, tanaidáceos y bivalvos. En el otro estudio (Herrera y Sánchez, 1982) se dividió la Bahía de Cien Fuegos en tres grandes zonas ecológicas de acuerdo con la distribución de la meiofauna. En este trabajo no se dan datos de densidades ni de los grupos presentes.

Es muy difícil comparar la información que existe en la literatura, debido a que los métodos utilizados son diferentes; hay casi un método para cada investigación! Los barrenos empleados son de diferente diámetro, la profundidad a la cual se muestreó varía, la malla por la cual se tamiza es diferente y en muchos casos no se da el tamaño de grano promedio que se muestreó. Es necesario estandarizar los métodos básicos.

4. Métodos de estudio de la meiofauna.

4.1 Recolecta de Muestras.

Existen varias formas de muestrear la meiofauna. Estas dependen de la zona que se va a coleccionar y de los objetivos del estudio que se va a realizar. Aquí solo discutiré el método más empleado en las playas según Gonor y Kemp (1978).

El recolector de muestras más común para el estudio cuantitativo de la meiofauna es el tubo nucleador o barreno (Holme, 1974). La longitud de éste se relaciona con el tipo de arena que se está muestreando, ya que los organismos penetran a diferente profundidad, de acuerdo con

el tipo de sedimento, dependiendo de si es arena gruesa, fina o lodo (Gayle, 1980). El diámetro del nucleador es muy importante; si es muy angosto generalmente comprime las muestras y dificulta el análisis de distribución vertical de los organismos y si es muy ancho podría no retener un tipo determinado de sedimento (Gray, 1971), como el caso de arenas gruesas.

4.2 Extracción

La extracción se refiere a la remoción de los organismos de la muestra del sedimento en la cual se encuentran. Esta parte del trabajo es la que toma más tiempo en el estudio de la meiofauna y la que limita el número de muestras que se pueden analizar en un tiempo determinado (Dean, 1979).

Existen gran cantidad de técnicas para extraer la meiofauna, que dependen de si ésta se va a analizar en vivo o preservada (Uhlir, et al., 1973). El método más eficiente (para meiofauna preservada en formalina y teñida con rojo de bengala) es el de lavar las muestras a través de tamices de 500 y 62 micras con agua y luego con alcohol etílico al 70% (Gray y Rield, 1971).

4.2.1 Tamaño de la malla

En cualquier método que se utilice malla para concentrar la fauna y extraerla del sedimento, el tamaño de apertura es crítica (Uhlir, et al., 1973); una malla muy pequeña, de 30-40 micras, retiene gran cantidad de microorganismos, así como materia orgánica y por lo tanto aumenta el tiempo empleado para separar la fauna de este material. Por otro lado, una malla con los poros mayores a 62 micras produce pérdidas de muchos organismos meiofaunales.

De Bovee et al. (1974) compararon la efectividad de las mallas de 100, 80, 63, 50 y 40 micras para separar meiofauna de sedimentos fan-
gosos. Encontraron que el 100% de todos los taxa, excepto los nemáto-
dos y quinorrincos, eran retenidos en la malla de 63 micras y un 90.5%
de la meiofauna total del sedimento. Es por lo tanto importante estan-
darizar métodos. Para estudios en los que se desee solamente obtener
una idea de los organismos más comunes (como es este caso), el uso de
una malla de 62 micras es la más apropiada.

Tiempo	Probabilidad		
	entre masas	profundidad	interacción entre masas y profundidad
10	0.009	0.5845	0.634
15		0.4007	
20	0.009	0.5311	0.748
25	0.009	0.1304	0.055

APENDICE 2

Probabilidades obtenidas del análisis de varianza que comparó las características del sedimento: (MO), materia orgánica; (TPG), tamaño promedio del grano; (LA), porcentaje de limo y arcilla y (CA), porcentaje de Carbonatos) los meses de julio, agosto y setiembre de 1984 a diferentes profundidades (0.0-2, 2.0-4.0 y de 4.0-6.0 cm).

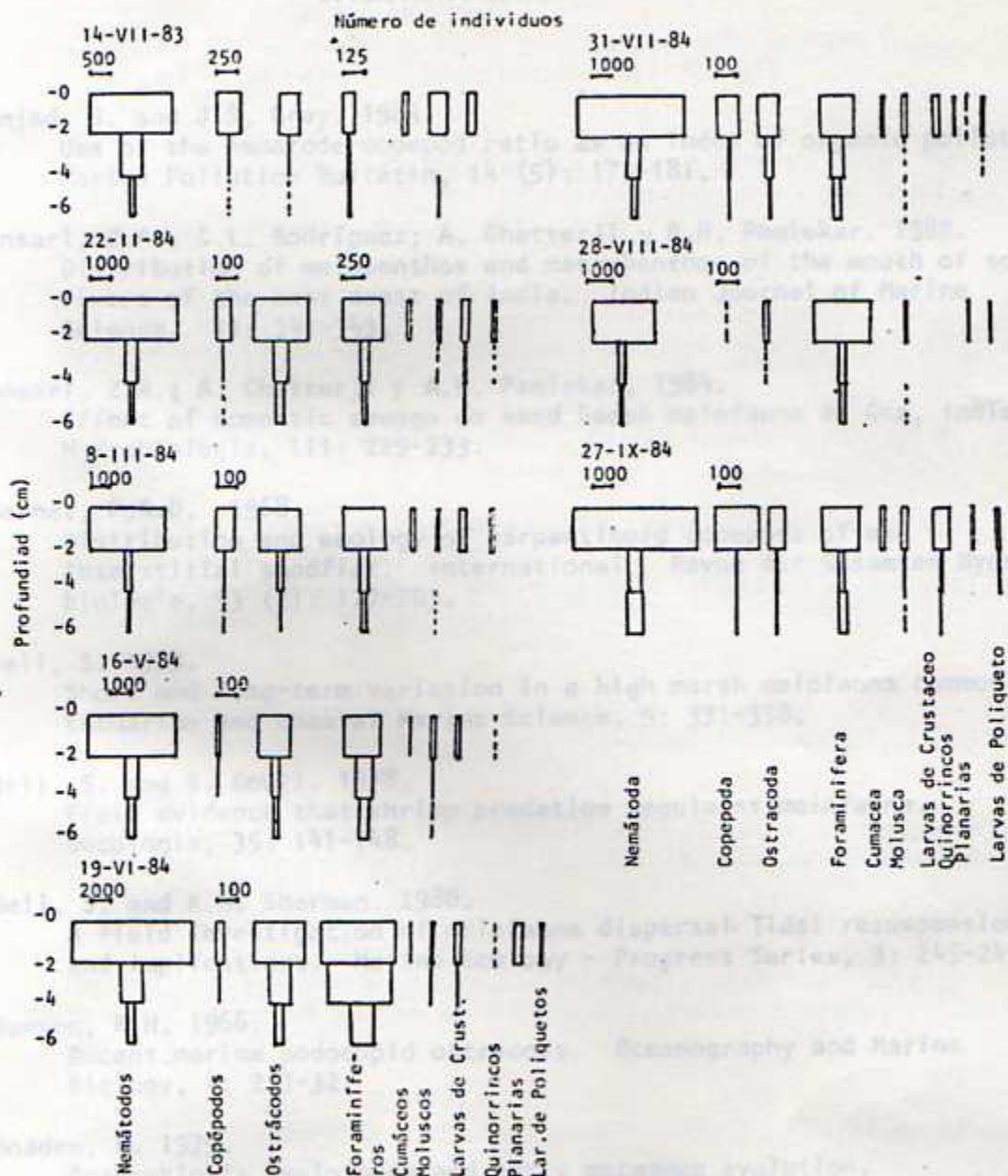
Parámetro	Probabilidad		
	entre meses	Profundidad	Interacción entre meses y profundidad
MO	0.000	0.9845	0.674
TPG	-	0.4007	-
LA	0.000	0.5317	0.718
CA	0.0029	0.1308	0.099

APENDICE 3

Porcentaje del número de organismos que se encuentran a diferentes profundidades en el sedimento en los meses de muestreo,

MESES	Profundidad (cm)		
	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0
VII -1983	4.0%	15.5%	80.5%
II -1984	5.2%	10.7%	84.1%
III-1984	3.0%	5.0%	92.1%
V -1984	9.0%	12.0%	79.2%
VI -1984	4.0%	20.7%	75.0%
VII -1984	4.8%	11.8%	83.4%
VIII-1984	4.1%	9.5%	86.4%
IX -1984	10.2%	8.0%	81.8%

APENDICE 4



Distribución vertical (0-2cm, 2-4cm y 4-6cm) en el sedimento de los principales taxa encontrados en Punta Morales durante los meses de muestreo.

LITERATURA CITADA

- Amjad, S. and J.S. Gray. 1983.
Use of the nematode-copepod ratio as an index of organic pollution.
Marine Pollution Bulletin, 14 (5): 173-181.
- Ansari, Z.A.; C.L. Rodríguez; A. Chatterji y A.H. Pamlekar. 1982.
Distribution of meiobenthos and macrobenthos of the mouth of some
rivers of the east coast of India. Indian Journal of Marine
Science, 11: 341-343.
- Ansari, Z.A.; A. Chatterji y A.H. Pamlekar. 1984.
Effect of domestic sewage on sand beach meiofauna at Goa, India.
Hydrobiologia, 111: 229-233.
- Barnet, P.R.D. 1968.
Distribution and ecology of harpacticoid copepods of an
interstitial sandflat. International Revue der Gesamten Hydro-
biologie, 53 (2): 177-209.
- Bell, S. 1979.
Short and long-term variation in a high marsh meiofauna community.
Estuarine and coastal Marine Science, 9: 331-350.
- Bell, S. and B. Coull. 1978.
Field evidence that shrimp predation regulates meiofauna.
Oecologia, 35: 141-148.
- Bell, S. and K.M. Sherman. 1980.
A field investigation of meiofauna dispersal. Tidal resuspension
and implications. Marine Ecology - Progress Series, 3: 245-249.
- Benson, R.H. 1966.
Recent marine podocopid ostracods. Oceanography and Marine
Biology, 4: 213-32.
- Boaden, P. 1975.
Anaerobiosis, meiofauna and early metazoan evolution.
Zoologica Scripta, 4: 21-24.
- Boaden, P. and M. Platt. 1971.
Daily migration patterns in a intertidal meiobenthic community.
Thalassia Yugoslavica, 7 (1): 1-12.
- Coull, B.C.; G.R. Hicks y J.B. Wells. 1981.
Nematode/Copepod ratios for monitoring pollution: a rebuttal.
Marine Pollution Bulletin, 12 (11): 378-381.

- Carle, K.J. and P.A. Hastings. 1982.
Selection of meiofauna prey by the darter goby Gobionellus
baleosowa (Gobiidae). Estuaries, 5 (4): 316-318.
- Damodaran, R. 1970.
Meiobenthos of the mud banks of the Kerala coasts. En:
Prasad, E. (Editor). Proceedings of the Symposium on Marine
Intertidal Ecology. I.A.D. India. pp. 287-297.
- de Bowee, F. et al., 1974.
The importance of the mesh size for the extraction of the
muddy bottom meiofauna. Limnology y Oceanography 19 (2): 350-354.
- Dean, H.K. 1981.
Seasonal effects of beach exposure on the meiobenthos. Ph.D.
dissertation, University of Delaware. 172 pp.
- Dixon, W.J.; M.B. Brown; L. Engleman J.W. Grane; M.A. Hill; R.I.
Jennrich; J.D. Joporek. 1983.
BMDP Statistical software, printing with additions. University
of California Press. 733 pp.
- Dye, A.H. 1983.
Composition and seasonal fluctuations of meiofauna in a
southern African Mangrove Estuary. Marine Biology, 73: 165-170.
- Dye, A.H. 1983.
Vertical and horizontal distribution of meiofauna in mangrove
sediments in Transkei, Southern Africa. Estuarine Coastal and
Shelf Science. 16: 591-598.
- Fenchel, T.M. and R.J. Riedl. 1970.
The sulfide system: a new biotic community underneath the
oxidized layer of marine sand bottoms. Marine Biology, 7: 255-
268.
- Findlay, S.E.G. 1982.
Influence of sampling scale on aparent distribution of meiofauna
on a sandflat. Estuaries, 5 (4): 322-324.
- Fleyer, J.W. and G.T. Chandler. 1983.
Meiofauna responses to an experimental oil spill in a Louisiana
salt marsh. Marine Ecology-Progress Series. 11: 257-264.
- Ganapati, P.N. and G.C. Rao. 1962.
Ecology of the interstitial fauna inhabiting the sandy beaches
of Waltari Coast. Journal of Marine Biology Association of India, 4:
44-57.

- Gayle, M. 1980.
Factors correlated with the intertidal distribution of meiofauna along a Rhode Island Estuary. Ph.D. thesis, University of Rhode Island, 412 pp.
- Gerlach, S.S. 1978.
Food chain relationships in subtidal silty-sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. *Oecologia*, 33: 55-69.
- Gonor, J.J. y P. Kemp. 1978.
Procedures for quantitative ecological assessment of intertidal environments. EPA-600/3-78-087. U.S.EPA. Corvallis, Oregon. 103 p.
- Gray, J.S. 1971.
The effects of pollution on sand meiofauna communities. *Thalassia Yugoslavica*, 7 (1): 79-86.
- Gray, J.S. 1971.
Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review* 12: 223-261.
- Gray, J.S. 1981.
The ecology of marine sediments. Cambridge University Press. Cambridge. 185 p.
- Herrera, A. y R. del Valle. 1980.
Características de la meiofauna bentónica en la laguna y zona costera de Guayabal en relación con el grado de contaminación. *Ciencias Biológicas*, 5: 29-45.
- Herrera, A. y J. Sánchez. 1982.
Características de la meiofauna bentónica en la bahía de Cienfuegos y algunos aspectos de su ecología. *Ciencias Biológicas*, 7: 13-32.
- Holme, N. & A.D. McIntyre. 1971.
Methods for the study of marine benthos. I.B.P. Handbook. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 334 pp.
- Hulings, N.C. 1971.
Proceedings of the first International conference en meiofauna. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 76: 206 p.
- Hulings, N.C. and J.S. Gray. 1971.
A manual for the study of meiofauna. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 78: 84 p.

- Ivester, M.S. 1980
The distribution of meiobenthic copepods along a sediment Gradient.
Factor and Niche analysis. *Bulletin of Marine Science*, 30:
634-645.
- Jonsson, B.O. 1967.
The significance of grain size on pore water content for the
interstitial fauna of sandy beaches. *Oikos*, 18:311-322.
- Lee, J.J.; K.R. Tenore; H.H. Tietjen and C. Mastropaolo. 1976.
An experimental approach toward understanding the role of meiofauna
on detritus-based marine food webs. En: Cushing C.E., (Editor).
Proceedings of the 4 th. National Symposium Radioecology and
Energy Resources. Dawden Hutchinson and Ross. pp. 140-147.
- Lee, J.J.; J.H. Tietjen; C. Mastropaolo & H. Rubin. 1977.
Food quality and the heterogeneous spatial distribution of
meiofauna. *Helgolander wiss. Meeresunters.* 30: 272-283.
- Mare, M. 1942.
A study of Marine Benthic community with special reference to the
microorganisms. *Journal of Marine Biology Association of the
U.K.* 25: 517-554.
- Marshall, N. 1970.
Food transfer through the lower trophic levels of the benthic
environment. En: Steele, J.H. (Editor). *Marine Food Chains*.
Olivier and Boyd; Edinburg. pp. 52-66.
- Mason, W.T. and P. Yevich. 1967.
The use of Phloxine B and Rose Bengal stains to facilitate
sorting benthic samples. *Trans. American Microscopical Society*,
86: 221-223.
- Maurer, D. y J.A. Vargas. 1984.
Diversity of soft-bottom benthos in a tropical estuary: Gulf of
Nicoya, Costa Rica. *Marine Biology*, 81: 91-106.
- McIntyre, A.D. 1964.
Meiobenthos of sub-littoral muds. *Journal of Marine Biological
Association of the U.K.*, 44: 665-674.
- McIntyre, A.D. 1968.
The meiofauna and macrofauna of some tropical beaches. *Journal
of Zoology*, 156: 377-392.
- McIntyre, A.D. 1969.
Ecology of Marine meiobenthos. *Biological Review*, 44: 245-290.

- McIntyre, A.D. 1971.
Deficiency of gravity corers for sampling meiobenthos and sediments. *Nature*; 231 (5300): 260.
- McIntyre, A.D. 1971.
Observations on the status of subtidal meiofauna research. En: N. Hulings (editor). *Proceedings of the first International Conference on Meiofauna*. Smithsonian Contribution of Zoology, 76. pp. 149-154.
- McLachan, A. 1977.
Composition, distribution, abundance, and biomass of the macrofauna and meiofauna at four sandy beaches. *Zoologica Africana*, 12 (2): 279-306.
- McLachan, A. y J.P. Fustenberg. 1977.
Studies on the psamollittoral meiofauna of algae Bay III. A quantitative analysis of the nematode and crustacean communities. *Zoologica Africana*, 12 (1): 61-71.
- McLachan, A; T. Erasmus and J.P. Fustenberg. 1977
Migrations of sandy beach meiofauna. *Zoologica Africana*, 12 (2): 257-277.
- McLachan, A.B. and B. Horthy. 1981.
Effects of oil and water filtration by exposed sandy beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 12 (11): 377-378.
- Meadows, P.S. & J.I. Campbell. 1972.
Habitat selection by aquatic invertebrates. *Advances in Marine Biology*. 10: 271-382.
- Meyer-Reid, L.A. and A. Faubel.
Uptake of organic matter by meiofauna organisms and inter relationships with bacteria. *Marine Ecology-Progress Series*, 3: 251-256.
- Moore, H.B. 1931.
The muds of the Clyde sea area III. Chemical and physical conditions; rate and nature of sedimentation; and fauna. *Journal of Marine Biological Association. U.K.*, 17: 294-295.
- Nie, N.H., C.H. Hull; J.G. Jenkins; K.S. Steinbrenner and D.H. Bent. 1985. S.P.S.S. 2a. edición. Mc.Graw Hill Book Co., N.Y. 677 p.
- Mook, R.M. and C.M. Hoskin, 1982.
Organic determination by ignition: Caution advised. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 15: 697-699.

- Olsson, I. and B. Eiríksson. 1974.
Horizontal distribution of meiofauna within a small area with special reference to foraminifera. *Zoon*, 2: 67-84.
- Patrick, W.H. and R.D. De Laune. 1977.
Chemical and Biological redox systems affecting nutrient availability in the coastal wetlands. *Geoscience and Man*, 18: 131-137.
- Petersen, C.G.L. 1918.
The sea bottom and its production of fish food. A survey of work done in connection with the valuation of the Danish waters from 1883-1917. *Reports of the Danish Biological station*, 25, 1-62.
- Poole, R. 1974.
An Introduction to quantitative Ecology. McGraw Hill Book Co., N.Y. pp. 532.
- Powell, E.N., M.A. Creusshau y R.M. Rieger. 1980.
Adaptations to sulfide in sulfide-system meiofauna. Endproducts of sulfide detoxification in three turbellarians and a gastrotrich. *Marine Ecology - Progress Series*, 2: 169-177.
- Powell, E.N. and T. Bright.
A thiobios does exist - Gnathostomulid domination of the community of the east flower Garden Brine Seep. *International Revue der Gesamten Hydrobiologie*, 66 (5): 675-683.
- Raffaelli, D.G. and C.F. Masson. 1981.
Pollution monitoring with meiofauna using the ratio of nematodes to copepods. *Marine Pollution Bulletin*, 12 (5): 158-163.
- Reish, D. 1959.
A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. *Ecology* 40 (2): 307-309.
- Reise, K. and P. Ax. 1979.
A meiofaunal Thiobios limited to the anaerobic sulfice system of marine sand does not exist. *Marine Biology*, 54: 225-237.
- Rodríguez, C.L.; S.N. Harkantra & A.H. Pamlekar. 1982.
Sub-Littoral meiobenthos of the northeastern Bay of Bengal. *Indian Journal of Marine Science*, 11: 239-242.

- Rosales, A.; J.A. Barrantes y A. Liao. 1981.
Mapa de Costa Rica, escala 1:300.000. Promedio mensual de precipitación (mm) de 1961-1980. Instituto Meteorológico Nacional.
- Saz, H.J., 1971.
Facultative anaerobiosis in the invertebrates: pathways and control systems. *American Zoologist*, 11: 125-135.
- Schottler, V. 1979.
On the anaerobic metabolism of three species of Nereis (Annelida). *Marine Ecology-Progress Series* 1: 249-254.
- Shyremaya, Y. 1984.
The abundance of deep sea meiobenthos in the western-Pacific in relation to environmental factors. *Oceanologica Acta* 7 (1): 113-121.
- Sogard, S. 1984.
Utilization of meiofauna as a food source by a grasshopper fish, the spotted dragonet, Callionymus pauciradiatus. *Marine Ecology - Progress Series*, 17: 183-191.
- Swedmark, B. 1964.
The interstitial fauna of marine sand. *Biological Reviews*, 39: 1-49.
- Tietjen, J.H. 1977.
Population distribution and structure of the free-living nematodes of Long Island Sound. *Marine Biology*, 43: 123-136.
- Tietjen, J.H. 1980.
Population structure and species composition of the free nematodes inhabiting sands of the New York Bight Apex. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 10: 61-73.
- Tournié, T. y P. Penchaszath. 1982
Compilación bibliográfica sobre ecología bentónica en América del Sur. Universidad Simón Bolívar, INTECMAR, Caracas. 43 p.
- Uhlig, G.; H. Thiel & J.S. Gray. 1973.
The quantitative separation of meiofauna. *Helgolander wiss. Meeresunters*, 25: 173-195.
- Vernberg, W. and B. Coull. 1975.
Multiple factor of environmental parameters on the physiology, ecology, and distribution of some marine meiofauna. *Cahiers de Biologie Marine*, XVI: 721-732.

- Vernberg, W. and B. Coull. 1981.
Meiofauna. En: J. Venberg and W. Vernberg (editores). Functional adaptations of Marine organisms. Academic Press. pp. 147-177.
- Vidaković, J. 1983.
The influence of raw domestic sewage on density and distribution of meiofauna. Marine Pollution Bulletin, 14 (3): 84-88.
- Voorhis, A.; C. Epifanio, D. Maurer; A. Dittel y J.A. Vargas. 1983.
The estuarine character of the Gulf of Nicoya an embayment on the Pacific coast of Central America. Hydrobiologia 99: 225-237.
- Warwick, R.M. and J.B. Buchanan. 1971.
The meiofauna off the coast of Northumberland. II. Seasonal Stability of the nematode Population. Journal of Marine Biological Association of the U.K. 51: 355-662.
- Warwick, R.M. 1981.
The nematode/copepod ratio and its use in Pollution Ecology. Marine Pollution Bulletin 12 (10): 329-333.
- Warwick, R.M. 1981.
Survival strategies of meiofauna. In: Feedings and survival strategies of Estuarine organisms. N.V. Jones, W.J. Walff editors. Plenum Press, Nueva York 39-52.
- Watzin, M. 1983.
The effects of meiofauna on settling macrofauna: meiofauna may structure macrofaunal communities. Oecologia, 59: 163-166.
- Wegley, R.I. and A.D. McIntyre. 1964,
Quantitative comparisons of offshore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. Limnology and Oceanography, 9: 485-493.
- Wieser, W. 1975.
The meiofaunal as a tool in the study of habitat heterogeneity : Ecophysiological aspects. A review. Cahiers de Biologie Marine, XVI : 647-674.