

**EFFECTOS DE LA POLUCION DOMESTICA
SOBRE LA MACROFAUNA BENTONICA
DE SUSTRATOS BLANDOS EN
LA COSTA PACIFICA COLOMBIANA**

Jaime R. Cantera K.

Raul Neira O.

Jorge Tovar.

Departamento de Biología

Universidad del Valle

Resumen

Se estudió comparativamente entre Enero de 1985 y Diciembre de 1987, la composición y la estructura ecológica de las comunidades macrobentónicas de playas intermareales fangosas y fango-arenosas con o sin restos rocosos (cantos y gravas provenientes de la erosión de acantilados), en las bahías de Buenaventura y Málaga (Pacífico Colombiano).

La fauna fue colectada en muestras de sustrato en cuadrados de 25 cm de lado y de 20 cm de profundidad (12500 cm³), las cuales se obtuvieron aproximadamente cada dos meses, en transectos de 300 m de longitud perpendiculares a la playa. Todas las muestras fueron fijadas en formol neutralizado 10% preparado en agua marina y posteriormente preservados en formol o alcohol según el grupo taxonómico. Los organismos retenidos en un tamiz de 0.5 mm fueron identificados, contados y analizados considerandolos, para el presente estudio, como macrofauna.

Como ejemplo de playas fangosas contaminadas se escogió el área denominada Playa Basura donde desembocan emisores urbanos de la ciudad de Buenaventura. Como ejemplos de playas fangosas no contaminadas fueron escogidas una playa fango-arenosa del área de punta Soldado, también en la Bahía de Buenaventura, y una playa fangosa con restos rocosos en Punta la Muerte, Bahía de Málaga.

Se encontraron diferencias significativas en la macrofauna bentónica, tanto en la dominancia de algunas especies como en algunos parámetros comunitarios los cuales dependen de la polución doméstica. En Punta Soldado se colectaron 37 especies, con dominancia de peces góbidos, los crustáceos *Alpheus mazatlanicus*, *Clibanarius panamensis*, y cangrejos del género *Uca*; y los moluscos *Nassarius*

wilsoni y *Natica unifasciata*. Estas especies representan el 62% de la comunidad. En la Playa de Punta la Muerte se colectaron 53 especies; la comunidad estudiada está dominada por un pez góbido (*Gobionellus*), los crustáceos *Pinnixa* sp., *Chasmocarcinus* sp., *Clibanarius panamensis*, la "clorga" *Chione subrugosa* y el caracol *Natica unifasciata*. En Playa Basura se colectaron 22 especies. Esta comunidad está fuertemente dominada por el poliqueto *Capitella* sp. aunque también se presentan crustáceos de los géneros *Uca* y *Alpheus* (*A. columbiensis*) y el bivalvo *Tageus* sp. Estos cuatro grupos representan el 82 % de la comunidad.

En términos generales, se puede decir que se presenta una diferencia bien marcada en algunos parámetros comunitarios. La densidad promedio de individuos es de 1018 ind/m² en Playa Basura, 50.8 ind/m² en Punta Soldado y de 12.5 ind/m² en Punta al Muerte. El índice de diversidad de Shannon encontrado varió entre 0.45 y 1.85 bits/ind. en Playa Basura, 1.54 y 2.65 bits/ind. en Punta Soldado y entre 1.85 y 3.65 bits/ind. en Punta la Muerte. El índice de equitabilidad de Pielou fue en promedio 0.34, 0.61 y 0.79 respectivamente.

El principal grupo trófico representado en todos los planos de lodo estudiados son los alimentadores de detritus, algunos utilizan los residuos de las hojas y otras partes de manglares en proceso de descomposición para su alimentación. En el plano lodoso de Playa Basura la mayoría de las especies aprovechan el aporte anormal de materia orgánica que llega al mar a través del emisor urbano.

Introducción

Los estudios sobre fauna y flora bentónicas han venido ocupando la atención de biólogos, ecólogos y zoólogos, desde el trabajo pionero de Petersen (1914), quien describió cualitativamente algunas comunidades del fondo marino. Por su permanencia y poca movilidad con respecto al fondo marino (lo cual les impide evitar los agentes alteradores del medio ambiente) han venido siendo utilizados como indicadores de condiciones ambientales, desapareciendo o aumentando su número en situaciones de desequilibrio ambiental.

El estudio de estas unidades ecológicas presenta toda una serie de problemas operacionales (Vargas, 1987). Las comunidades pueden considerarse como unidades discretas o abstracciones de un *continuum*. Se han demostrado (Gray, 1981) que las comunidades bentónicas intermareales y en particular, las comunidades de fondos blandos poseen sus integrantes distribuidos espacialmente en forma de curvas bien definidas de abundancia a lo largo de gradientes ambientales interactuando entre ellas y con el ambiente (Mills, 1969).

La estructura de las comunidades puede considerarse como una variación cuantitativa de individuos de todas las especies en espacio y tiempo (Gray, 1974). Estas variaciones dependen de la disponibilidad de habitat y del flujo energético y pueden mostrar los efectos de diferentes características

ambientales o los patrones de variación estacional (Warwick y Clarke, 1991). Por tal razón un periodo de un año de muestreo puede ser insuficiente dada la dinámica de las comunidades bentónicas pero debido al hecho de que empiezan sólo a ser conocidas recientemente, este tipo de estudios no son frecuentes, al menos teniendo datos de periodos más largos de un año. Este tipo de trabajos son importantes para comprender mejor la acción de contaminantes sobre los ecosistemas costeros del Pacífico colombiano. Así mismo el efecto de la polución sobre el nivel de integración global y efectos de desarrollos posteriores no pueden ser efectivamente evaluados sin estos estudios estructurales.

El presente trabajo realiza un estudio ecológico de algunos planos fangosos con o sin cantos y gravas de la bahías de Buenaventura y Málaga, comparando entre zonas con acción de contaminación por desechos domésticos y zonas sin esta influencia, mediante la descripción de su estructura y de sus variaciones temporales.

El Area de Estudio

1. Las Bahías de Málaga y Buenaventura

La bahía de Málaga (4° N y $77^{\circ}20'$ W) y la bahía de Buenaventura ($3^{\circ}54'$ y $77^{\circ} 5'$ W) son dos estuarios localizados en el occidente colombiano (fig.1). Limitadas externamente por playas arenosas, estas bahías poseen bordes altos en forma de paredes rocosas con fuerte inclinación hacia el mar. Estas paredes son formaciones terciarias constituidas principalmente por limolitas con intercalaciones de areniscas y de conglomerados.

La bahía de Buenaventura (fig.2) esta bordeada al sur por planos aluviales con varios rios y abundantes formaciones de manglares. La temperatura del agua varía entre 25.7° C y 29.8° C. La profundidad promedio de la bahía es cercana a 5 m, el canal más profundo es central. Las mareas son semidiurnas con un rango promedio de 3.7 m. La salinidad oscila entre 0 ‰ y 30 ‰. El clima de la bahía se caracteriza por su alta pluviosidad (5000 mm anuales), con períodos de mayor abundancia de lluvia en los meses de agosto a noviembre y la humedad relativa del aire es cercana a 80%. Las corrientes originadas principalmente por las mareas, pueden alcanzar velocidades cercanas a 2m/s en la zona del canal (Gidhagen, 1981).

La bahía de Málaga (fig. 3) recibe pocos aportes de agua dulce en forma de

ambientales o los patrones de variación estacional (Warwick y Clarke, 1991). Por tal razón un periodo de un año de muestreo puede ser insuficiente dada la dinámica de las comunidades bentónicas pero debido al hecho de que empiezan sólo a ser conocidas recientemente, este tipo de estudios no son frecuentes, al menos teniendo datos de periodos más largos de un año. Este tipo de trabajos son importantes para comprender mejor la acción de contaminantes sobre los ecosistemas costeros del Pacífico colombiano. Así mismo el efecto de la polución sobre el nivel de integración global y efectos de desarrollos posteriores no pueden ser efectivamente evaluados sin estos estudios estructurales.

El presente trabajo realiza un estudio ecológico de algunos planos fangosos con o sin cantos y gravas de la bahías de Buenaventura y Málaga, comparando entre zonas con acción de contaminación por desechos domésticos y zonas sin esta influencia, mediante la descripción de su estructura y de sus variaciones temporales.

El Area de Estudio

1. Las Bahías de Málaga y Buenaventura

La bahía de Málaga (4° N y $77^{\circ}20'$ W) y la bahía de Buenaventura ($3^{\circ}54'$ y $77^{\circ} 5'$ W) son dos estuarios localizados en el occidente colombiano (fig.1). Limitadas externamente por playas arenosas, estas bahías poseen bordes altos en forma de paredes rocosas con fuerte inclinación hacia el mar. Estas paredes son formaciones terciarias constituidas principalmente por limolitas con intercalaciones de areniscas y de conglomerados.

La bahía de Buenaventura (fig.2) esta bordeada al sur por planos aluviales con varios ríos y abundantes formaciones de manglares. La temperatura del agua varía entre 25.7° C y 29.8° C. La profundidad promedio de la bahía es cercana a 5 m, el canal más profundo es central. Las mareas son semidiurnas con un rango promedio de 3.7 m. La salinidad oscila entre 0 ‰ y 30 ‰. El clima de la bahía se caracteriza por su alta pluviosidad (5000 mm anuales), con períodos de mayor abundancia de lluvia en los meses de agosto a noviembre y la humedad relativa del aire es cercana a 80%. Las corrientes originadas principalmente por las mareas, pueden alcanzar velocidades cercanas a 2m/s en la zona del canal (Gidhagen, 1981).

La bahía de Málaga (fig. 3) recibe pocos aportes de agua dulce en forma de

quebradas de caudal relativamente bajo, lo cual hace que las variaciones de salinidad sean moderadas. La temperatura del agua varía entre 26.6° C y 29.7° C. La profundidad de la bahía varía en promedio entre 12 y 15 metros aunque se presentan dos canales más profundos, uno central y uno lateral, donde la profundidad puede llegar a 34 m. Las mareas son semidiurnas con un rango promedio de 4.12 m. La salinidad varía entre 1.3 ‰ y 30 ‰. La humedad relativa es siempre alta acercándose a la saturación (90%). A lo largo de todo el año las precipitaciones pluviales son abundantes, cayendo en promedio unos 6000 mm anuales. Se presentan, sin embargo, dos grandes picos lluviosos: el primero en los meses de abril y mayo y el segundo en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Las corrientes son fuertes siendo determinadas, como en Buenaventura, principalmente por la entrada y salida del agua por las mareas. En ciertos sitios pueden alcanzar velocidades superiores a 2 m/s (Cantera, 1991).

2. Las Areas Estudiadas en las dos Bahías

A. Punta la Muerte (Bahía de Málaga) es una proyección del borde costero limitada por pequeñas formaciones de manglares y constituida por una playa fangosa de aproximadamente 200 m de anchura (en mareas bajas de pujas). La playa fangosa está enriquecida por múltiples cantos y gravas provenientes de los acantilados vecinos, que son erosionados permanentemente por el mar y por la acción de organismos perforadores de rocas (moluscos) que ocasionan la caída de los bloques rocosos de las partes superiores del acantilado. Una vez en el suelo, la acción del mar y de los mismos o de otros organismos continúan la acción erosiva, y de esta forma el material queda liberado formando playas fango-pedregosas que se ven enriquecidas por material detrítico proveniente de la descomposición de material vegetal que cae de los manglares. Durante el período de estudio no había recibido influencia antropogénica.

B. Punta Soldado (Bahía de Buenaventura) es un bajo fango-arenoso de aproximadamente 500 m de anchura (durante las mareas bajas de puja). Presenta sustrato fango-arenoso, sin presencia de restos rocosos. En su superficie se fijan regularmente embriones de mangle, constituyéndose en zona de colonización por manglares. Se encuentra relativamente alejada de la ciudad de Buenaventura y está poco contaminada.

C. Playa Basura (Bahía de Buenaventura) es un bajo lodoso de aproximadamente 300 m de anchura (durante las mareas bajas de puja), constituido

por sustrato fango arenoso, fuertemente enriquecido con material detrítico, materia orgánica proveniente principalmente del aporte que hace uno de los emisores principales de la ciudad, que vierte sus aguas en la región central del plano lodoso. Este emisor está cubierto por agua de mar durante las mareas altas. En marea baja, los vertimientos se hacen directamente en la playa. Presenta además acumulaciones de desechos sólidos y los sedimentos presentan coloración negra en la región subsuperficial.

Materiales y métodos

1. Toma y procesamiento de muestras

En las tres áreas, se hicieron inicialmente varias revisiones cualitativas para establecer la orientación y la longitud de los transectos y la distribución de la comunidad a lo largo del gradiente en los factores ambientales asociados con las mareas. Los transectos se trazaron perpendicularmente a la playa marcándolos con cuerdas y tomando un área alrededor de la línea del transecto de 1 m a cada lado de la cuerda. Cada diez metros se estableció una zona de muestreo (estaciones) en donde se colectaron organismos de la superficie y se tomó sedimento hasta 20 cm, con el fin de analizar ecto y endofauna. Cada una fue marcada con números y escogidas al azar, entre las de los mismos niveles repitiendo la operación para cada nivel de la playa y tratando de no volver a utilizar las áreas previamente muestreadas. En esta forma se trató de garantizar la menor perturbación posible al área de trabajo. Las gravas encontradas fueron colectadas y guardadas aparte del sedimento, posteriormente fueron partidas en pedazos muy pequeños y separada toda la fauna con tamaño superior a los 0.5 mm, límite escogido para considerar los organismos como macrofauna.

Las colecciones fueron iniciadas en enero de 1985 y terminadas en enero de 1987, cada dos meses. Todas las muestras fueron colectadas en épocas de puja, con mareas bajas variando entre -0.2 y +0.1 m. El artificio para hacer las colecciones consistió en un cuadrado de 25 cm de lado, el cual se enterraba en el sustrato. Una vez delimitado el área se capturaron los peces góbidos que trataban de escapar. Posteriormente, se colectó todo el sedimento comprendido en el cuadrado hasta una profundidad de 20 cm.

Las muestras de sedimento así colectadas fueron colocadas en bolsas de polietileno, donde fueron conservadas en formalina 10 % neutralizada. Posteriormente el sedimento fue pasado a través de un tamiz de 0.5 mm, des-

truyendo los agregados por agitación suave de las bolsas. Este método permite descubrir fácilmente todos los individuos presentes al tiempo que limita su destrucción. Los organismos mayores retenidos fueron fijados en formol 10 % y posteriormente preservados en alcohol 70 % o en formol 10 %, dependiendo de su grupo taxonómico. El residuo de sedimento fue traspasado a cajas de petri de esmalte blanco, donde se terminó la separación de organismos hasta una talla de 0.5 mm, con la ayuda de un microscopio estereoscopio (10X).

Para la identificación de los ejemplares capturados, se utilizó la colección de referencia de organismos marinos que existe en la sección de Biología Marina, elaborada por los especialistas de la Universidad del Valle, que están citados en los agradecimientos. Esta colección sirvió como patrón para la identificación. La confirmación de los ejemplares fue realizada directamente por los mismos especialistas, o con la colaboración de otras personas también citadas en los agradecimientos. De todas las especies registradas en el presente estudio se han depositado ejemplares en la colección de referencia de invertebrados marinos de la sección de Biología Marina de la Universidad del Valle.

Las muestras para sedimentos fueron guardadas en bolsas de polietileno, y congeladas hasta el momento del análisis. Se determinó el contenido de materia orgánica, la granulometría, el pH y algunos elementos químicos y minerales. Igualmente se identificaron los tipos de rocas que componen las gravas y los cantos rodados. Las temperaturas del agua y del sustrato fueron obtenidas con termómetros standard y protegidos. La salinidad fue tomada con salinómetro óptico. Los datos de precipitación y otros factores climáticos fueron obtenidos por cortesía del HIMAT.

2. Tratamiento de los datos

Después de la determinación del material, los datos obtenidos fueron dispuestos inicialmente en matrices por especies, por muestras y por fechas de colección. Inicialmente fueron organizadas en orden descendente de abundancia para establecer la contribución de ellas, para todas las muestras y para cada fecha de colección. Así se obtuvo la dominancia espacial y temporal de cada especie. Se utilizaron el índice de Shannon (1948) y el de uniformidad (equitabilidad) de Pielou (1966) como indicadores de la estructura de las comunidades presentes. Se realizaron espectros de diversidad y biomasa para comparar las variaciones espaciales y temporales de estos

índices biológicos y se reunieron las especies en un gráfico de frecuencia por intervalo geométrico (cada clase teniendo como límites, los límites de la clase anterior multiplicados por dos). Todos estos índices permitieron inferir la influencia de la contaminación doméstica sobre la composición específica de la macrofauna bentónica en las dos bahías estudiadas.

Resultados

1. Condiciones ambientales de las áreas de estudio

La tabla 1 permite comparar las condiciones físicas del sustrato y las condiciones fisicoquímicas promedios del agua marina de las tres zonas estudiadas. Se observa que aunque la mayoría de las condiciones permiten verificar que se traten de planos lodosos muy similares, la contaminación no es el único parámetro que los diferencia. Otros factores como la granulometría del sustrato y la salinidad son también distintos y eso dificulta la atribución absoluta de las diferencias de estructurales encontradas a la contaminación orgánica.

Tabla 1. Características físicas de los planos lodosos estudiados (FANCGR = fangoso con cantos y gravas, FAN-ARE = fangoso-arenoso, FAN = fangoso)

Característica	Plano lodoso		
	La Muerte	P. Soldado	P. Basura
Longitud (m)	200	500	300
Declive (°)	1	1	1
No Estaciones	10	15	12
Sustrato	FANCGR	FAN-ARE	FAN
Granulometría			
Arena (%)	79.2	87.3	69.3
Limo (%)	14.0	6.8	23.7
Arcillas (%)	6.5	5.9	9.1
M. orgánica (%)	2.8	3.4	11.7
pH promedio	6.0	6.3	5.6
Fosfatos (ppm)	150	180	230
Nitratos (ppm)	10	16	21

A. Punta La Muerte

Los datos de sedimentos de la playa estudiada permiten catalogar al plano lodoso de esta estación como fango-arenoso. El contenido de materia orgánica varió entre 2.4 y 1.6 %, lo cual representa un suelo pobre en este elemento. Se presentó un buen número de conchas de moluscos muertos que pertenecen principalmente a las especies de *Anadara grandis* y *Chione subrugosa*. La playa no presenta una marcada capa subsuperficial oscura de reducción de materia orgánica.

La salinidad intersticial en el tiempo del estudio varió entre 18 ‰ y 33 ‰. Las temperaturas del agua varían en el plano lodoso desde 24 ° C en marea alta hasta 27 ° C en marea baja y puede ir hasta 33 ° C, cuando la marea baja coincide con las horas del medio día.

B. Punta Soldado

Los datos de sedimentos mostraron durante el tiempo de estudio un promedio de 87.3 % de arena, 6.84 % de limo y 5.86 % de arcillas, lo cual la cataloga como un sustrato principalmente arenoso. El contenido de materia orgánica varió entre 2.2 y 5.4 %, con abundancia de pedazos de material orgánico de origen vegetal. No se presenta la capa oscura de reducción.

La salinidad en el tiempo de estudio varió entre 12 ‰ y 18 ‰. Las temperaturas del agua varían entre 25 ° C en marea alta y 30 ° C en marea baja, pudiendo alcanzar valores extremos al mediodía.

C. Playa Basura

Los datos de sedimentos durante el estudio mostraron que Playa Basura presenta un sedimento más fangoso que las otras dos playas; se encontró en promedio un 68.3 % de arena, 23.67 % de limo y 9.02 % de arcillas, que lo cataloga como un sustrato fango-arenoso. El contenido de materia orgánica también es más elevado, alcanzando en algunos casos hasta 13.2 %. Se presenta una capa oscura intensa de reducción de materia orgánica también a partir de unos pocos cm de profundidad en el sedimento.

En esta zona, la salinidad varió en el tiempo de estudio entre 0 ‰ en la desembocadura del emisor hasta 12 ‰, en zonas alejadas de ella durante las mareas altas. La temperatura presentó rangos muy similares a los

encontrados en playas anteriores.

2. Composición específica de la macrofauna

A. Punta la Muerte

Se encontraron 5080 individuos pertenecientes a 53 especies de invertebrados y a 2 especies de góbidos. La comunidad fue dominada en términos de número de individuos (fig. 2a) por los peces, seguidos de los moluscos gasterópodos y los crustáceos brachiuros. En término de número de especies (fig. 3a) dominan los poliquetos y los gasterópodos.

Una especie de pez góbido (*Gobionellus* sp.), tres especies de crustáceos (*Pinnixa* sp., *Chasnocarcinus* sp. y *Clibanarius panamensis*), un molusco gasterópodo (*Natica unifasciata*) y un molusco bivalvo (*Chione subrugosa*) sumaron el 59.4 % del número total de individuos. El resto de las especies contribuyen con algunos especímenes e incluyen grupos móviles cuya presencia es ocasional.

La densidad observada varió entre 0.83 y 81.6 ind/m² con un promedio de 12.5 ind/m², fluctuando tanto por épocas como según la distribución vertical en el transecto. Aumenta notablemente hacia la región superior de la playa y también en cuanto a su distribución temporal presentándose fauna más abundante en los meses de lluvia. Todos los resultados muestran que se puede encontrar una división que corresponde a las estaciones seca y húmeda en bahías de Málaga. La biomasa animal total, cercana a 3 g/m² disminuye a valores cercanos a 1 g/m² a medida que descendemos hacia las estaciones de la zona de la línea de marea baja (fig. 4).

El índice de diversidad de Shannon (fig. 5) varió entre 1.85 y 3.65 bits/ind, siendo mayor en las zonas medias de la playa. La equitabilidad también varía presentándose un promedio de 0.79, lo cual es alto y muestra un buen grado de organización de la comunidad y que no se presenta una influencia muy fuerte de la contaminación en este área.

Dispuestos en la escala geométrica, el mayor número de especies corresponde a la clase I (la cual presenta 1 o 2 individuos por especie) con una disminución gradual hacia las clases que presentan un número más elevado de especies, lo cual muestra que sólo unas muy pocas especies son abundantes en relación con las otras. Esta situación es propia de comunidades bentónicas no alteradas por contaminación.

Los organismos encontrados pueden agruparse según su nicho trófico en alimentadores de depósito (44 %), filtradores (alimentadores en suspensión, 33 %), herbívoros (6 %), polívoros (6 %) y predadores (11 %), lo cual muestra la existencia de materia orgánica abundante tanto suspendida en la columna de agua como depositada en el plano lodoso estudiado. Esta materia orgánica proviene de la descomposición de las hojas de mangle.

B. Punta Soldado

Se encontraron 2147 individuos repartidos en 37 especies. La comunidad fue dominada en términos de número de individuos por peces góbidos seguidos de los gasterópodos y poliquetos (fig. 2b) y en término de número de especies por brachiuros seguidos por gasterópodos (fig. 3b).

Algunos peces góbidos, los crustáceos *Alpheus mazatlanicus*, *Clibanarius panamensis* y *Uca* sp. son dominantes en la comunidad representando el 62 % de todos los individuos. El resto de especies contribuyen con pocos individuos. La densidad observada fue en promedio 50.8 ind/m², variando entre 0.45 y 150 ind/m². Las más altas densidades se encontraron en las zonas altas cercanas a manglares, o en las cuencas que quedan entre barras lodosas sucesivas.

La biomasa es inferior a la de las otras dos localidades estudiadas en las partes altas de la playa (los valores son cercanos a 2 g/m²) presentando una disminución hacia la región central pero experimenta un nuevo aumento hacia las partes más bajas, donde alcanza otra vez valores cercanos a 2 g/m² (fig. 4).

El índice de diversidad de Shannon (fig. 5), varió entre 1.54 y 2.65 bits/ind, siendo más elevado en las zonas altas de playa. La equitabilidad presentó un promedio de 0.61 que significa un relativo buen grado de organización comunitaria.

En la gráfica de distribución de las especies en intervalos de clase de acuerdo con el número de individuos (fig.6), aunque las especies con muy pocos individuos no son tan abundantes como en Punta la Muerte, también éste es el intervalo de clase más importante en Punta Soldado. Como en el caso anterior no hay especies con número muy elevado de individuos. Esto indica baja influencia de contaminación por aguas residuales.

Los organismos encontrados pueden clasificarse por grupos tróficos así: alimentadores de depósito (39 %), alimentadores en suspensión (filtradores, 14

%), herbívoros (8 %), polívoros (8 %) y predadores (31 %). De acuerdo con estos resultados también se puede suponer la existencia de materia orgánica abundante, aunque hay un aumento significativo de los predadores.

C. Playa Basura

Se encontraron un total de 15874 individuos repartidos en 22 especies. La comunidad está fuertemente dominada en los niveles altos de la zonación por el poliqueto *Capitella* sp. en cuanto a número de individuos (fig. 2c). Este sólo grupo taxonómico representa el 91.07 % del total de individuos colectados, aunque también se presentan crustáceos de los géneros *Uca* y *Alpheus* (*A. columbiensis*) y el bivalvo *Tagelus* sp.

En el número de especies, los grupos más importantes son los poliquetos (fig 3c), seguidos por los brachiuros. La densidad varió entre 8 ind/m² y 10434 ind/m², con un promedio de 1018 ind/m², siendo mucho más elevada cerca a la desembocadura del emisor, donde la dominancia de *Capitella* sp. es mayor. Este grupo debe verse favorecido por lo tanto, por el aporte de materia orgánica, con la subsecuente disminución del nivel de oxígeno disuelto y por la ligera desalinización del agua debida al aporte del efluente. Esta especie desaparece en las muestras tomadas cerca al mar, y es inicialmente reemplazado por otros poliquetos, para posteriormente, recuperarse la composición normal de planos de lodo no contaminados con materia orgánica presentado varias especies de crustáceos, peces góbidos y algunos moluscos.

La biomasa inicialmente baja (a pesar del alto número de individuos del capitellido), experimenta un aumento en la región media del plano lodoso debido a la aparición de especies un poco más grandes, aunque presentan números de individuos menores (otros poliquetos) y finalmente una nueva disminución hacia la zona inferior (fig. 4).

El índice de diversidad de Shannon varió entre 0.45 y 2.05 bits/ind. La equitabilidad fue en promedio 0.34, lo cual corresponde a una situación de desequilibrio ocasionada muy probablemente por la contaminación orgánica debida al efluente puesto que presenta un fuerte aumento en las estaciones situadas más lejos del emisor. En esta estación hay una fuerte dominancia de las especies que se alimentan de materia orgánica depositada en el sustrato y que no requieren concentraciones elevadas de oxígeno.

Al contrario de las otras dos localidades, en Playa Basura los intervalos

de clase con bajo número de individuos son raros y hay varias especies que presentan número de individuos muy elevado. Estas especies pueden considerarse como dominantes y sirven como indicadoras de las condiciones de desequilibrio debidas a la polución doméstica (fig. 6).

Discusión y conclusiones

Este trabajo ha permitido apreciar que el uso de los estudios de estructura de comunidades contribuye al diagnóstico del estado de las comunidades marinas, junto con la técnicas normales analíticas de dosificaciones y evaluaciones de calidad del agua. En este trabajo sobre comunidades bentónicas, algunos índices biológicos, como la biomasa, la agrupación de especies por intervalos de clase geométrica de sus números de individuos, y la diversidad pueden mostrar claramente si hay o no condiciones de desequilibrio ambiental debido a la contaminación por desechos domésticos en la Bahía de Buenaventura. En términos generales, se puede enunciar que los desechos domésticos afectan notablemente la composición específica de las comunidades de sustratos blandos intermareales (playas fangosas o arenofangosas) causando variaciones estructurales a las comunidades (Bellan y Pérès, 1979).

En los planos lodosos estudiados, este factor actúa sólo ligeramente a nivel de sustitución de especies, ocasionando principalmente cambios en las proporciones entre las especies, principalmente en la vecindad de la salida del emisor. A medida que las estaciones se hacen más lejos de esta salida, se van recuperando las comunidades de fondos blandos estuarinos sin polución muy similares en composición y estructura a las comunidades más alejadas de la fuente contaminante, como los planos lodosos de Punta Solado y Punta La Muerte. En estas últimas localidades existe un número más grande de especies, un número menor de individuos por especie y mayor diversidad. Este último parámetro, aunque es muy utilizado en este tipo de estudios, presenta el inconveniente de ser alterado fácilmente por factores diferentes a la contaminación.

La mayoría de organismos encontrados durante el presente estudio en los planos lodosos y sobre todo, las especies dominantes, son alimentadores de depósito (se alimentan de la materia orgánica depositada sobre los planos lodosos), lo cual es normal para poblaciones que se encuentran en zonas con relativamente alta proporción de limo y arcillas. Las principales redes alimenticias que se establecen en estos planos lodosos son basadas en detri-

tus orgánicos de diversas fuentes, que pueden formar una especie de "pozo de nutrientes" los cuales reciben aportes autóctonos y alóctonos, principalmente por microflora bentónica y la descomposición de hojas, flores, troncos y embriones de mangle (Gocke et al., 1981) y en algunos casos, la materia orgánica vertida por los emisores.

De acuerdo con el presente trabajo, se puede apreciar que las comunidades de sustratos blandos en el Pacífico colombiano presentan una estructura similar a comunidades que ocupan este habitat en otras partes del mundo, y en particular en zonas tropicales. Existe, sin embargo, una diferencia muy importante en la densidad de organismos de los planos lodosos, con respecto a otros planos lodosos del Pacífico tropical americano, puesto que algunos autores (Lee, 1978; Vargas, 1987) han registrado para Panamá y Costa Rica densidades muy superiores a las encontradas en el presente trabajo (a pesar de que ambos autores incluyeron fauna de un tamaño muy parecido). Las bajas densidades específicas de comunidades bentónicas en las dos bahías, han sido observadas en otras regiones de la costa colombiana, y pueden ser debidas a perturbaciones naturales ocasionadas por algunos factores como la inestabilidad del medio, debida a la fuerte remoción del fondo por las corrientes de mareas, así como a las variaciones tan fuertes que se presentan en salinidad, temperatura y exposición tan pronunciada a los rayos solares durante mareas bajas.

Agradecimientos

Las colecciones realizadas para el presente trabajo fueron determinadas taxonómicamente con la ayuda de la colección de referencia de invertebrados y peces marinos de la sección de Biología Marina de la Universidad del Valle (CRBMUV), la cual ha sido realizada por especialistas de dicha universidad, quienes además contribuyeron en la confirmación de algunas determinaciones. El Dr. Henry von Prah (fallecido) en crustáceos brachiuros, el Dr. Efraín Rubio en peces, el Biólogo Gabriel Ramos en crustáceos Alpheidae y Palaemonidae. Además, el Biólogo Juan Laverde Castillo de INVEMAR, Sta. Marta identificó los poliquetos y otros vermes, el Dr. Gordon Hendler de la Allan Hancock Foundation colaboró con la confirmación de una especie de sipuncúlido. Los datos climáticos fueron proporcionados gentilmente por el HIMAT. Los autores quieren agradecer además a algunos estudiantes de Biología de la Universidad del Valle que contribuyeron con la recolección de muestras y datos.

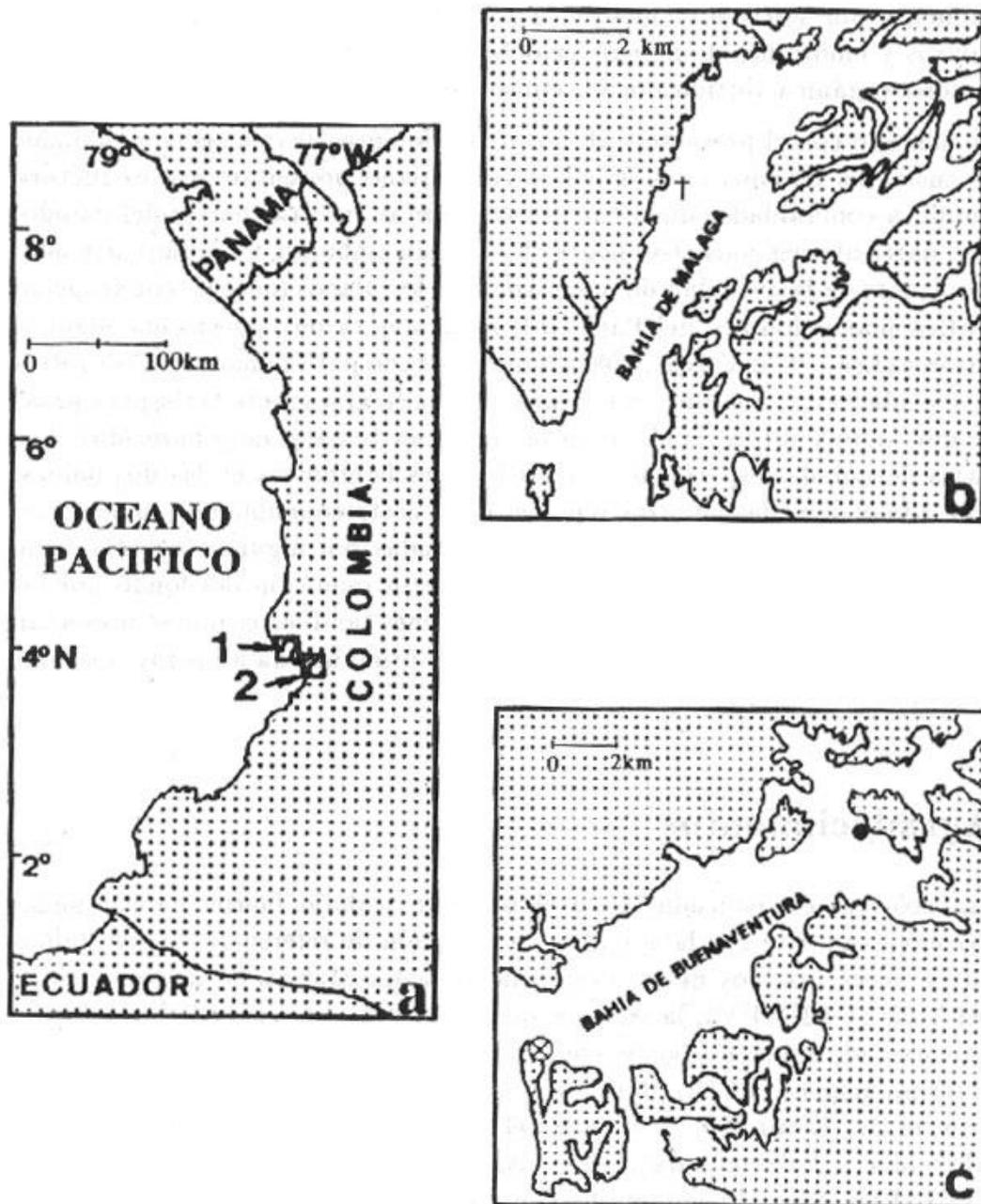


Fig. 1. Las áreas de Estudio: a. La Costa Pacífica Colombiana y localización de las Bahías de Málaga y Buenaventura. b. La Bahía de Málaga: †Punta La Muerte. c. Bahía de Buenaventura: ● Playa Basura, ⊗ Punta Soldado.

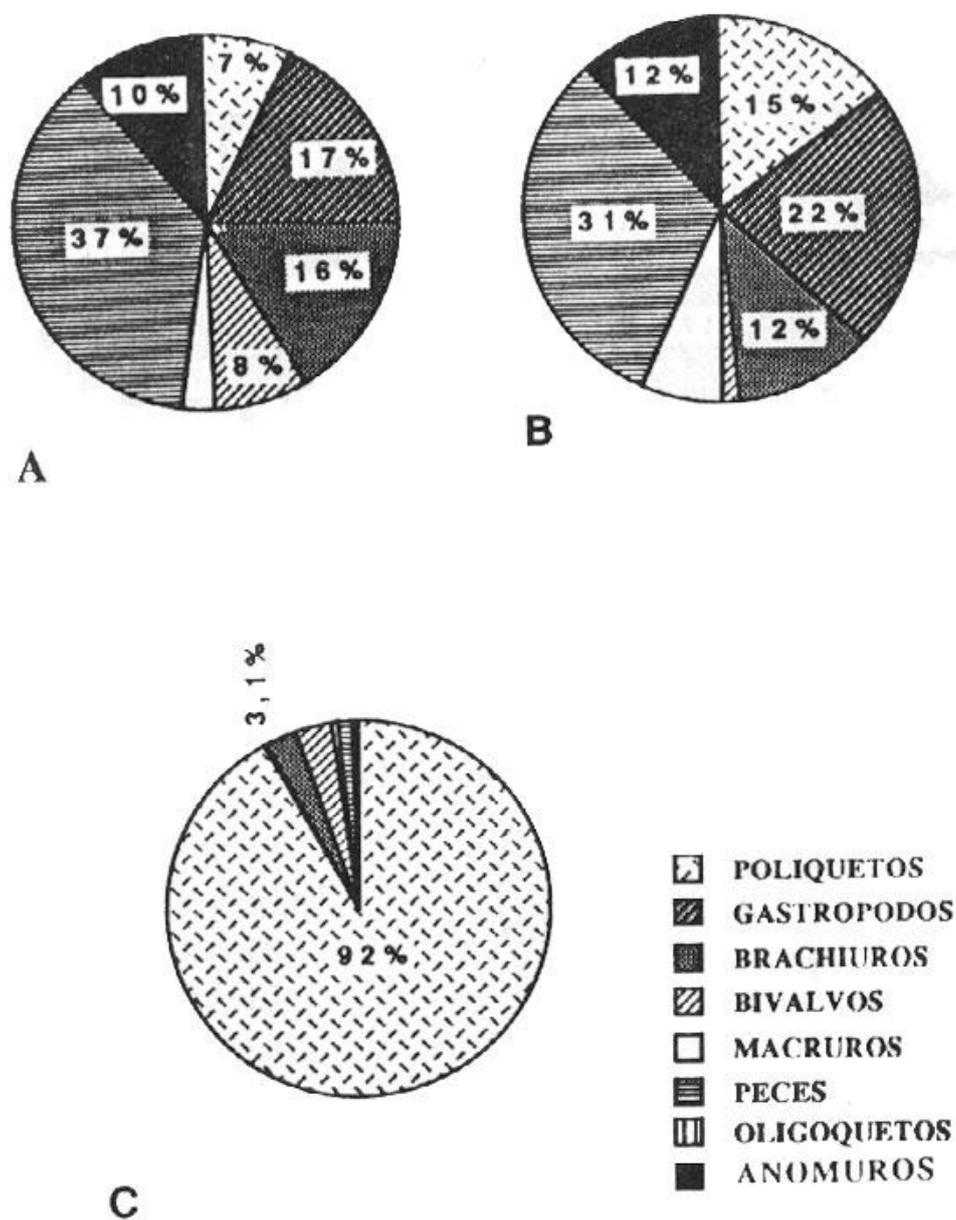


Fig. 2. Repartición del número de individuos en los grupos sistemáticos presentes en los planos lodosos estudiados en las tres localidades: **A.** Punta La Muerte, **B.** Punta Soldado, **C.** Playa Basura.

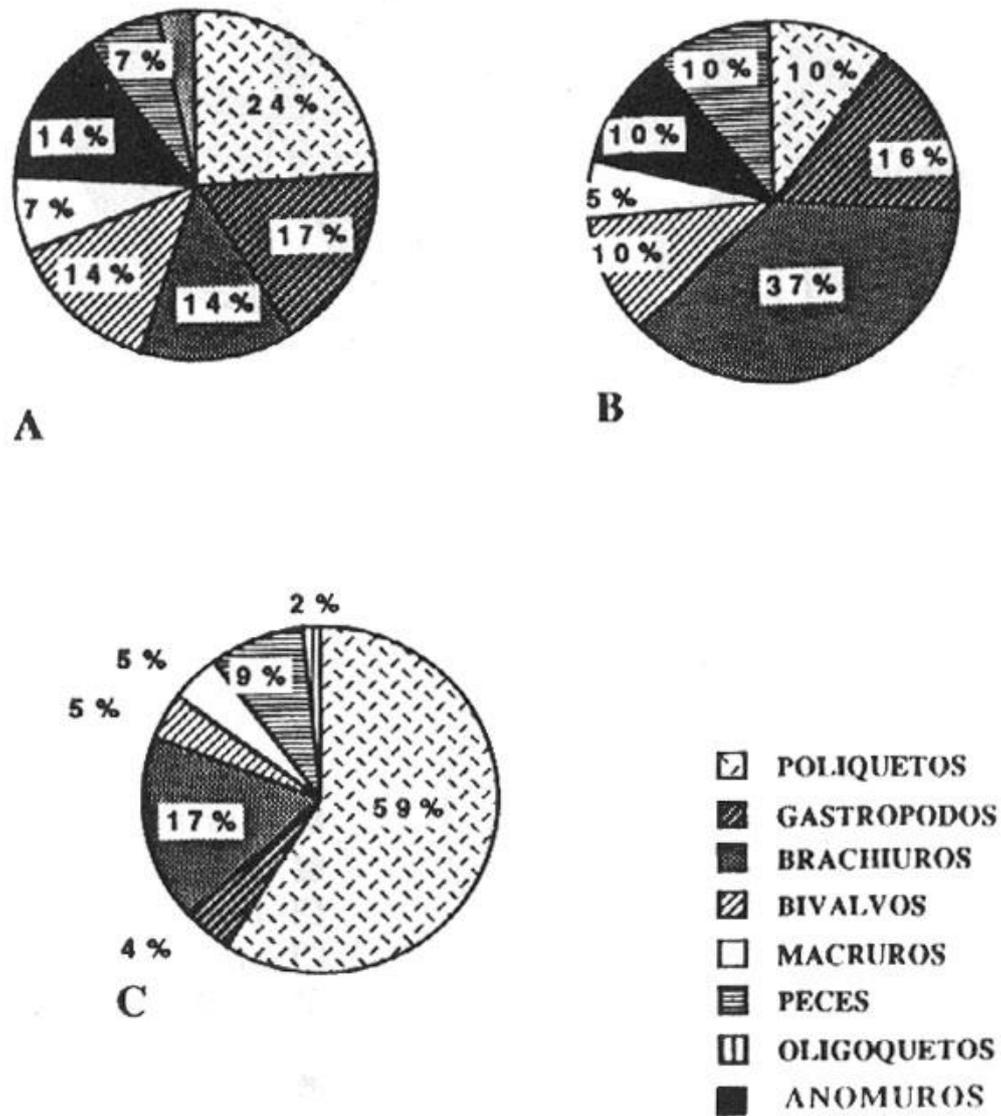


Fig. 3. Repartición del número de especies en los grupos sistemáticos presentes en los planos lodosos estudiados en las tres localidades: A. Punta La Muerte, B. Punta Soldado, C. Playa Basura.

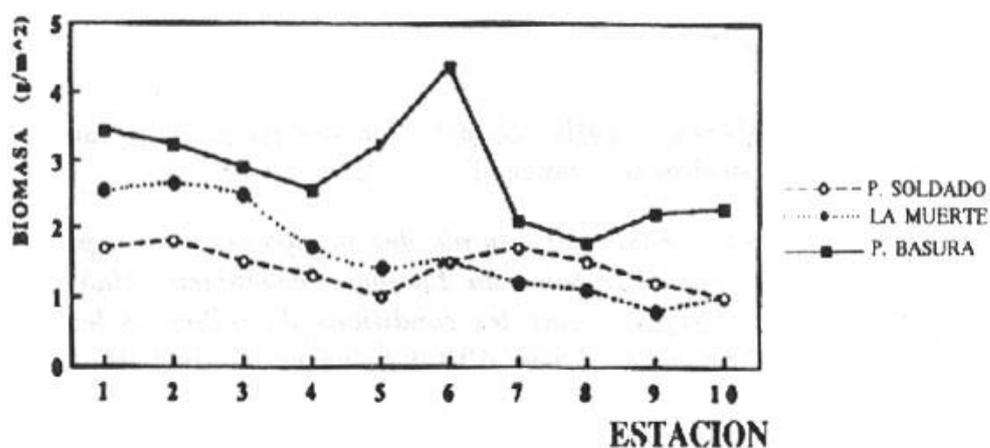


Fig. 4. Variaciones de la biomasa de macrofauna bentónica a lo largo de los transectos en las 3 localidades estudiadas.

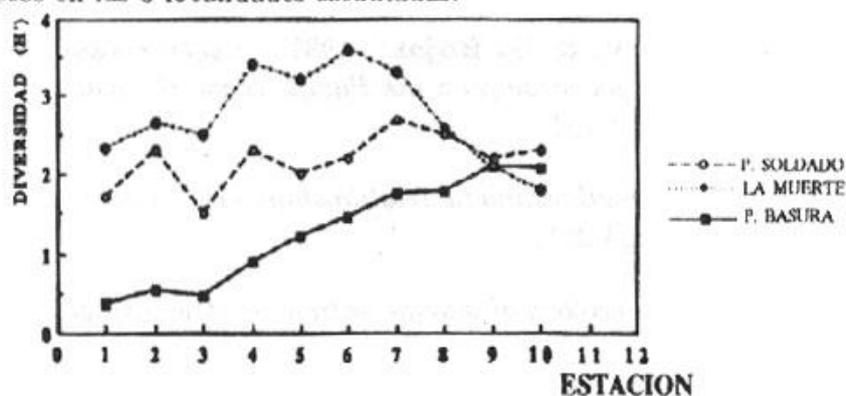


Fig. 5. Variaciones de la diversidad específica (H') de la macrofauna bentónica a lo largo de los transectos en las 3 localidades estudiadas.

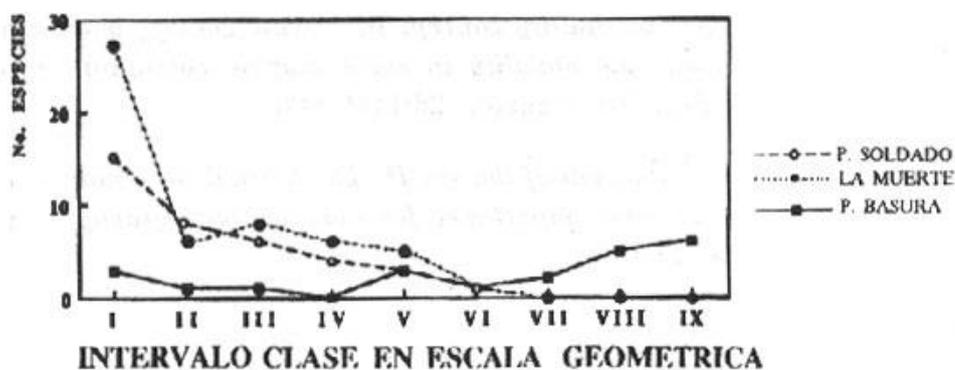


Fig. 6. Distribución del número de especies de acuerdo con el número de individuos arreglado en clases establecidas siguiendo una escala geométrica ($\times 2$) en las 3 localidades estudiadas.

Literatura citada

- Bellan G. y J.M. Pérès** . 1979. *La pollution des mers. Que sais-je?*. Presses Universitaires de France. Paris. 128 p.
- Cantera, J.R.** . 1991. *Etude structurale des mangroves et des peuplements littoraux des deux baies du Pacifique colombien (Málaga et Buenaventura). Rapport avec les conditions du milieu et les perturbations anthropiques.* Thèse d'Etat Sciences. Université d'Aix-Marseille II. Marseille. France. 429 p.
- Gidhagen, L** . 1981. *Introducción a la Oceanografía Física y Química para Estudiantes de Biología Marina.* Centro de Publicaciones Ciencias. Universidad del Valle. Cali. Colombia.
- Gocke, K. Marcella V. & G. Rojas** . 1981. *Oxygen consumption patterns in a mangrove swamp on the Pacific coast of Costa Rica.* Rev. Biol. Trop. 29:143-154.
- Gray, J.S.** 1974. *Animal-sediment relationships.* Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 12: 223-261.
- Gray, J.S.** 1981. *The ecology of marine sediments.* Cambridge University Press. Cambridge. 185 p.
- Lee, H.** 1978. *Seasonality, predation and oportunism in high diversity soft-bottom communities in the Gulf of Panama.* Ph. D. Dissertation. University of North Carolina. 210 p.
- Mills, E. L.** 1969. *The community concept in marine zoology with comments on continuos and stability in some marine communities: a review.* J. Fish. Res. Bd. Canada. 26:1415-1428.
- Petersen, C.J.** 1914. *Valuation of the sea II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography.* Rep. Danish Biol. Sta. 21:1-44.
- Pielou, E. C.** 1966. *The measurement of diversity in different types of biological collections.* J. theo. Biol. 13:131-144.
- Shannon, C. E.** 1948. *A mathematical theory of communications.* Beel System Tech. J. 27, 379-423, 623-656.

- Vargas, J. A.** 1987. *The benthic community of an intertidal mud in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Description of the community.* Rev. Biol. Trop. 35(2):299-316.
- Warwick, R. M. y Clarke K. R.** 1991. *A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure.* J. Mar. Biol. Ass. U. K. 71,225-244.