

LA MACROFAUNA DE PLAYAS ARENOSAS EN
LAS BAHIAS DE BUENAVENTURA Y MALAGA
(PACIFICO COLOMBIANO): ESTRUCTURA
ESPACIAL Y DINAMICA TEMPORAL

Jaime R. Cantera K.

Raul Neira O.

Departamento de Biología,

Universidad del Valle

y Patrick Arnaud

Centre d'Océanologie de Marseille,

Station Marine d'Endoume,

Rue de la Batterie-des-Lions, Marseille, France

Abstract

In a 3 year study, only 48 species of benthic macrofauna of 9 taxonomic groups were found associated to sandy beaches of two bays in the Colombian Pacific coast: Málaga and Buenaventura. The main groups were bivalves, brachyurans and polychaetes. Some species were highly abundant and strongly dominant. This study showed that the low specific diversity and high dominance of few species are related to the extreme conditions that affect these sandy beaches: over short periods of time the interstitial water shows strong temperature and salinity changes. Also, continental sediments carried by the rivers to the bays are deposited upon the sand mainly in the rainy season. Finally the transport of sand by storms or tidal currents during periods of spring tide, cause strongly unstable conditions, which difficult the development of benthic communities. Multivariate analyses showed that the main factors determining the composition and structure of benthic communities of these beaches are: the size of sand particles, wave exposure, intertidal height, tidal currents and deposition on the beaches to organic matter, gravel or stones. Biotic factors are predation by shore birds and the abundance of the crab *Ocypode gaudichaudii*.

Resumen

Sólo 48 especies de macrofauna bentónica pertenecientes a 9 grupos sistemáticos fueron encontradas, durante 3 años de estudio, asociados a las playas arenosas de dos bahías del Pacífico colombiano (Málaga y Buenaventura). Los grupos dominantes encontrados fueron: los bivalvos, los crustáceos brachiuros y los poliquetos. Algunas especies pueden presentar un número de individuos particularmente elevado lo cual las hace fuertemente dominantes en un conjunto pobre.

Este estudio estructural de la macrofauna bentónica permitió demostrar que la marcada pobreza y la diversidad específica tan baja se debe a las condiciones extremas a las que son sometidas las playas arenosas en la zona: en períodos muy cortos experimentan fuertes cambios de temperatura y salinidad. Además, soportan el depósito permanente de sedimentos aportados por los ríos, sobre todo en épocas de grandes lluvias, o el lavado del material arenoso por las fuertes corrientes generadas (pueden alcanzar velocidades superiores a 2 m/s) por las mareas de rango amplio ("pujas").

Los estudios cuantitativos mostraron que la repartición espacial y temporal de las especies está relacionada con factores climáticos, hidrológicos y biológicos. Los análisis multivariados mostraron que los factores principales que determinan la composición y la estructura de las asociaciones macrobentónicas de estas playas son: la granulometría del sustrato, la exposición al oleaje, la altura con respecto al nivel mareal, las corrientes generadas por las mareas de grandes rangos o la invasión de las playas por materiales diferentes a la arena como gravas, fango o materia orgánica. Entre los factores bióticos se encuentran la predación por aves playeras durante las mareas bajas y por peces y crustáceos durante las mareas altas y la abundancia del cangrejo "fantasma" *Ocypode gaudichaudii*.

Introducción

Este ecosistema costero ocurre principalmente en las aberturas (bocanas) de bahías, de golfos o de algunos estuarios de la costa pacífica colombiana. Las playas arenosas son formadas por el aporte del material silíceo de origen continental traído por los ríos que desembocan en los estuarios, o por la erosión de bioconstrucciones que dan origen a arenas calcáreas. Generalmente están en contacto directo con el mar abierto y por esto están sometidas continua o periódicamente a la acción de oleajes fuertes.

En algunas regiones, la caída del material arenoso no ocurre directamente en el borde costero sino que se hace a poca distancia en frente de la playa como consecuencia del patrón de corrientes marinas y del oleaje existentes. Este proceso forma bancos arenosos paralelos a la costa llegando a constituir las barras, que sirven de protección contra la acción del oleaje. Estas barras juegan un papel muy importante en el mantenimiento de la alta productividad de los estuarios, puesto que retienen el material detrítico originado por la descomposición de la hojarasca de los manglares que sería exportado naturalmente hacia el mar abierto por las corrientes de mareas. Por esta razón, se acumulan en las partes superiores de la playa restos

de material vegetal (troncos, hojas y embriones, pedazos de madera) en descomposición.

Al contrario de la mayor parte de los ecosistemas costeros del Pacífico colombiano que han sido estudiados intensivamente, existen pocos estudios sobre la fauna de zonas arenosas de esta región, aunque su fauna está citada abundantemente en algunos trabajos generales o taxonómicos sobre los invertebrados, principalmente crustáceos (Prahl y Cantera, 1986, Rios y Ramos, 1990, Prahl et al., 1990 ; moluscos (Cantera, 1982; Escallón y Cantera, 1989), equinodermos (Pardo y Neira, 1991) y peces (Rubio, 1987, 1990)

El presente trabajo, constituye una parte de un estudio global sobre ecosistemas costeros del Pacífico colombiano y su objetivo fue el de estudiar sistemáticamente los organismos habitantes de las playas arenosas y explicar los principales factores que determinan su zonación, distribución y la estructura de las comunidades asociadas. Con estos parámetros se trata de entender las razones que existen para la marcada pobreza específica y baja diversidad que se presenta en las playas arenosas estudiadas en las bahías de Buenaventura y Málaga.

Materiales y métodos

Las playas arenosas fueron estudiadas en 15 estaciones de las dos bahías (7 de Málaga y 8 de Buenaventura) siguiendo transectos perpendiculares a la línea de la costa que tenían entre 300 y 500 m de longitud. A lo largo de cada transecto se tomaron muestras cada 10 m, utilizando un cuadrado de 0,25 m x 0,25 m, hasta una profundidad de 0,20 m lo cual constituía un volumen de arena examinado de 0,0125 m³. Algunos sedimentos fueron guardados para el análisis granulométrico, los otros fueron fijados en formol 10% neutralizado, preparado en agua de mar. Los organismos fueron posteriormente conservados en formol 10% o alcohol 70% dependiendo del grupo taxonómico al que pertenecían. Parte del material utilizado fue conservado en la colección de invertebrados marinos de la Universidad del Valle (CRIMUV). Después de la determinación específica, los datos obtenidos de los conteos fueron analizados inicialmente en forma cualitativa en función de la presencia y ausencia de las especies estudiadas y posteriormente cuantitativamente utilizando varios índices comparativos o de estructura de la comunidad. Estos índices fueron: el Índice de Constancia de Especies (Dajoz, 1971), el Índice de Fidelidad de Especies (Mahieu,

1984); el Índice de Dominancia (*sensus* Péres y Picard, 1964); el Índice de Diversidad de Shannon o de Shannon Wiener (Shannon y Weaver, 1949), el Índice de Equitabilidad (Pielou, 1966) y varios Índices de Similitud y Distancia; Índice de Jaccard (1902); Índice de Correlación de Bravais & Pearson (Daget, 1976), Índice de Czekanowsky (Goodall, 1978); Distancia Euclidiana (Pielou, 1984). Para la construcción de los dendogramas se utilizó la técnica de ligamento promedio y fueron realizados utilizando programas ACOM (Navarro, 1984) y ORLOCI AND KENKEL PACKAGE FOR ECOLOGICAL STUDIES (Orloci y Kenkel, 1987)

Para lograr una mejor representación gráfica de las relaciones e inferir las principales relaciones y lograr conclusiones más precisas sobre la estructura de las comunidades se hicieron dos análisis multidimensionales o multivariados: Análisis de Componentes Principales (ACP, Hotelling, 1935) y Análisis Factorial de Correspondencias (AFC, Benzécri, 1982).

Resultados

A. Composición específica

En total, 129661 individuos fueron estudiados, pero pertenecen sólo a 48 especies de 9 grupos taxonómicos (fig. 1). Los grupos dominantes son los bivalvos con el 35,4% de las especies pero sólo el 7,5% de los individuos), los brachiuros (14,6% de las especies y 29,1% en individuos) y finalmente los poliquetos (20,8% y 6,5% respectivamente). En algunos grupos hay muy pocas especies pero con un número grande de individuos, llegando a ser dominante. Esto sucede con el equinodermo *Encope insularis* en algunas regiones de la estación de Piangua Grande y con *Ocypode gaudichaudii* en Punta Soldado.

B. Zonación

Los organismos se distribuyen en las playas arenosas siguiendo un gradiente de humedad creciente desde el borde que limita con la vegetación terrestre hasta la línea de marea baja. Debido a la poca inclinación que presentan, el amplio rango de mareas y al marcado hidrodinamismo, se puede dividir la playa arenosa en 4 zonas bien marcadas.

- Zona Adlitoral

Localizada en el límite entre los ecosistemas terrestre y marino, permanece casi todo el tiempo emergida y sólo se cubre con agua en las grandes mareas de puja, o con ocasión de grandes tormentas. Esta zona corresponde a

las dunas cólicas donde la arena ha sido estabilizada por el crecimiento de algunas plantas rastreras: *Cenchrus paciflorus*, *Homolepis allurensis*, *Ipomoea pes-caprae*, *I. stolonifera*, *Canavalia maritima*, *Pectis arenaria* y *Stenotaphrum secundatum*.

La fauna marina es rara y escasa; solamente 8 especies se han encontrado con una dominancia marcada de *Coenobita compressus* (56,9% de los individuos). También se encuentra abundantemente el anfípodo *Talitrus* sp. (31,4%), exclusivamente en los restos vegetales dejados por la marea en la berma de la playa. Otras especies de la zona son *Cardissoma crassum*, y las visitas ocasionales de *Ocypode gaudichaudii* y *O. occidentalis*. En esta zona se encuentran abundantes insectos principalmente ortópteros, dípteros y coleópteros (Naranjo, 1987) y algunos agujeros de cangrejos gecarcínidos. También se encuentra en números bajos el isópodo *Excirolana braziliensis* que presenta densidades cercanas a 5000 ind/m² y puede llegar a representar hasta el 98% de la población en algunas playas del Pacífico panameño (Dexter, 1979). Esa especie ha sido encontrada en el Pacífico colombiano en densidades muy inferiores (Ramos y Ríos, 1990). El índice de diversidad fue muy bajo, variando entre 0,24 y 0,71 bits/ind en las estaciones. El índice de equitabilidad J' varió entre 0,14 y 0,31 debido a la marcada dominancia de *Coenobita compressus*.

-Zona Supralitoral

Esta zona puede estar desprovista de vegetación o cubierta por ciperáceas o gramíneas en las playas situadas detrás de las dunas o *Fimbristylis* sp. en las playas arenosas con gravas que se presentan al pie de algunos acantilados. La fauna es similar a la de la zona adlitoral pero en proporciones diferentes.

En el límite donde llegan las olas durante la pleamar, se encuentran las perforaciones que hacen los cangrejos *Ocypode gaudichaudii* y *O. occidentalis*. En las zonas con salinidades mayores es más abundante *O. occidentalis* y donde se presentan fuertes variaciones de salinidad domina *O. gaudichaudii*. También se encuentran algunos ejemplares de *Ancinus panamensis* que aumenta su número de individuos a medida que se desciende en la playa (Glynn, 1975). Como en el adlitoral, en las acumulaciones de material vegetal en descomposición que quedan sobre la playa se encuentran anfípodos *Talitrus* sp. La diversidad y la equitabilidad aumentan con respecto al adlitoral, pero son aún bajos: H' varió entre 1,33 y 1,53 bits/ind en Málaga y entre 1,56 y 1,85 bits/ind en Buenaventura. J' varió entre 0,50 y 0,70 en Málaga y entre 0,63 y 0,96 en Buenaventura.

-Zona mesolitoral (Intermareal)

La zona de la playa que se cubre y descubre con las mareas puede ser dividida de acuerdo con la fauna que la habita en tres zonas más o menos bien marcadas:

- Zona mesolitoral superior

Caracterizada por su pobreza extrema tanto en las playas de Málaga como en las de Buenaventura, presentando solamente 3 o 4 especies, con una dominancia muy notable de *Ocypode gaudichaudii* y *O. occidentalis*. Algunas pueden enriquecerse en algunas épocas del año con algunas especies de moluscos y crustáceos que se reclutan hacia los manglares de la zona posterior de la playa. La pobreza específica disminuye solamente en las playas enriquecidas con fango de zonas menos agitadas o cuando algunas especies de zonas más bajas suben con los movimientos mareales en búsqueda de alimento. Los índices de diversidad son lógicamente muy bajos: H' varió entre 0,45 y 1,22 bits/ind y J' entre 0,28 y 0,47 en las dos bahías.

-Zona Mesolitoral media

En esta zona hay un aumento marcado en la riqueza específica, encontrándose 15 especies, con dominancia de moluscos, poliquetos y crustáceos. Las playas de zonas calmadas son dominadas por el poliqueto *Xenosiphon branchiatum* y el poliqueto *Nicon sp.* donde existe alguna invasión de lodos y por *Theodoxus luteofasciatus*, *Tagelus affinis* y *Chione subrugosa* donde se presenta lodos y gravas en el sustrato arenoso. En las playas de zonas agitadas, donde solamente se encuentra arena, las especies dominantes son *Donax assimilis* (42%) y *Olivella volutella* (9%) que se mueven con los desplazamientos de la marea a lo largo de la playa. La diversidad es mayor que en los niveles más superiores, variando entre 1,69 bits/ind y 2,16 bits/ind en Málaga. La equitabilidad en Málaga varió entre 0,85 y 0,93 valores muy altos debido a que las pocas especies existentes presentaron números de individuos equivalentes, mientras que en Buenaventura varió entre 0,30 y 0,72, debido a la dominancia de *Donax assimilis* o de *Tagelus affinis*.

- Zona mesolitoral inferior

En esta zona existe un hidrodinamismo muy marcado y están constituidas por arenas finas o muy finas que son movidas continuamente por las olas. La topografía es casi plana y presentan pozos intermareales y marcas de ripple ("Ripple marks") abundantes. En esta zona se presenta la mayor cantidad de especies, muchas de ellas que se encuentran también en el infralitoral, sobre todo de bivalvos y poliquetos. Las especies dominantes son: *Olivella volutella*, *Encope insularis*, *Iphigenia altior*, si el hidrodinamismo es fuerte

y *Nicon sp.*, *Diopatra denticulata* y *Xenosiphon sp.* en las playas de oleajes menos fuertes. La diversidad varió en las estaciones estudiadas entre 0,54 bits/ind en la estación de Piangua Grande donde existe una dominancia absoluta (89,2% de los individuos) de *E. insularis* y 2,73 bits/ind en la barra de Punta Soldado. J' varió entre 0,22 en Piangua Grande y 0,88 en Punta Soldado.

C. Dinámica temporal

Las poblaciones de organismos las playas arenosas estudiadas son fuertemente estacionales y fluctúan de acuerdo con las condiciones físicas. Algunas pocas especies pueden estar presentes todo el año. Otras como *Donax spp.* y *Encope*, por ejemplo, tienen períodos de gran abundancia seguidos por períodos de rareza. En algunas épocas, las poblaciones pueden desaparecer casi completamente, pero durante otras, pueden ser muy abundantes debido a la llegada de los juveniles al medio bentónico intermareal. El reclutamiento de nuevos individuos a las playas depende de las corrientes que existen en las zonas cercanas y de la duración de la fase larval para permitir que el organismo encuentre un habitat favorable para su fijación (Johnson, 1939).

En las radiales estudiadas (Juanchico en Bahía de Málaga y Punta Soldado en la bahía de Buenaventura) se encontró que si bien la riqueza específica fue baja y constante durante el año, la abundancia se hizo mayor en los períodos de mareas de grandes pujas (mareas astronómicas) como consecuencia de un número elevado de individuos del anfípodo *Talitrus sp.* quien aprovecha el suministro adicional de alimento que se acumula en las regiones superiores de la playa en la forma de detritus vegetal (madera, restos de mangles etc.) que se encuentra en el proceso de descomposición. En las zonas inferiores de las playas también se presenta un pequeño aumento en el número de individuos por especie en las épocas de grandes pujas, por el enriquecimiento por especies principalmente de bivalvos; que habitan en las zonas del infralitoral, y que son aportados por la perturbación de los sedimentos sumergidos poco profundos por causa de las tempestades.

D. Distribución espacial y principales factores que determinan la estructura de las comunidades

Los dos tipos de análisis factoriales realizados tuvieron resultados muy similares y por esta razón sólo se presentan los resultados del análisis factorial de correspondencias (fig. 2). La proyección de los datos en el plano factorial F1-F2 mostraron que las estaciones pueden agruparse dispuestas con

relación al factor F1 que representa el 24.2% de la varianza. Sobre este plano, encontramos un primer grupo que reúne las estaciones del adlitoral y del supralitoral de zonas calmadas. Un segundo grupo está constituido por el supralitoral de zonas agitadas. El tercer grupo corresponde a las estaciones del mesolitoral de las dos bahías. El cuarto grupo está constituido por estaciones intermareales enriquecidas por las gravas. El quinto grupo (E) representa un gradiente entre las estaciones del mesolitoral medio e inferior. Un tercer factor F3 (11,2%) muestra tanto en el plano factorial F1-F3, como en el plano factorial F2-F3 la existencia de un gradiente complejo que une las variaciones de granulometría, de exposición al oleaje y del ecosistema colindante (dunas o acantilados). Las estaciones de playas estables con gravas se sitúan a un lado del eje de inercia, las playas agitadas situadas cerca a dunas se localizan en la zona central y finalmente las estaciones que soportan fuertes lavados por las pujas se sitúan al otro extremo de eje.

Los análisis por nivel de la zonación (fig. 3) ayudaron a interpretar los factores que determinan la estructura de las comunidades. En el adlitoral se presentan dos grupos, uno que reúne las estaciones donde se acumulan grandes cantidades de restos vegetales y una estación que se ve enriquecida por materia orgánica de un emisor de aguas residuales domésticas de la ciudad de Buenaventura. En el supralitoral, las estaciones son separadas por la agitación de la playa y por la presencia de *Ocypode gaudichaudii*. En el mesolitoral medio se forman 3 grupos el primero reúne las estaciones situadas delante de los acantilados y fuertemente lavadas por las mareas, el segundo reúne las estaciones de oleaje agitado y el tercero reúne las estaciones de playas de arenas finas con gravas. En el mesolitoral inferior, se separan en las estaciones de Buenaventura en un grupo junto a la estación de Juanchaco y en el otro las estaciones fuertemente lavadas por las pujas de Málaga.

Discusión

La característica más notable de las comunidades de macrofauna bentónica de las playas arenosas estudiadas es su pobreza específica y en algunos casos incluso en un número de individuos, en relación con otras playas del Caribe o del Pacífico americano. Sin embargo, las pocas especies presentes si son equivalentes de las que ocupan este habitat en otras playas de zonas tropicales, como en el Perú (Hedgpeth, 1953), Panamá (Dexter, 1979), Costa Rica (Dexter, 1974) y Venezuela (Mahieu, 1984).

La dificultad en las condiciones y las variaciones estacionales determinan una estructura de comunidades caracterizada por baja diversidad, baja riqueza específica y dominancia marcada de una o dos especies por cada nivel de la zonación marina. En períodos cortos de tiempo, pueden experimentar variaciones muy fuertes de temperatura y salinidad, además soportar el embate de las olas, la acumulación de materia orgánica en descomposición, el movimiento de las partículas arenosas y la predación por organismos terrestres o aéreos (aves playeras) durante las mareas bajas, y por organismos marinos durante las mareas altas. Por estas razones, las especies habitantes de las playas deben presentar gran capacidad adaptativa para sobrevivir en condiciones de desecación (respiración, osmorregulación), para alimentarse y para enterrarse en el sustrato arenoso. Esta última adaptación les permite evitar las condiciones extremas que se presentan como consecuencia de las mareas, del hidrodinamismo y de la abundancia y frecuencia de las lluvias. Los análisis multivariados efectuados permitieron extrapolar los factores principales que son responsables de la inestabilidad estructural que presentan las playas y su variabilidad estacional. Estos factores son:

1. La granulometría, porosidad, inclinación y naturaleza del sustrato

La gran mayoría de las playas estudiadas están dominadas por arenas finas o muy finas constituidas por materiales silíceos terrígenos que son aportados por los ríos. Las raras playas arenosas situadas en el interior de bahías son enriquecidas por materiales limosos o arcillosos y las playas situadas en la base de los acantilados en bioerosión son enriquecidas por gravas y arenas medias a gruesas. En la distribución vertical, los contenidos se mantienen aproximadamente similares entre las zonas, a excepción de las gravas que predominan en las partes altas de las playas (adlitoral y supralitoral) que bordean los acantilados y de los lodos que son mayores en la zona baja intermareal (mesolitoral medio e inferior).

Los porcentajes de materia orgánica son bajos, a excepción de la playa de Punta Soldado en su zona mesolitoral media donde alcanza un 26%, debido a que gran cantidad de fragmentos vegetales de tallas diversas son retenidas por la barra, y sufren todo el proceso de descomposición sin salir a las aguas exteriores de la bahía.

La distribución de las tallas de los granos determina la cantidad de agua que puede ser retenida en los sedimentos. Las playas con

partículas más grandes son más porosas y no pueden retener casi agua cuando la marea se retira, y la ascensión de agua a partir de niveles inferiores es muy pequeña por la poca capilaridad que posee. A medida que disminuye el tamaño de los granos, la capilaridad es mayor y la porosidad menor lo que permite la acumulación de abundante agua sobre la playa (Bruce, 1928; Rodríguez, 1972). En las playas estudiadas el agua puede permanecer en la superficie debido a la baja permeabilidad de los poros intersticiales y por la baja inclinación. Puesto que los intersticios permanecen llenos de agua, se presenta la condición denominada *tixotropía* en la cual la aplicación de una presión exterior a la playa, causa una disminución en la resistencia intrínseca a la penetración de los organismos. Al contrario la *dilatancia* es cuando el agua intersticial no es suficiente para llenar los espacios entre agua de la zona superficial y se presenta una resistencia creciente a una mayor presión de penetración. Estas dos propiedades de estas playas son muy importantes por la facilidad o la dificultad que los organismos que viven enterrados en la arena encuentran para penetrar o cavar en el sedimento. El hecho de que la mayoría de las playas son tixotrópicas en su zona intermareal facilita fuertemente el enterramiento de los organismos, que es la mejor defensa que estos presentan a las condiciones ambientales variables.

2. La acción mecánica de las olas y las mareas

La acción de las olas es un factor fundamental en la estructura de las comunidades que habitan en las playas, junto con la pendiente y la naturaleza del sustrato. En general, existen correlaciones entre la inclinación de la playa, el carácter de las olas y la talla promedio de las partículas de arena. En las playas del Pacífico colombiano donde el rango mareal es muy amplio, la parte superior de la playa se seca bastante durante la bajamar formando dunas eólicas que son movidas por el viento hasta cuando la vegetación rastrera la compacta y las estabiliza. Esta zona se distingue por marcas sobre la arena en forma de líneas delgadas, irregulares y superficiales de materiales muy fino acumulado. Las partes más cercanas al mar, permanecen mucho más húmedas y son movidas únicamente por el mar formando dunas hidráulicas caracterizadas por los "ripple-marks".

La forma y el perfil superficial de la playa cambia si la marea esta alta o baja y es modificado entre dos ciclos completos de mareas. En igual forma, el perfil puede variar con las "pujas" (mareas de rango amplio) o con las "quebras" (mareas de rango estrecho). En algunos

sitios como en la isla de Palma (bahía de Málaga), durante ciertas épocas del año, un desplazamiento hacia el Sur de la desembocadura del río San Juan deposita arena en sus bordes y en otras épocas, las corrientes de mareas generadas durante las “pujas” grandes son capaces de arrastrar esta arena dejando las rocas de la isla prácticamente al descubierto. Estas variaciones producen evidentemente, cambios marcados en la estructura de las comunidades de las playas, ocasionando que se produzcan desapariciones masivas o modificaciones de la fauna como cambios en la composición y disminución de la diversidad.

3. El contenido de gases disueltos

El contenido de gases disueltos, principalmente el de oxígeno, es otro factor de mucha importancia en las playas. En muchas de ellas, el contenido de este gas es muy bajo; puesto que el intercambio con el oxígeno del agua o del aire es muy pequeño. La descomposición bacteriana del detritus se acumula sobre la playa, consume oxígeno y en esta forma se reduce la concentración del gas en el agua intersticial sobre todo a medida que se profundiza en el sedimento.

En las playas colombianas, durante las mareas bajas el consumo de oxígeno es alto, debido a las elevadas temperaturas. En las playas de granos finos con pobre drenaje, el contenido de oxígeno es bajo debido a las altas demandas biológica y química de oxígeno, como resultado de la gran cantidad de materia orgánica y de las altas poblaciones de microorganismos que realizan el proceso de la descomposición. En ausencia de oxígeno, algunas bacterias pueden transformar la materia orgánica utilizando hidrógeno como aceptor. El más importante de estas playas reducidas es el H_2S el cual puede ser fijado en sulfatos de hierro tales como la pirita (FeS_2), razón por la cual ciertas capas subsuperficiales poseen un color gris oscuro o negro en contraste con la arena blanquecina o gris clara de la superficie donde domina el óxido de hierro (Fe_2O_3).

En las playas expuestas a oleajes fuertes, donde hay continua aireación y movimiento de las partículas de arena, puede existir pero relativamente profundo (2 m o más debajo de la superficie), una capa negra de material reductivo, donde no hay oxígeno, mientras que en las playas arenosas de zonas protegidas, sin oleaje, puede encontrarse sólo a 2 cm debajo de la superficie.

4. **La temperatura**

Aunque normalmente la temperatura dentro de la playa varía menos que en el agua o en el aire la circundan, las playas del Pacífico colombiano pueden experimentar variaciones marcadas a nivel superficial dependiendo de la hora del día y del estado de la marea. Cuando las mareas bajas coinciden con las horas del mediodía, se pueden alcanzar temperaturas superiores a 40°C , y cuando coinciden con las horas de la noche, pueden tener valores inferiores a 18°C . La presencia o ausencia de lluvias durante la marea baja pueden también modificar estos límites. El calor excesivo que se puede presentar ocasiona mortalidad de los organismos y disminución de la diversidad sea por la desecación que causa o por la consecuente reducción de la concentración del oxígeno. En la playa, los organismos tienden a disminuir los efectos de la temperatura enterrándose, por lo cual presentan diferentes adaptaciones que incluyen estructuras que les permitan cavar en los sedimentos arenosos, sistemas de alimentación y de orientación muy particulares.

5. **La Salinidad**

La salinidad también presenta considerables variaciones debidas a las mareas y a las condiciones climáticas. Estas variaciones pueden ser muy grandes puesto que la salinidad puede disminuir considerablemente sobre todo en marea baja, durante las horas de lluvia, las cuales son muy fuertes. Al mismo tiempo, durante la pleamar, el agua marina restablece los valores más elevados de salinidad. En esta forma, los organismos que habitan son solamente los que pueden soportar las grandes variaciones de salinidad, o los que tienen la capacidad de enterrarse profundamente en el sustrato.

6. **La Iluminación**

A excepción de la superficie y de los primeros centímetros de la playa, en las capas de arena la oscuridad es total. Por lo tanto, la iluminación es un factor muy importante en la determinación de los organismos que la habitan como para ciertos vegetales como las diatomeas, que son abundantes en la superficie de las playas. Muchos animales, sobre todo aquellos que tienen galerías en la arena, presentan reacciones de escape a la luz, lo que les permite enterrarse después de haber llegado involuntariamente a la superficie, como consecuencia de la fuerza del oleaje. Debido a la fuerte iluminación la temperatura se eleva ocasionando la desecación de los organismos, lo cual los obliga a vivir enterrados durante la marea baja.

Todas las especies de la zona intermareal de las playas arenosas tienen capacidad de enterrarse muy rápidamente lo cual hacen los moluscos con la ayuda del pie muscular adaptado para ello y los crustáceos gracias a sus apéndices, los periópodos y los urópodos especialmente modificados. Ambos grupos bajan y suben con la marea en busca de alimento y de protección contra predadores y contra la desecación. Algunos autores como Mac Ginitie (1938) para *Emerita* y Hedgpeth (1957) para *Donax* consideran que estas migraciones están sincronizadas con las vibraciones causadas por las mareas en la pleamar o en la bajamar.

Las playas representan un excelente ruta de migración para muchos microorganismos que han ido adquiriendo hábitos terrestres como algunos cangrejos como los *Ocypode*, algunos cangrejos como *Cardissoma* y *Gecarcinus* y algunas especies de ermitaños. La mayoría de estas especies han logrado la transición pero necesitan regresar al mar a reproducirse o para humedecer las superficies respiratorias. En estos cangrejos semiterrestres, la cámara branquial está ensanchada y se han aumentado las superficies respiratorias y funcionan como un pulmón. Los anfípodos Talitridae han escapado a la obligación de las limitaciones de la vida marina al habitar debajo de las acumulaciones de restos vegetales donde se conserva la humedad. Los otros organismos se entierran en el sustrato para escapar de la desecación.

7. Régimenes alimenticios

Las estrategias de alimentación de los organismos habitantes de las playas son muy variadas, pero dependen en general de los materiales dejados por el oleaje o las mareas sobre la playa. Algunas especies muy adaptadas pueden alimentarse prácticamente de cualquier posibilidad como el cangrejo "fantasma" *Ocypode* (fig. 4).

En resumen, los hábitos alimenticios de los organismos que viven en las playas arenosas del Pacífico colombiano se pueden clasificar en:

- Aquellos que se alimentan del material vegetal en descomposición depositado en las partes altas de las playas por el oleaje (ejemplo: *Talitrus* sp.)
- Aquellos que pasan realmente el sedimento a través de su tracto digestivo; (por ejemplo la gran mayoría de los vermes).
- Aquellos que obtienen la materia alimenticia limpiando los granos de arena (por ejemplo *Ocypode* y los pequeños metazoarios intersticiales)

- Aquellos que extraen las partículas alimenticias (detritus o plancton) de las aguas de las olas que rompen en la playa (*Emerita*, bivalvos).
- Carroñeros: Aquellos que se alimentan de restos animales depositados en la playa por el oleaje (*Ocypode*, ermitaños).

Los bivalvos y algunos crustáceos como *Emerita* sp. se alimentan por filtración de fitoplancton y de materia suspendida. Los cangrejos "fantasmas" (*Ocypode*) puede comer cualquier cadáver que quede tirado en la playa incluyendo medusas. Tiene gran actividad tanto de día como de noche, aunque para muchas regiones se dice que solo es activo en la noche. Es la única especie del género que come organismos microscópicos de la arena (principalmente la película superficial constituida por mucus, bacterias, sedimentos muy finos y diatomeas).

Los gusanos ingieren la arena para retirar la película coloidal de las partículas. Los pequeños metazoarios raspan las partículas alimenticias de los granos mediante apéndices especializados. Los bivalvos se alimentan de material suspendido en el agua, algunos tienen papilas capaces de excluir a la arena, otros la expulsan como pseudoheces y algunos poseen sifones tan largos que pueden alimentarse de la capa de agua sin verse invadidos por los sedimentos. La mayoría de los crustáceos son predadores, lo mismo que los gastrópodos. *Emerita* tiene como adaptaciones unas antenas adaptadas para filtrar y capturar el detritus de las olas de reflujó. Los equinodermos de playas arenosas, principalmente las galletas de mar poseen reducción en las estructuras de los pies tubulares y las espinas más cortas. Estos equinodermos se alimentan de detritus o predando en los organismos microscópicos de la playa arenosa. En algunas playas arenosas con depresiones en su topografía se pueden presentar agrupaciones de algunos comedores de detritus. Este fenómeno señalado por Hedgpeth (1953) para la costa de Texas, se observa en ciertas épocas del año en las playas de Piangua Grande, en el exterior de la bahía de Buenaventura.

Conclusiones

Los principales factores ambientales que determinan la composición y la diversidad específica de organismos en una playa arenosa son: la granulometría o talla de las partículas que componen la playa, la estabilidad de ella (que está relacionada con la acción del oleaje), la porosidad (o contenido de humedad) del sustrato, la acción mecánica de las olas, la temperatura

y la salinidad intersticiales, y finalmente, la concentración de los gases disueltos. Estos factores son muy cambiantes en el espacio (a lo largo de los gradientes mareales constituyendo comunidades específicas para cada nivel de la zonación) y en el tiempo. Los principales factores biológicos son la predación (que es muy marcada a nivel de las zonas de medias mareas, principalmente por aves playeras y gastrópodos de la familia Naticidae) y la disponibilidad de alimento, determinada por las condiciones cambiantes de la playa. Las diatomeas, los cadáveres y restos de animales y finalmente los restos vegetales de la berma de la playa, todas estas fuentes alimenticias quedan sobre la arena durante los cambios mareales. Todas estas condiciones que determinan una variabilidad muy marcada del habitat de las playas arenosas (tanto en tiempo como en espacio), son responsables de la notable pobreza en macrofauna bentónica que presentan las playas arenosas de las dos zonas estudiadas en el Pacífico colombiano.

Bibliografía

- Benzécri, J. P.** 1982. *L'Analyse des Données: L'analyse des correspondances*. 4 Edición. Dunod, París. 632 pp.
- Bruce, J. R.** 1928. *Physical factors on the sandy beach*. Part I. Tidal, climatic and edaphic: *Journal of Marine Biology Association*, N.S. 15 (2): 535-552 y 15(2): 553-565.
- Cantera J. R.** 1982. *Fauna asociada al ecosistema manglar estero en la bahía de Buenaventura*. (Pac. Col.). Universidad del Valle, Sec. Biol. Marina. Cali.
- Daget .** 1976. *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris, 234 pp.
- Dajoz, R.** 1971. *Précis d'écologie*. Dunod, Paris. 434 pp.
- Dexter, D.** 1974. *Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia*. *Revista de Biología Tropical* 22 (1): 51-66.
- Dexter, D.** 1979. *Community structure and Seasonal variations in Intertidal Panamanian Sandy beaches*. *Estuarine and Coastal Marine Science* 9, 543-558.

- Escallon S. y Cantera J.** , 1989. *Moluscos marinos de la bahía de Málaga, costa Pacífica colombiana*. I. Pelecypoda. Bol. Cient. Univ. la Salle. 3(2): 159-178.
- Glynn, P. W.** 1975. *Excirolana brasiliensis, a Pan-American sand beach isopod: taxonomic status, zonation and distribution*. J. Zool. London 175, 509-521.
- Goodall, D. W.** 1978. *Sample similarity and species correlation*. In: "Ordination of plant communities". (R.H. Whittaker, Ed.). W. Junk, The Hague. pp. 99-149.
- Hedgpeth, J. W.** 1957. *Sandy beaches.*, pp 587-608. In: (Hedgpeth, J.W., ed.) *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*. Geological Society of America Memoirs 67(1).
- Hotelling, H.** 1933. *Analysis of a complex of statistical variables into principal components*. J.Educ. Psychol. 24: 417-441, 498-520.
- Jaccard P.** 1902. *Lois de la distribution florale dans la zone alpine*. Bull. Soc. vaudoise Sci. nat., 38: 69-130.
- Johnson M. W.** 1939. *The correlation of water movements and dispersal of pelagic littoral animals especially the sand crab Emerita*. Journal Marine Research 2(3): 236-245.
- Mahieu G.** 1984. *Milieu et peuplements macrobenthiques littoraux du golfo Triste*. Venezuela. Etudes expérimentales sur sa pollution. Thèse Doct. Sci. Univ. Aix-Marseille 2: 333p.
- MacGinitie, G. E.** 1938. *Movements and mating habits of the sand crab, Emerita analoga*. American Midl. Nat. 19(2): 471-481.
- Naranjo, D.** 1987. *Los insectos del adlitoral en la bahía de Buenaventura*. Tesis de grado. Universidad del Valle. Departamento de Biología. 89 p.
- Navarro, R. A.** 1984. *Programa computacional para el análisis numérico de comunidades: diversidad y sobreposición*. Medio Ambiente. 7(1) 82-87.
- Pardo, R. y R. Neira.** 1991. *Lista anotada de los equinodermos de la ensenada de Tumaco*. Mem. VII Sem. Nal. Ciencias y Tecnologías del mar. Cali. 1990: 422-429.

- Orloci, L. y N.C. Kenkel.** 1987. *Data analysis in polutation and community ecology.* Vol 1 Static Systems. Univ; of Hawai, and New Mexico. 211 p.
- Pardo R.** 1990. *Equinodermos del Pacífico colombiano.* Tesis de grado. Universidad del Valle. Dep. Biología.
- Péres J.M. y Picard J.** 1964. *Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée.* Rec. Trav. Sta. mar. Endoume. 47 (Bull.31): 1-137.
- Pielou, E.C.** 1966. *The measurement of diversity in different types of biological collections.* J. theor. Biol. 13: 131-144.
- Pielou, E.C.** 1986. *The interpretation of Ecological Data. A primer on Classification and Ordination.* Wiley Interscience. N.Y. 263 p.
- Prahl, H. von y Cantera, J.R.** 1986. *Estudio de impacto ambiental de los desarrollos causados por la Base Naval de Málaga y de la carretera de acceso.* CENIPACIFICO. Tomo 1: 237 p.
- Prahl, H. von, G. Ramos y R. Rios.** 1990. *The Crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura of the Pacific coasta of Colombia.* Rev. de Ciencias. Univ. Valle. 2: 23-35.
- Rios, R. y G. Ramos.** 1990. *Los isopodos (Crustacea: Isopoda) de Bahía Málaga.* Colombia. Rev. de Ciencias. Univ. Valle. 2:83-96.
- Rodríguez, G.** 1972. *Las comunidades bentónicas en: Fundación La Salle de Ciencias Naturales.* (ed.) Ecología Marina. Monografía No. 14. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas. 711+xi.
- Rubio, E.A.** 1987. *Lista sistemática de peces costeros y de profundidad del Pacífico colombiano.* Univ. del Valle, Cali. Dep. Biol. Centro Publ. Ci.: 258 p.
- Rubio, E.A.** 1990. *Estructura taxonómica y caracterización ecológica preliminar de las comunidades de peces colectadas en zonas estuarinas y de manglares en la costa del Pacífico de Colombia.* Mem. VII Sem. Nac. Cienc. Tecnol. Mar. Cali. 92 106.
- Shannon C.E. y Weaver W.** 1949. *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois Press. Urbana: 159 p.

Títulos de las figuras para el trabajo sobre playas arenosas

Figura 1. Repartición de las especies de playas arenosas de las bahías de Málaga y Buenaventura y de sus números de individuos en los grupos sistemáticos encontrados.

Figura 2. Análisis factorial de correspondencias de las estaciones de playas arenosas de las bahías de Malaga y Buenaventura, basados en las abundancias de las especies encontradas (A= Plano factorial F1-F2; B= Plano factorial F1-F3; C= plano factorial F2-F3). Las convenciones corresponden a las estaciones que presentan las siguientes condiciones: hb. Baja humedad; ha: alta humedad; hi: humedad intermedia; ae: alta energía hidrónica; be: baja energía hidrónica; omf: oleaje muy fuerte; of: oleaje fuerte; od: oleaje débil; d. oc: dominancia marcada de *Ocypode gaudichaudii*; gd: gradiente de diversidad creciente en la dirección de las flechas; bd: baja diversidad.

Figura 3. Dendogramas en función de la distancia promedio mostrando las relaciones entre las estaciones de las playas arenosas estudiadas por el nivel de zonación en las bahías de Buenaventura (1= Punta Soldado; 2= Piangua Grande; 3= Punta Bazán; 4= Playa Basura; 5= Estereo Pichirón; 6= Punta Arenas; 7= Piedra-Piedra; 8= Pianguita) y Málaga (9= La despensa; 10= Juanchaco; 11, 12, 13= Archipiélago la Plata; 14= Punta La Muerte; 15= Playa Chucheros). Las zonas son: A= Adlitoral; B= Supralitoral; C= Mesolitoral superior; D= Mesolitoral medio; E= Mesolitoral Inferior.

Figura 4. Resumen esquemático de las principales redes tróficas de las comunidades bentónicas de las playas arenosas del Pacífico colombiano (modificado de Hedgpeth, 1957).

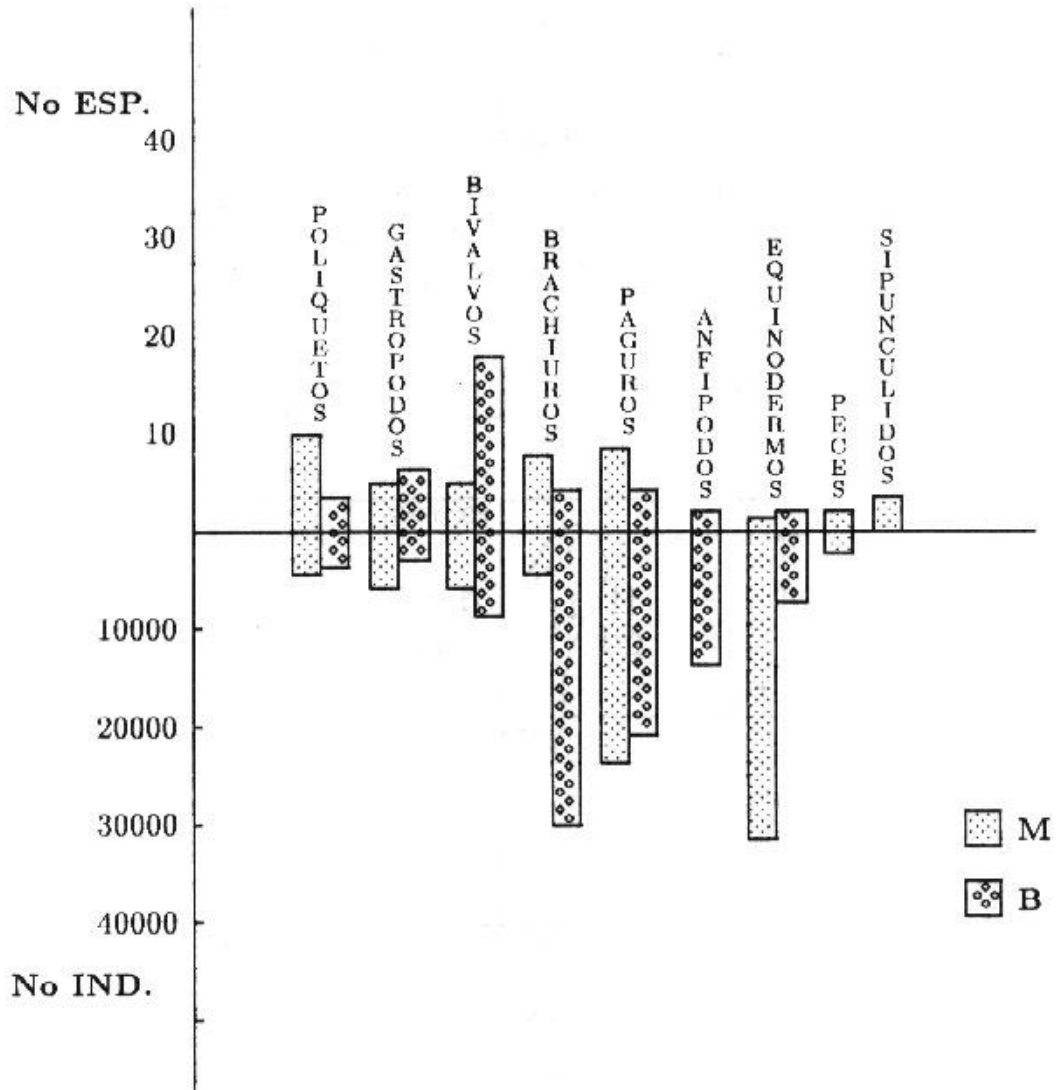


Figura 1.

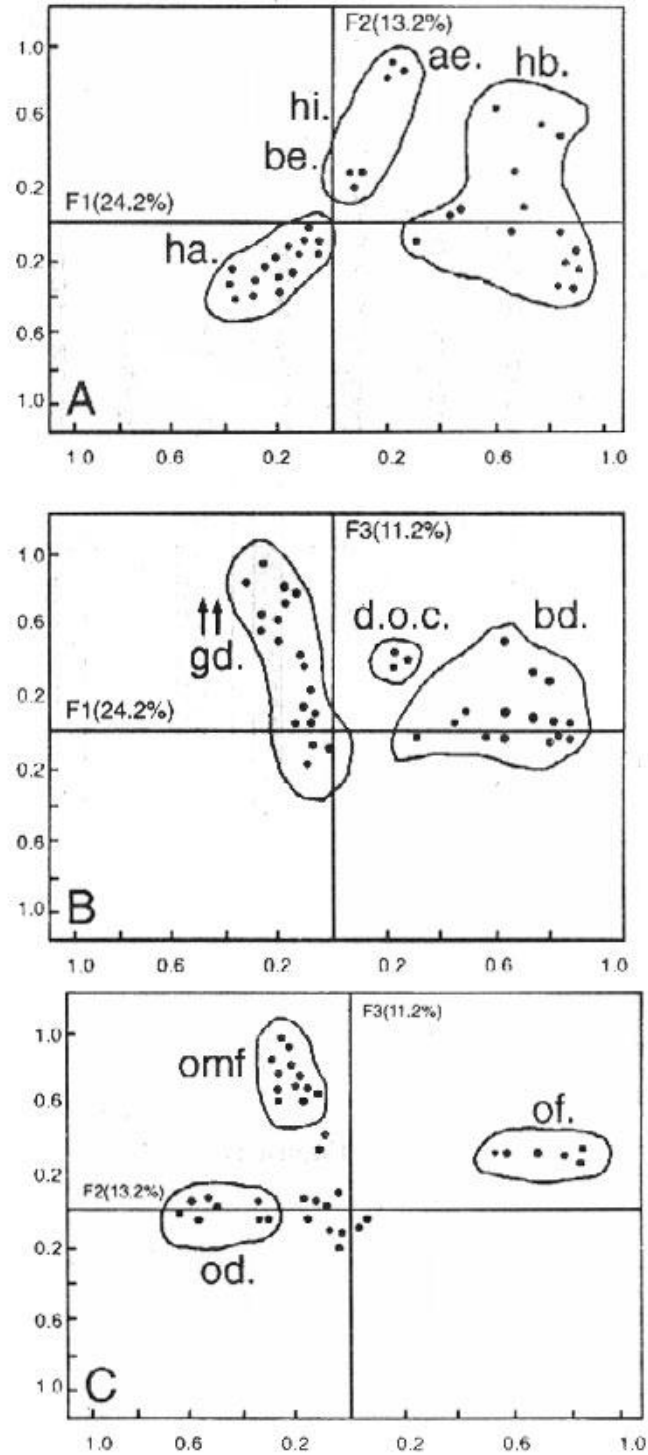


Figura 2.

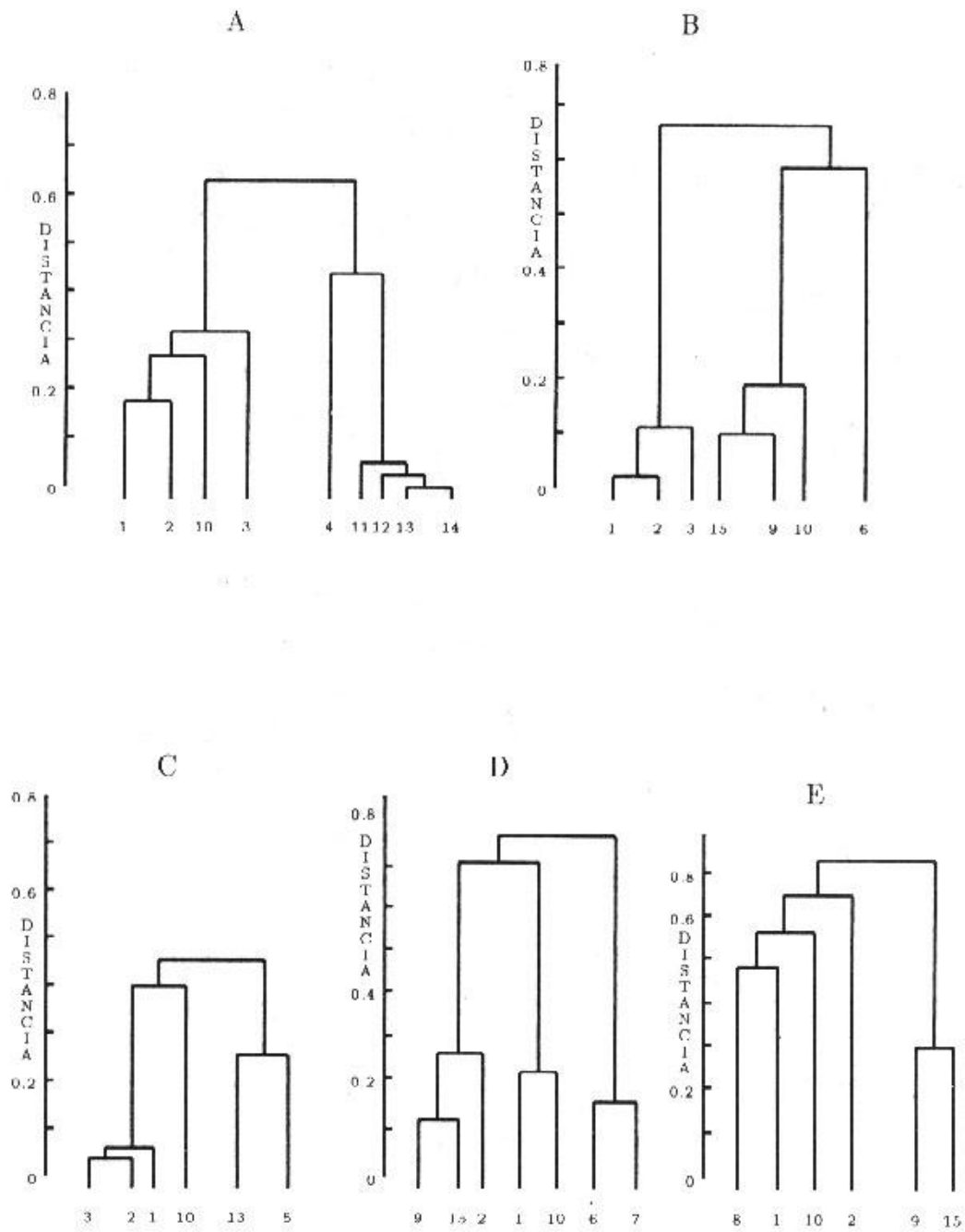


Figura 3.

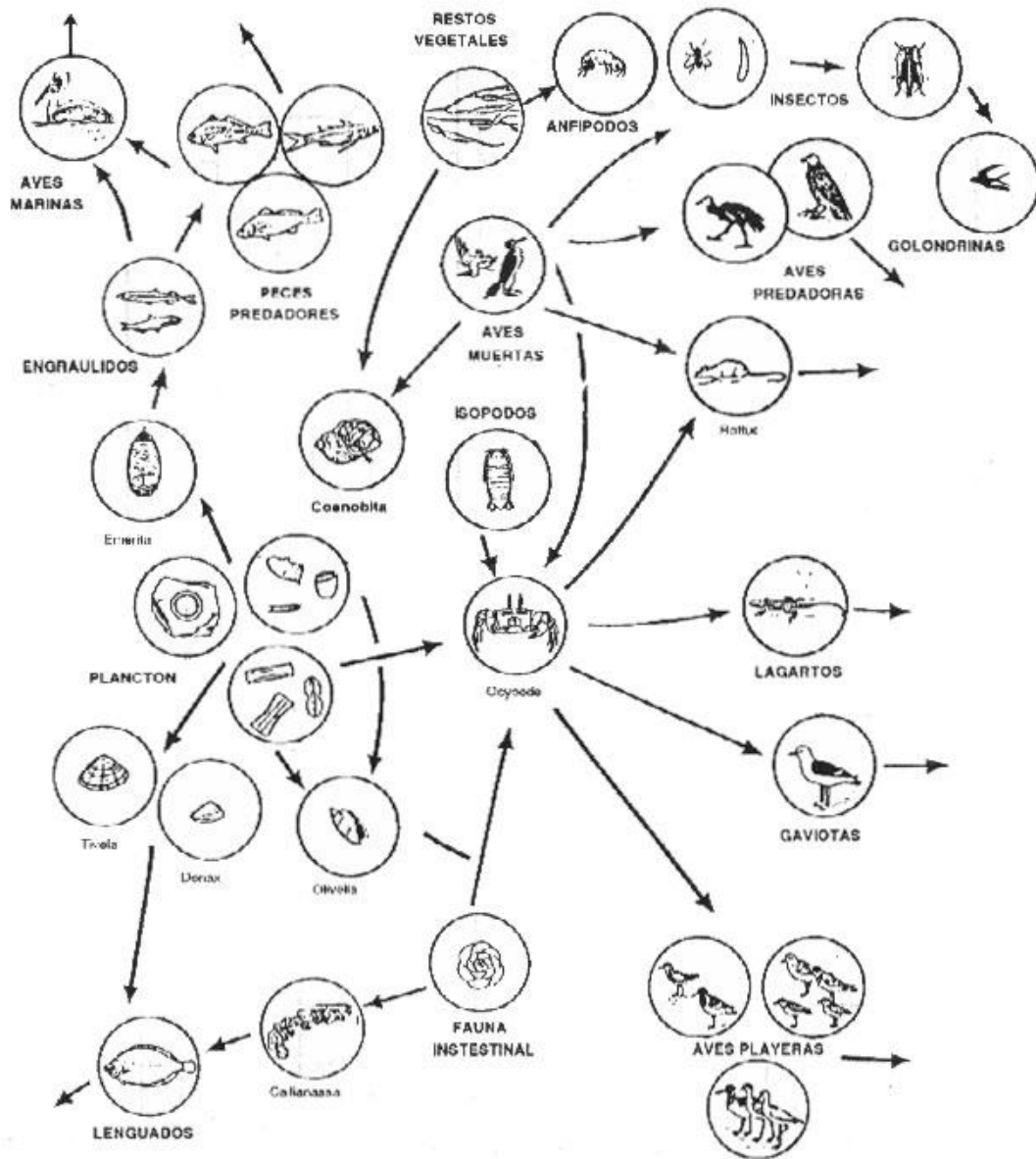


Figura 4.