

**Aplicación de un índice biológico de
contaminación de las playas del Maresme Sur
(Barcelona) a partir del estudio de los nemátodos
y copéodos intersticiales de la arena de la playa
en su zona de rompiente**



Realización: Amanda Tomas y Marta Rontomé

Coordinación: Iván Nadal Latorre

Curso: 2004-06

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – BACHILLERATO CIENTÍFICO

Escola Hamelín–Internacional Laie, Alella, Barcelona

ÍNDICE

I.	Resumen	2
II.	Introducción.....	3
III.	Fundamentos teóricos	
	3.1. Introducción.....	5
	3.2. Los nematodos	5
	3.3. Los copépodos	8
	3.4. El índice biológico de contaminación nematodos vs. Copépodos.....	9
IV.	Material y metodología	
	4.1. Introducción.....	10
	4.2. Metodología del muestreo de campo.....	12
	4.3. Metodología del trabajo de laboratorio	14
V.	Resultados	
	5.1. Temperatura.....	17
	5.2. Porcentaje granulométrico en masa.....	18
	5.2. Recuento de muestras	21
	5.3. Identificación de los organismos	27
VI.	Conclusiones.....	30
VII.	Bibliografía.....	32
	ANEXOS.....	33

RESUMEN

La contaminación en las playas esta muy presente en la mente de las personas después del desastre del *Prestige*; algunas alteraciones del medio tras un proceso contaminante pueden deducirse a través de los organismos de pequeña talla que residen en los espacios intersticiales de la arena, la meiofauna.

A partir del estudio de un índice biológico que consiste en la relación entre nematodos y copépodos se ha intentado deducir el grado de alteración de las playas de la subcomarca del Maresme Sur (Barcelona). Tal y como indican algunos estudios al respecto, el aumento de los nemátodos indica un mayor grado de contaminación, contrariamente a lo que sucede cuando se incrementan los copépodos.

Palabras claves: contaminación, playas, nematodos, copépodos, Maresme, índice biológico.

INTRODUCCIÓN

Cuando miramos al mar y somos conscientes de su contaminación, pensamos cómo hemos de considerarlo: un gran vertedero en el que el agua es capaz de engullir todo lo que recibe, o, por el contrario, un gran paraíso biológico, muchas veces desconocido.



Fig. 1. Una de las playas estudiadas del Maresme Sur

A raíz de nuestra preocupación sobre el grado de contaminación que pudieran tener las playas que nos rodean como habitantes del Maresme (**fig. 1**), hemos creído conveniente investigar sobre este problema ambiental. Las desembocaduras de las rieras muchas veces acumulan en la arena de las playas materia orgánica que puede afectar a la vida de los organismos que la habitan. Es por ello que la utilización de un índice biológico como el aplicado en este trabajo, sencillo en su planteamiento pero a la vez complejo por el tipo de organismos que se asocian (la meiofauna de la zona de rompiente; **fig. 2**), sería una de las formas más naturales de ver y analizar la posible presencia de este fenómeno en nuestras playas.

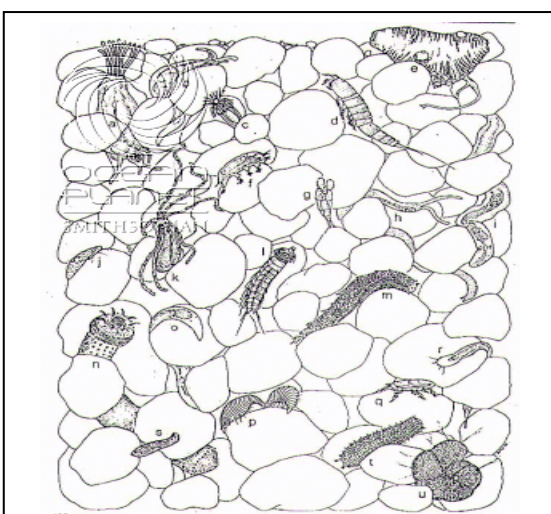


Fig. 2. Este trabajo se basa en el estudio de la meiofauna intersticial de la arena de la playa

Nuestra hipótesis inicial es que la presencia de determinados organismos microscópicos presentes en la arena de las playas podría indicar un mayor grado de contaminación (o alteración) que otros, y que este grado podría ser variable en función de la estación de año en que se analizaran las muestras.

Es por ello que nuestro objetivo final es intentar, dada la dificultad del conocimiento de la meiofauna, tener un mapaje estacional del grado de contaminación (o alteración) en las playas de la subcomarca del Maresme Sur (desde Montgat hasta Mataró).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

- **Introducción**

El componente biológico más importante de los fondos sedimentarios marinos son los organismos que viven en su interior aprovechando el espacio que hay entre los distintos elementos que constituyen el sedimento. Esta estructura ha hecho que prosperen los animales de pequeña talla, lo que les permite especializarse a las diferentes condiciones del diversificado mosaico ambiental y que favorece un grado de diversidad desconocido entre los animales de gran talla. Estos pequeños animales se denominan en general “meiobentos” y su tamaño oscila entre 1 mm y aproximadamente 50 micras de longitud. Casi todos los grupos animales tienen representantes en la meiofauna. El grupo más importante son los nematodos (el más diverso y abundante) y normalmente comprenden más del 90% de la meiofauna. Otros grupos importantes son los copépodos harpacticoides y los poliquetos.

- **Los nematodos (fig. 3)**

Los Nematodos, con nombre latín *Nematoda Rudolphi*, forman el mayor grupo de asquelmintos, o nematelmintos. Existen un millón de especies, de las cuales 80.000 están clasificadas científicamente. Una pequeña anécdota es que la palabra Nematodo es una corrupción de nematoide, que quiere decir “similar a un hilo”.

Los Nematodos son los animales multicelulares más numerosos que actualmente viven en la Tierra, se pueden alimentar de bacterias, hongos y otros Nematodos, pero todo dependerá del sitio en donde residan, aunque nosotros estudiamos los marinos también existen en suelos húmedos y aguas continentales, pero siempre en sitios con algún grado de humedad.

Estos organismos simples, tienen una cavidad

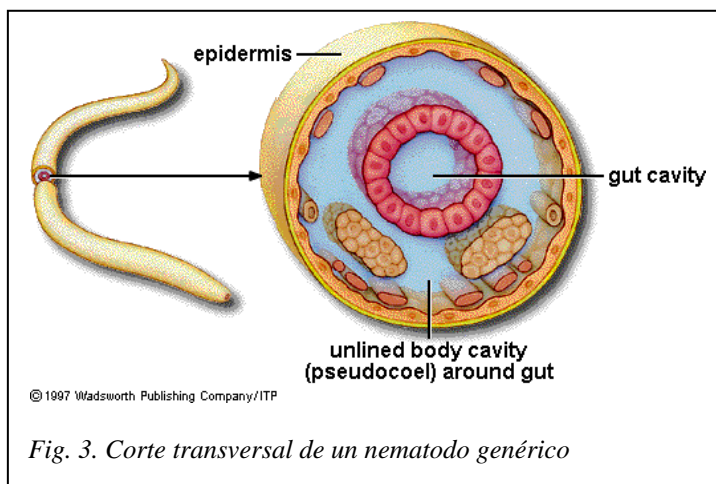


Fig. 3. Corte transversal de un nematodo genérico

bucal, son pseudocelomados y están cubiertos por una cutícula proteínica (es resistente); todos ellos conservan una uniformidad estructural, es decir, son alargados, delgados, transparentes y de sección circular, y por último podríamos decir que su reproducción es siempre sexual y la fecundación interna; pero todo lo dicho anteriormente lo vamos a desarrollar seguidamente.

Tienen diferentes medidas que van desde los 0.2 mm hasta más de 8 m de longitud, pero, la mayoría son de aproximadamente un milímetro y muchos de ellos son microscópicos.

A pesar de que la forma de vida de estos organismos es muy variada, conservan una gran similitud estructural (**fig. 4**). Son gusanos alargados, filiformes de cuerpo delgado y sección circular, también son transparentes. La pared corporal es un saco músculo – cutáneo, en el que reside el aparato excretor y el sistema nervioso. El cuerpo esta cubierto por una cutícula resistente, delgada cubierta quitinosa que a menudo tiene un relieve en forma de anillos y gracias a esto cubre la faringe, el aparato digestivo posterior y otras aberturas corporales. La cutícula, antes nombrada, es un producto elástico de

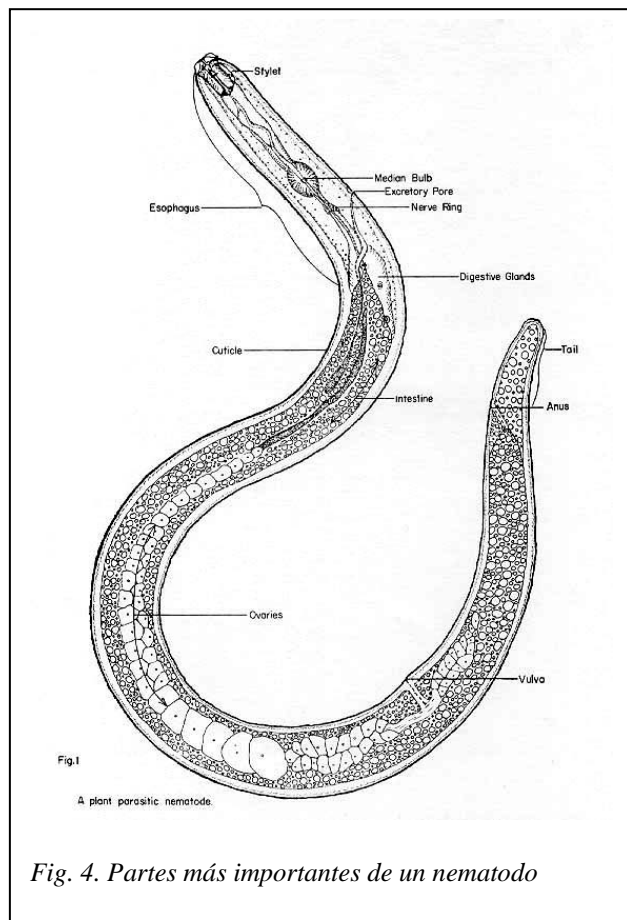


Fig. 4. Partes más importantes de un nematodo

las células epidérmicas subyacentes, gracias a esta, hay un soporte resistente y protege de los compuestos tóxicos, también permite aumentar o disminuir el volumen corporal sin cambiar la presión del líquido perivisceral. En la cutícula predominan proteínas similares al colágeno y la capa externa esta compuesta por queratina, cubierta por una capa lipídica; esta cutícula consta de tres zonas: capa basal, capa mediana y capa cuticular externa o córtex. Estas capas están formadas por fibras entrecruzadas.

El crecimiento de los Nematodos se acompaña de cuatro mudas de la cutícula, la cutícula antigua se separa de la epidermis empezando por el extremo anterior y el animal produce la cutícula nueva.

El sistema muscular, esta formado por células mioepiteliales que forman fibras longitudinales, pero no en gran cantidad, ya que la falta de músculos circulares pero a la abundancia de músculos longitudinales, el organismo se mueve curvándose y retorciéndose, mediante ondulaciones, pero con la ayuda del hidroesqueleto. Pero también hay otros tipos de movimiento como el movimiento de reptación, perforación... Estos movimientos implican a todo el cuerpo, y los anillos cuticulares contribuyen a la flexibilidad. También podemos encontrar que en la cutícula haya ornamentaciones, es decir, arrugas o variaciones que ayudan a agarrarse al sustrajo, teniendo mas movimiento así.

Su nutrición variara dependiendo de si son carnívoros, fitófagos y hasta saprófagos. Pero los marinos y de agua dulce se alimentan de diatomeas, algas, hongos y bacterias. Su aparato digestivo será rectilíneo y se extenderá entre la apertura oral hasta la anal. La boca esta rodeada por un número variable de lóbulos salientes o de labios, esta cavidad bucal puede ser un tubo estrecho o un espacio oval, y se abrirá hacia una faringe tubular denominada esófago o faringe-esófago.

Estos organismos tienen aparatos respiratorios anaerobios y su excreción es en forma de amonio.

El sistema nervioso es intraepitelial, localizado en la epidermis principalmente, pero se puede extender hasta la faringe y el digestivo posterior, pero existe un anillo circunfaríngeo que esta formado por fibras nerviosas.

Hablando de los órganos sensoriales, diríamos que son relativamente sencillos, y están centrados en el extremo corporal anterior.

Como decíamos su reproducción es sexual y la fecundación interna, el macho suele ser menor que la hembra, y este puede presentar caracteres sexuales secundarios. Los huevos son pequeños, alargados y rodeados por envolturas muy duras, que les permiten esperar indefinidamente a condiciones ambientales adecuadas. Existen exactamente tres cubiertas: una lipídica, otra cuticular y proteica, con ornamentaciones.

Por ultimo podríamos decir que su ciclo biológico no es muy largo temporalmente, ya que suelen morir al año.

- **Los copépodos (fig. 5)**

Los copépodos son el grupo más grande y diversificado de crustáceos. Son seres ubicuos y tienen una diversidad de formas sorprendente. Son una clase de crustáceos y muchos son de agua salada aunque también hay de agua dulce. Viven en la parte del suelo del mar, en aguas limpias, como parásitos de peces, en cuevas... Son materia alimenticia muy importante para una variedad de formas de vida acuática.

La forma del cuerpo varía desde una forma cilíndrica a muy aplanada. El cuerpo se divide en un cabeza, tórax y abdomen (aunque exteriormente se distingue un metasoma anterior y un urosoma posterior). El tórax usualmente tiene 5 segmentos y el abdomen no tiene apéndices y por lo general termina en una cola bifurcada. Hay diferencia de tamaño entre sexos, la hembra acostumbra a ser más grande que el macho. De las 12000 especies de copépodos conocidas, unas 7500 son de vida libre y de ella se reconocen más de 1200 como propias de aguas continentales.

Los copépodos harpacticoides miden de 0,2 a 2,5 mm. Para identificarlos mayoritariamente se examina individualmente los apéndices, una tarea difícil debido a su tamaño. Nadan rápido entre la arena, pero su movimiento es de hecho un rápido movimiento de todo el cuerpo, no solo de las patas.

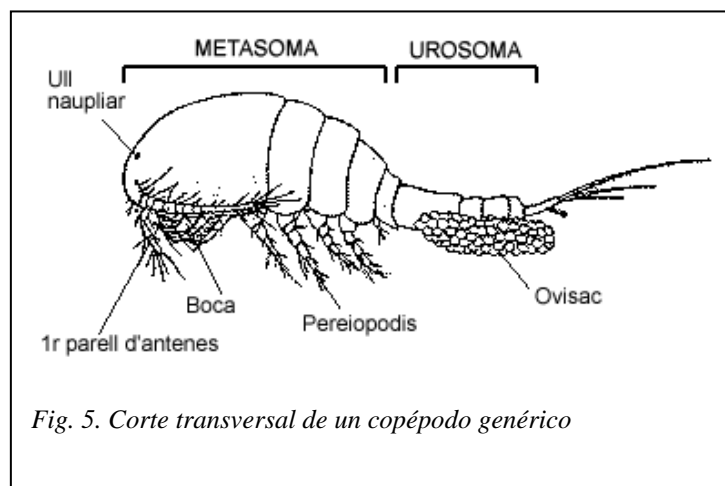


Fig. 5. Corte transversal de un copépodo genérico

Los copépodos viven en zonas donde la arena es muy fina o incluso barro. Su cuerpo a veces tiene forma de gota de agua. Algunos han desarrollado una espina dorsal muy rara, esta espina funciona para producir una sustancia que sirve para camuflarse.

Se alimentan de células diatomeas, bacterias, protozoos, los cuales los copépodos desgarran con partes de su boca

La temperatura y la comida son los primeros condicionantes de la población de estos animales. Muchos harpacticoides son sensibles a una cantidad de oxígeno reducido, que restringe su distribución a las capas superiores de sedimento.

La perturbación de las corrientes, agitaciones de la parte superficial del sedimento durante tormentas han demostrado que afectan considerablemente a los harpacticoides.

- **El índice biológico de contaminación nemátodos vs. copépodos**

Es un índice simple descrito por Raffaelli & Mason en 1981, que se basa en la observación general de que la mayor robustez de los nematodos comparada con la de los copépodos harpacticoides les daría una mayor resistencia en aquellos ambientes donde los gradientes de contaminación son superiores. Este índice tiene asociada la dificultad en la identificación de los grupos a partir de las muestras de sedimento, y la posibilidad de que las alteraciones que presente sean causadas por cambios en otros factores diferentes de la contaminación.

Se ha aplicado en playas arenosas litorales, en las que se ha concluido que un valor mayor de 100 indica contaminación. La validez del índice ha sido cuestionada por investigadores como Coull y colaboradores, en 1981, y en algunos trabajos posteriores.

METODOLOGÍA

- **Introducción**

Una vez delimitados los objetivos principales del trabajo, se definieron los materiales que permitiesen analizar este grado de contaminación o alteración. En la bibliografía consultada se encontró un índice fácil de aplicar, dados nuestros conocimientos previos en zoología, como es el de la relación nemátodos (*Phylum Nematoda*, “gusanos”) / copépodos (Clase del *Phylum Artropoda*). Como se ha indicado anteriormente, a partir del número de individuos de cada grupo se puede tener una idea del grado de contaminación de la playa, siendo éste mayor cuando aumenta la población de nemátodos (más resistentes a la presencia de materia orgánica contaminante).

A continuación, se escogieron las diferentes localidades donde realizar el muestreo (Montgat, Ocata, Premià y Vilassar de Mar). Estas localidades costeras delimitan una longitud de playa próxima a los 10 km (**fig. 6a y 6b**).





Fig. 6b. Imagen por satélite de la zona estudiada. En rojo se resalta esta zona.

Con el propósito de comparar áreas con características diferentes, se eligieron cinco localidades, de las cuales una se sitúa en una zona más protegida, mientras que las otras cuatro, constituyen playas abiertas.

En las siguientes fotografías por satélite se pueden observar las localidades y apreciar sus características:



Montgat



Ocata



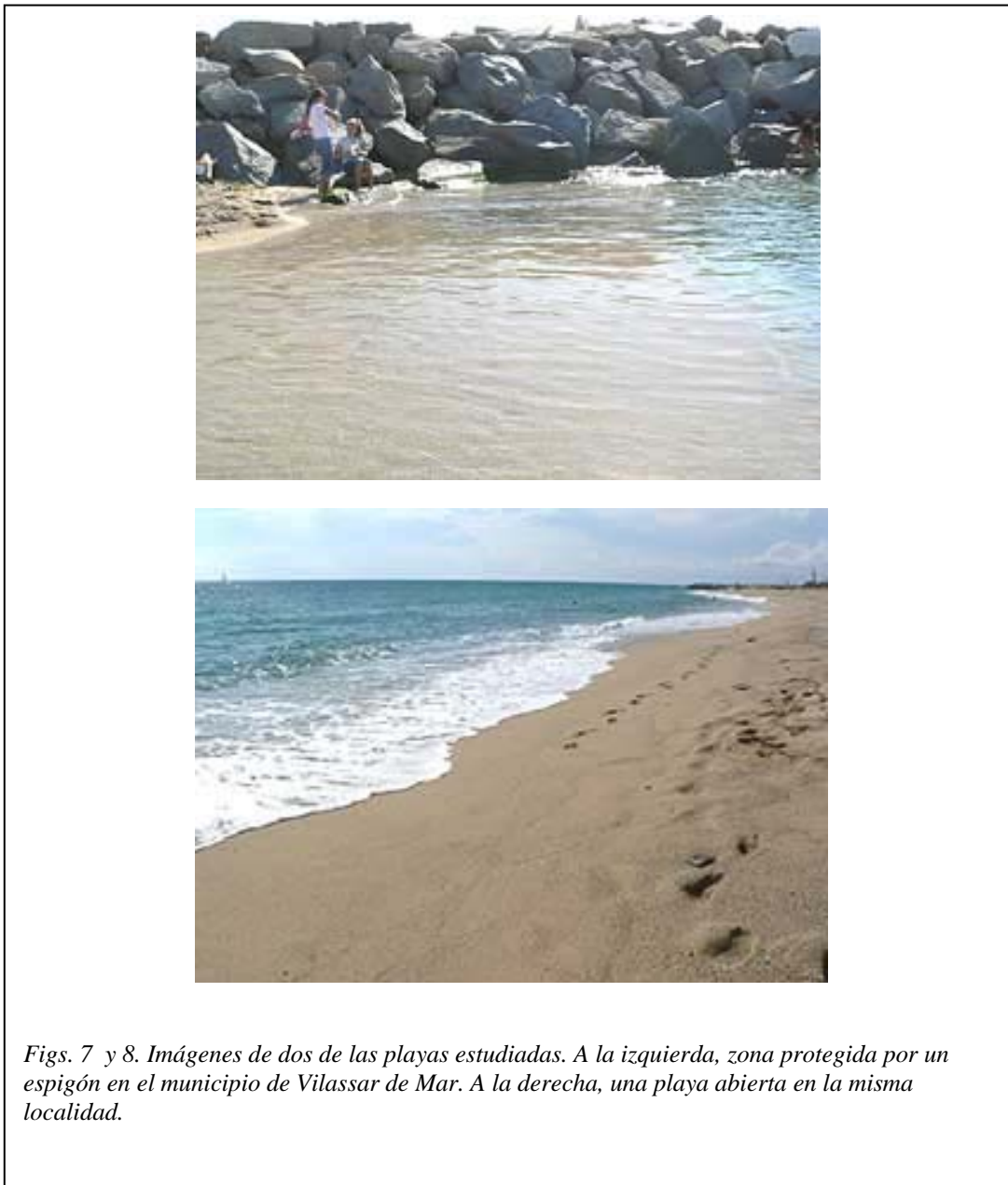
Premià



Vilassar 1 y 2

- **Metodología del muestreo de campo**

Posteriormente, se definió la línea de muestreo: el área analizada sería la arena comprendida entre el máximo nivel que alcanza el oleaje en un día normal hasta la línea de mar. De cada una de las localidades, se escogió una playa abierta, excepto en la última en la que se le añadió una zona protegida tras un espigón con el propósito de compararlas (**figs. 7 y 8**).



El conjunto de playas estudiadas se caracterizaron por la presencia de arena de grano relativamente fino. Para cuantificar esta hipótesis se cogieron las mismas 4 muestras que se utilizaron para el recuento de los organismos intersticiales correspondientes a la última de las salidas realizadas (septiembre del 2005, muestra de verano). Para ello se diferenciaron un total de tres categorías granulométricas ($\emptyset < 2\text{mm}$, $2\text{ mm} < \emptyset < 3\text{ mm}$, y $\emptyset > 3\text{ mm}$, aproximadamente). El muestreo se realizó en esta época dada la gran inestabilidad de la zona en épocas de temporal, normalmente en otoño, con lo que la arena desaparece de una forma importante.

Los muestreos se realizan con una periodicidad aproximadamente trimestral, coincidiendo con un mes de cada estación (en el caso de poderse realizar, los centrales para cada una de ellas).

El área de playa escogida tuvo el criterio de una máxima uniformidad de arena y de oleaje, es decir, no estaba ni muy próxima a la línea de agua continua ni en zona de arena seca. Se escogió una superficie de arena estudiada de 1m^2 ($1\text{ m} \times 1\text{ m}$), situándose en los vértices de este cuadrado la recogida de muestras (**fig. 9**). Dentro del



Fig. 9. Disposición de los cilindros de recogida de muestras, así como la de los termómetros

cuadrado se recogían cuatro muestras o réplicas con la ayuda de un “core” (cilindro de metacrilato de 10 cm de diámetro) con el que fácilmente podíamos sacar la arena mojada (ver imágenes en el anexo). La clave para tener una buena muestra está en la no entrada de agua en el cilindro por la parte superior una vez que se ha clavado en la arena. Para ello se tapaba inmediatamente por ambos extremos con un tapón de goma hermético. Posteriormente, la arena se guardaba en un recipiente de plástico correctamente identificado en el que incorporábamos formol (en un 10% aproximadamente) junto con agua de mar, para que los organismos obtenidos se

conservaran. Para una buena fijación de las muestras, se agitaba fuertemente todo el conjunto (agua con formol y arena).

Durante la recogida de muestras también se medía la temperatura de la arena en superficie (entre los primeros 5 cm de profundidad) y en profundidad (a unos 25 cm). Como se puede ver en la fotografía adjunta (**fig. 10**), se utilizaban dos termómetros ya que las medidas se realizaban paralelamente y se obtuvo el valor medio de ambas.



Fig. 10. La arena recogida con los organismos intersticiales se colocaban en botes de plástico debidamente señalizados

- **Metodología del trabajo de laboratorio**

Una vez recogidas las muestras y fijadas en formol, comenzó el trabajo en el laboratorio. Éste tuvo lugar entre el Departamento de Zoología (unidad de Invertebrados) de la Universidad de Barcelona, y el propio Laboratorio de Biología de nuestra escuela.

Primeramente, se procedía a la limpieza de las muestras. Este procedimiento se realizó, inicialmente, mediante decantaciones sucesivas: se agitaba fuertemente la arena y el agua en un recipiente y tras esperar unos segundos a que sedimentara la arena en el

fondo, el agua sobrenadante se decantaba con cuidado sobre una malla de 0,042 μm , con lo que únicamente pasaban elementos orgánicos (organismos) y algunos inorgánicos (gránulos de arena) igual o inferiores a este diámetro. Esta acción se repetía tres veces. (**fig. 11 y 12**). Seguidamente, una vez que las muestras estaban limpias, se colocaron en placas de Petri separadas por localidades y estaciones.

Estas muestras y los organismos que presentaban, debían ser contadas y clasificadas (**figs. 13 y 14**). En el primer caso, se contaron utilizando una lupa binocular. En el segundo, la clasificación se realizó con la ayuda de la bibliografía utilizada (en el caso de una clasificación



Figs. 11 y 12. Decantación y posterior filtración para la obtención de las muestras limpias

más minuciosa se tuvo la ayuda del personal del Departamento de Invertebrados de la Universidad de Barcelona), previamente fotografiados los organismos con un microscopio y observados con un monitor conectado a éste (este estudio se realizó en el Laboratorio de Biología de nuestra escuela, con la ayuda de nuestro tutor del trabajo.



Figs. 13 y 14. Observación y recuento de los organismos de las muestras limpias

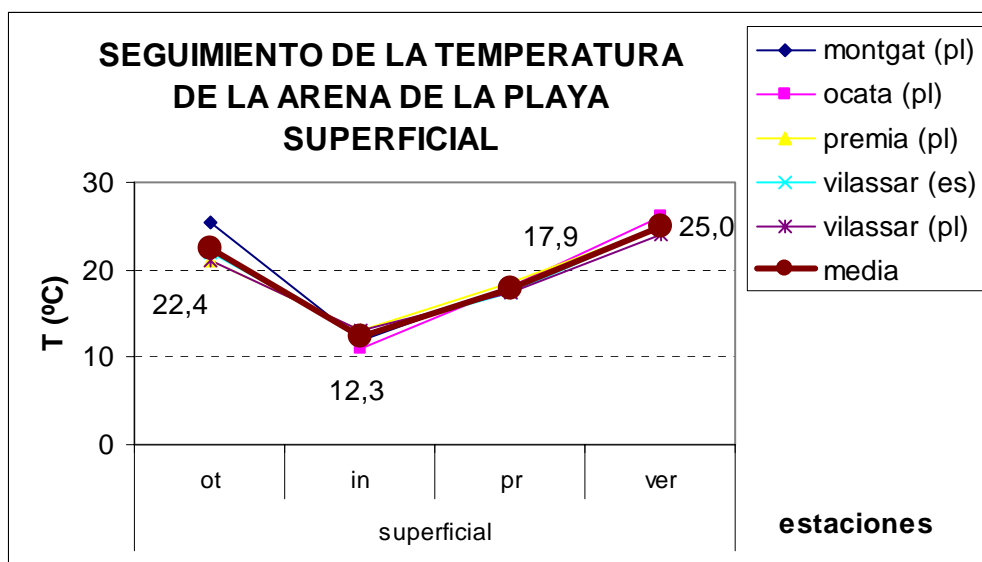
Paralelamente al estudio de estos dos grupos de organismos para su aplicación en el índice de contaminación, se quiere realizar, como complemento, un análisis granulométrico de la arena de las diferentes playas, así como un análisis físico-químico del agua de mar. Los resultados de estos dos estudios están en curso, pero actualmente no se dispone de ellos.

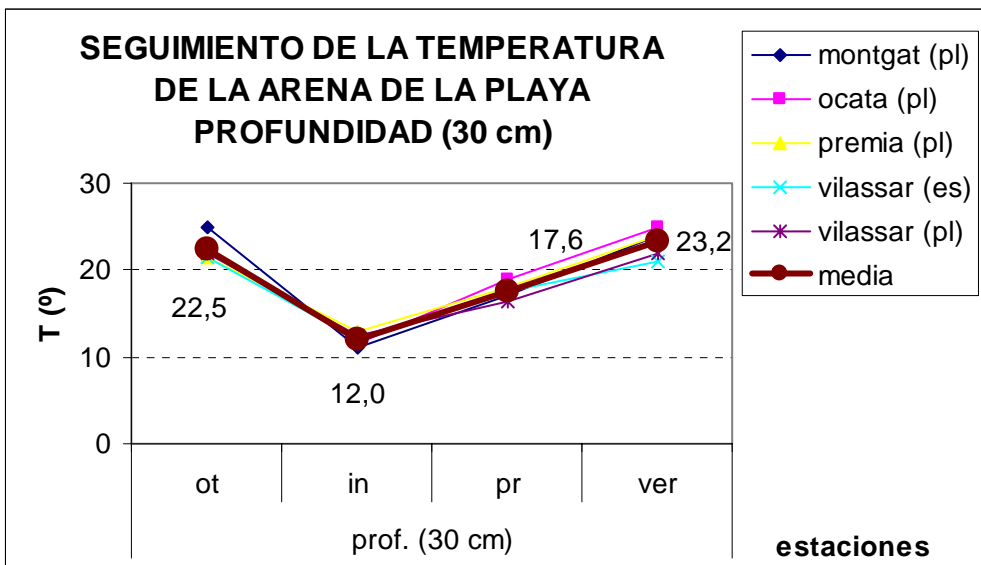
RESULTADOS

Se ha realizado la totalidad del seguimiento anual previsto en el inicio de este trabajo (otoño 2004, invierno 2004/05, primavera 2005 y verano 2005) para todas las áreas de muestreo. En total se ha realizado el recuento en 80 muestras seleccionadas y preparadas. De éstas se han observado y fotografiado hasta el momento los organismos correspondientes a las playas de Montgat (en playa abierta, para las muestras de otoño e invierno), las de Ocata (playa abierta, invierno) y las de Vilassar de Mar (espigón, otoño), así como las de Vilassar de Mar (playa y verano).

- **Temperatura (figs. 15 y 16)**

Entre las dos épocas estudiadas la temperatura experimentó un fuerte descenso como puede verse en gráficas adjuntas, para recuperarse a partir de las muestras de primavera y de verano (los datos indicados son valores medios de todas las medidas). La temperatura en la superficie del sedimento es prácticamente igual que a 30 cm de profundidad, con un oscilación máxima del orden de los dos grados (muestras de verano).





Figs. 15 y 16. Gráficas de la temperatura de la arena de la playa en superficie (izquierda) y en profundidad (derecha)

- **Porcentaje granulométrico en masa (figs. 17-23)**

Por lo que respecta a la granulometría, se han realizado dos tipos de cálculos de la masa granular. El primero, absoluto, representado por la figura 17, y otro porcentual, indicado en las figuras 1-23.

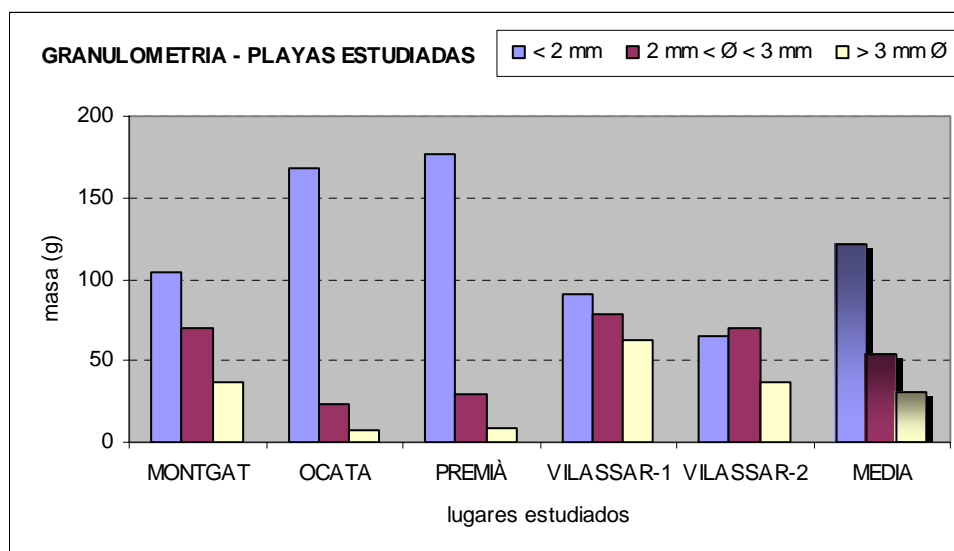
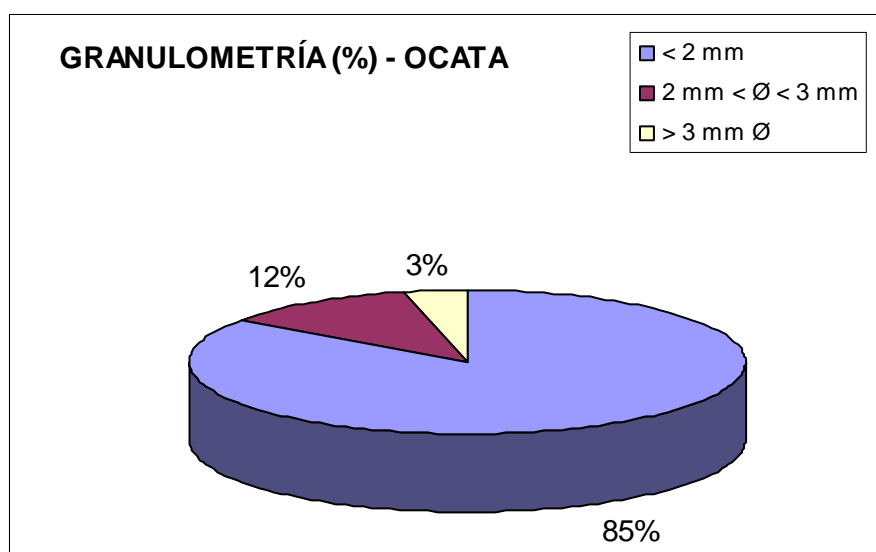
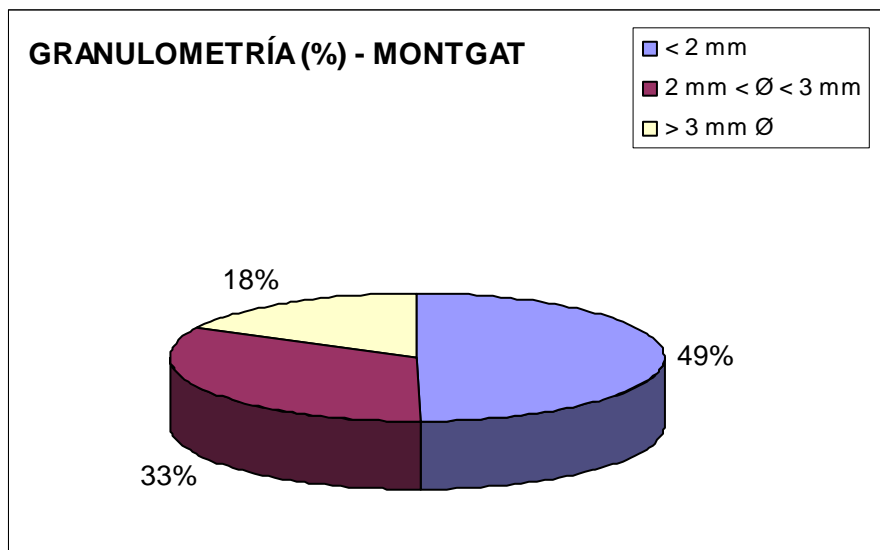
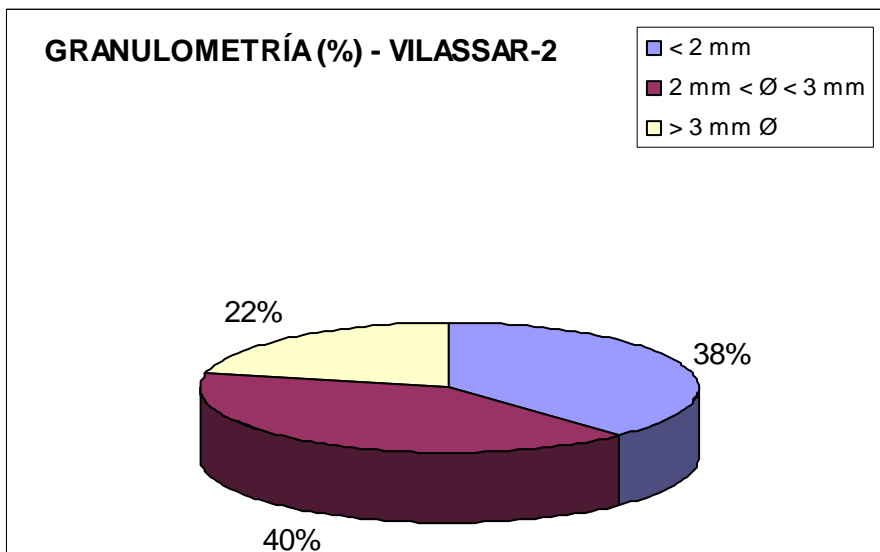
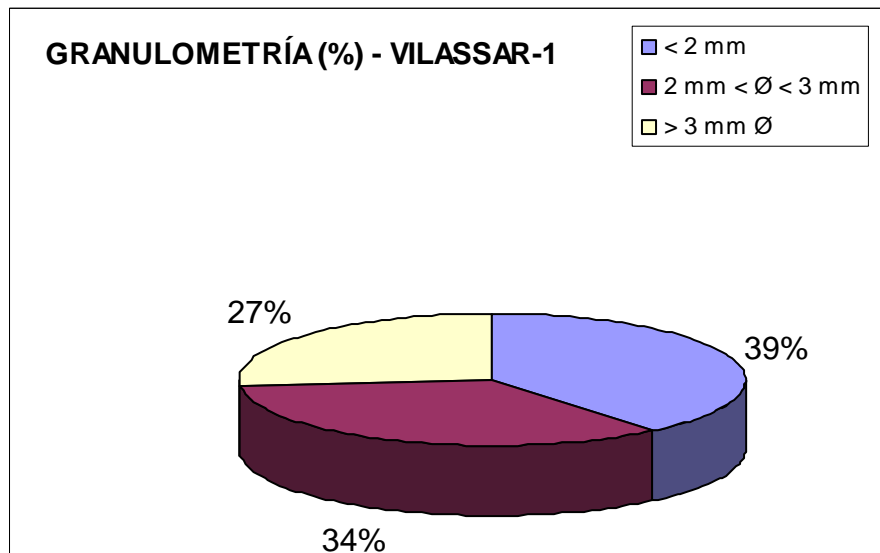
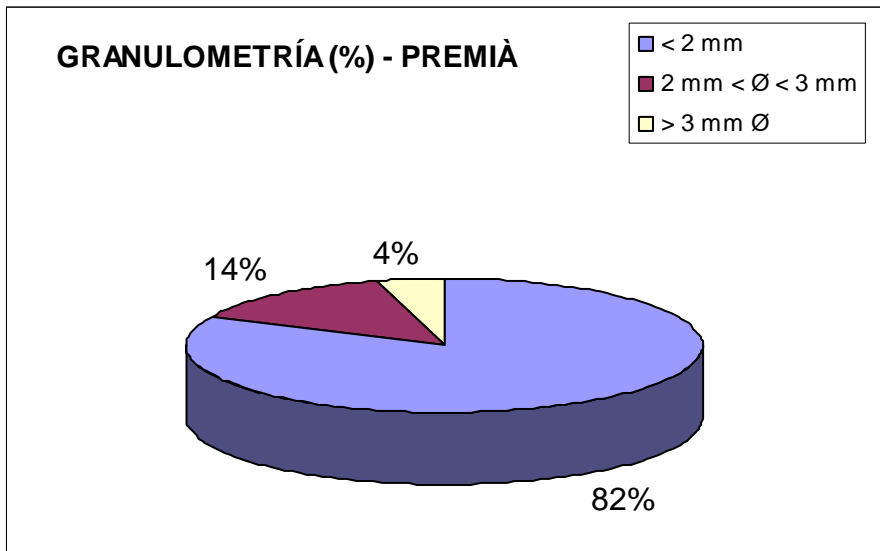


Fig. 17. Gráfica correspondiente a las muestras recogidas de arena en cada una de las playas estudiadas. A la derecha, en sombreado, el valor medio.

Por lo que respecta al valor porcentual, valor que da una idea más clara de las características de las playas estudiadas, se ha observado un predominio de masa de grano fino (con un diámetro menor de 2 mm) respecto de las otras dos categorías en cuatro de las cinco paradas. Dentro de este predominio se puede destacar dos de ellas, Ocata y Premià, con valores superiores al 80%, mientras que las otras tres las diferencias entre las tres categorías granulométricas es menor. La única parada con valores invertidos ha sido el espigón de Vilassar de Mar, en la que el grano de tamaño medio (entre 2 y 3 mm de diámetro) ha sido el de mayor porcentaje.





Figs. 18-22. Gráficas correspondientes a las muestras recogidas de arena en cada una de las playas estudiadas. Representan valores porcentuales en masa.

Si se analiza los valores porcentuales medios, podemos destacar que existe una relación aproximada del doble de la masa para cada una de las categorías estudiadas (58% de grano fino, 27% de grano medio, y 15% de grano grueso)

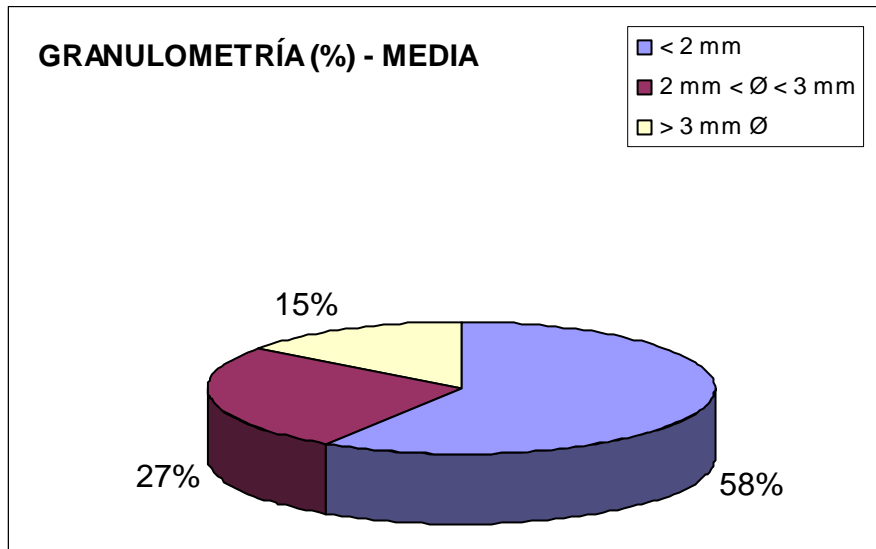


Fig. 23. Gráfica correspondiente a la media granulométrica de las muestras recogidas de arena en cada una de las playas estudiadas.

- **Recuento de muestras (figs. 24-33)**

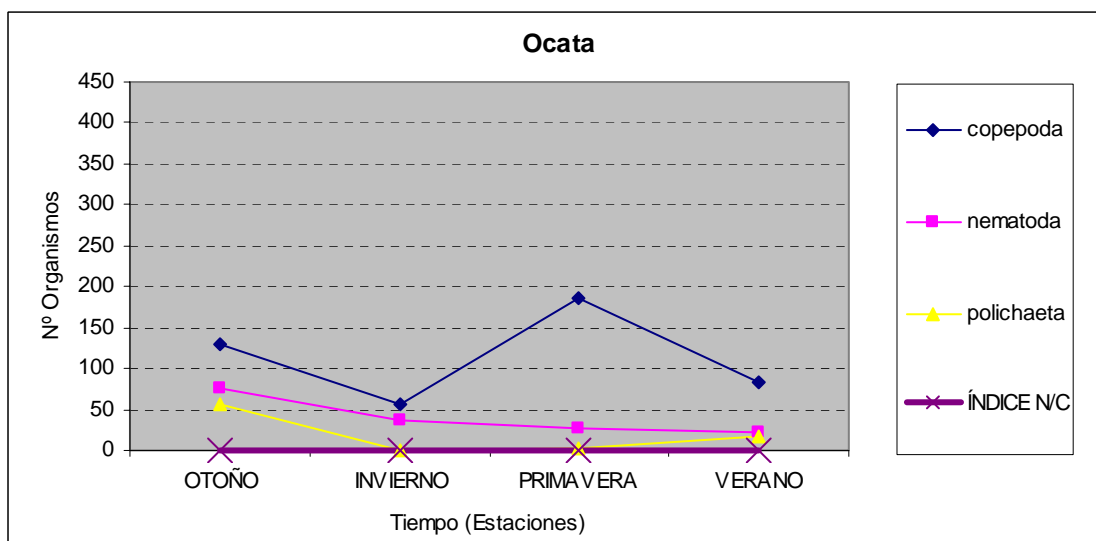
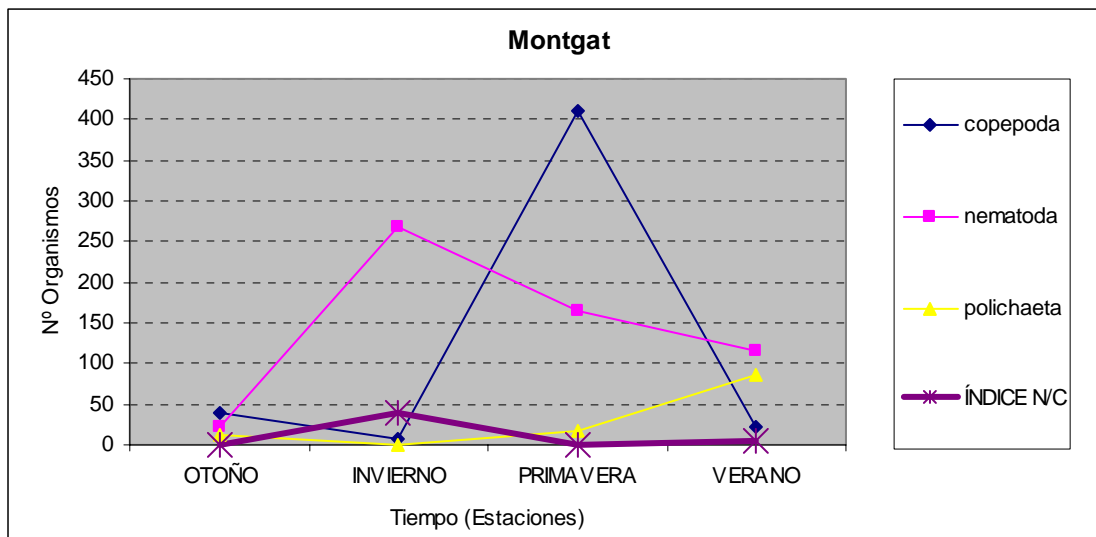
En las gráficas adjuntas se indican los valores totales de individuos contabilizados para las tres categorías de organismos intersticiales (nematodos, poliquetos y copépodos), para cada una de las estaciones y localidades estudiadas. La última gráfica representa valores medios para el conjunto de localidades, diferenciándose las estaciones. También se incluye el índice de contaminación N/C.

Para cada una de las estaciones, las gráficas expresan un aumento importante de los copépodos en la primavera (“bloom” de copépodos) en todas ellas, excepto en la de Ocata, cuyo aumento no fue significativo. Posteriormente, en verano (finales de la estación), este número disminuyó en tres de las cinco paradas estudiadas (Montgat, Ocata y Vilassar-2). Esta disminución no tiene una explicación clara, aunque podría explicarse por las características de estas playas, ya que son zonas relativamente protegidas (espigones de puertos, en Ocata y Vilassar-2, o promontorio marino, en el

caso de Montgat). Las playas donde siguió este aumento (Premià y Vilassar-2) no presentan ningún tipo de impacto ambiental próximo.

Por lo que respecta a la población de nemátodos, el otro indicador de contaminación, ha disminuido en 4 de las 5 playas estudiadas (únicamente aumentó ligeramente en la playa de Premià).

El tercer elemento biológico contabilizado (poliquetos), pero que no forma parte del índice de contaminación N/C, aumentaron ligeramente en la totalidad de las estaciones.



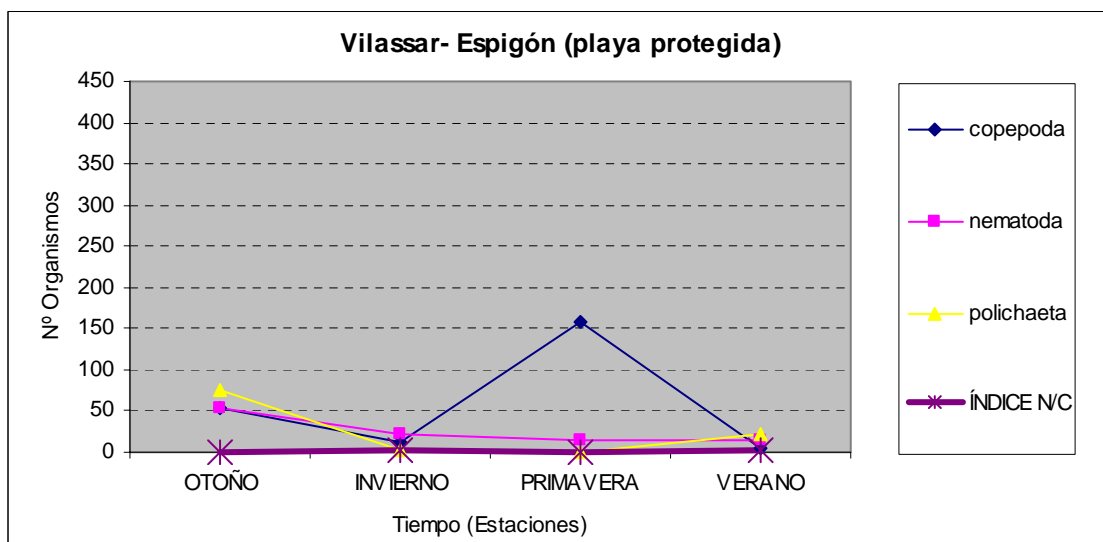
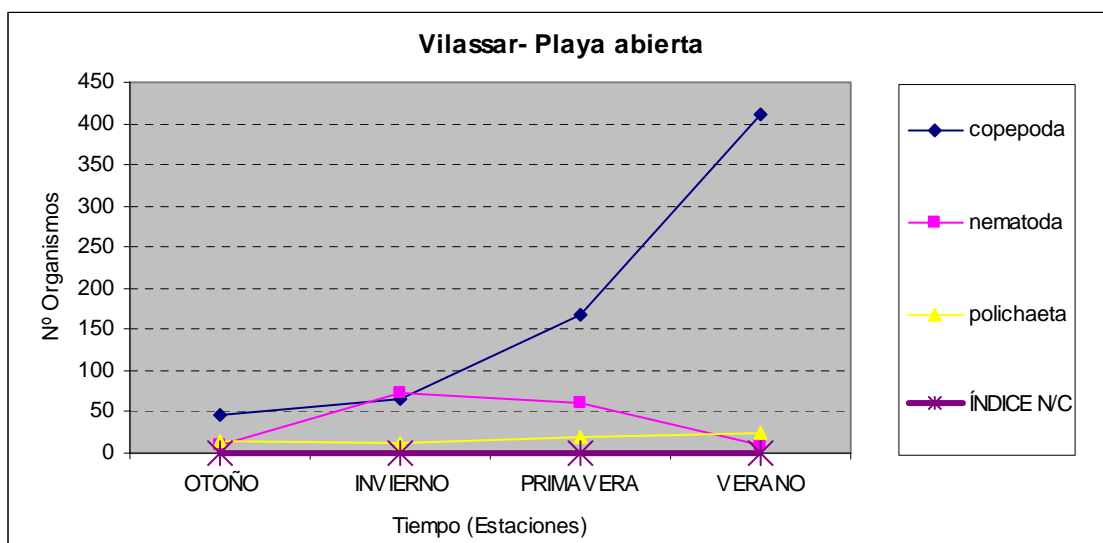
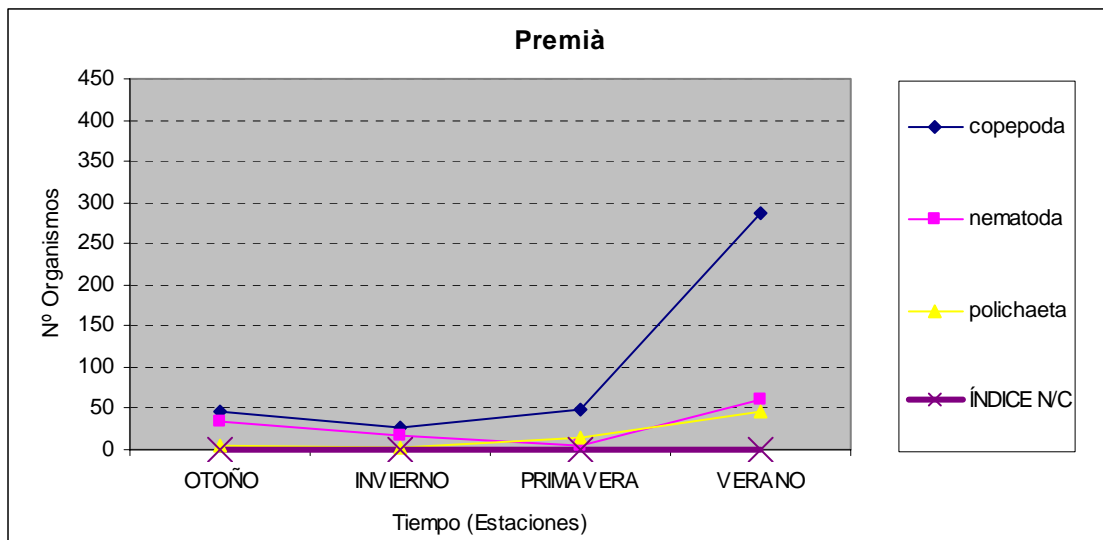
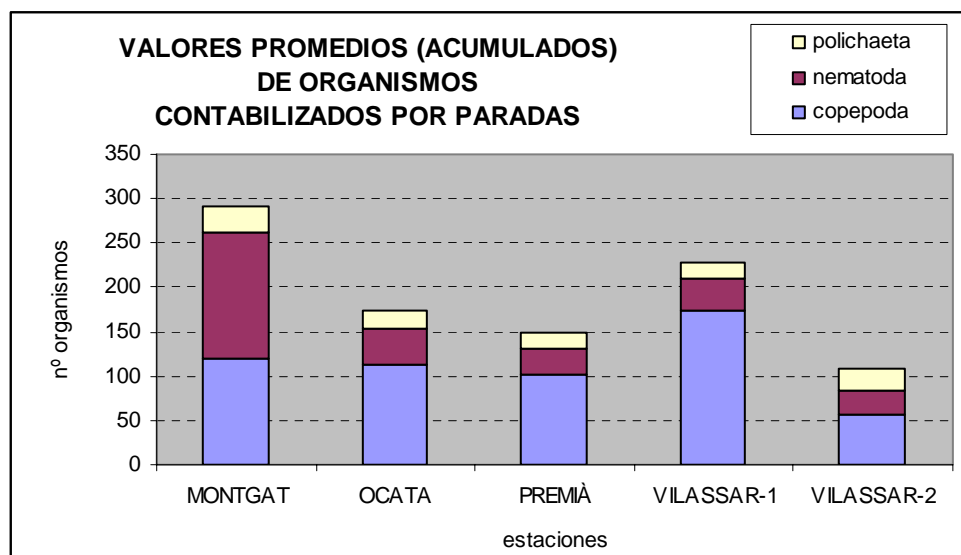


Fig. 24-28. Gráficas correspondientes al recuento de copépodos, nemátodos y poliquetos en cada una de las playas estudiadas.

Los datos obtenidos demuestran (**fig. 29**), en general, densidades muy bajas de meiofauna en todas las zonas muestreadas (excepto en la localidad de Montgat), debido posiblemente a las condiciones hidrodinámicas típicas de las playas abiertas (la zona de Montgat se localiza entre el puerto del Masnou y el promontorio de Montgat, situación que hace de esta playa tener un cierto grado de protección mayor que en el resto de localidades).

Fig. 29. Diagrama de barras acumulado que indica el promedio de individuos contabilizados para cada una de las categorías de organismos identificados y para cada una de las playas estudiadas.



No se observan diferencias remarcables entre las densidades de los puntos muestreados en otoño y en invierno, seguramente a causa de las bajas densidades iniciales (**fig. 30**). En cambio, las últimas muestras estudiadas han dado valores mucho más elevados de copépodos (**fig. 30**). Este aumento se puede explicar por el llamado “bloom” de primavera asociado al ciclo biológico de estos invertebrados. El número de nemátodos se ha mantenido constante o ha disminuido ligeramente.

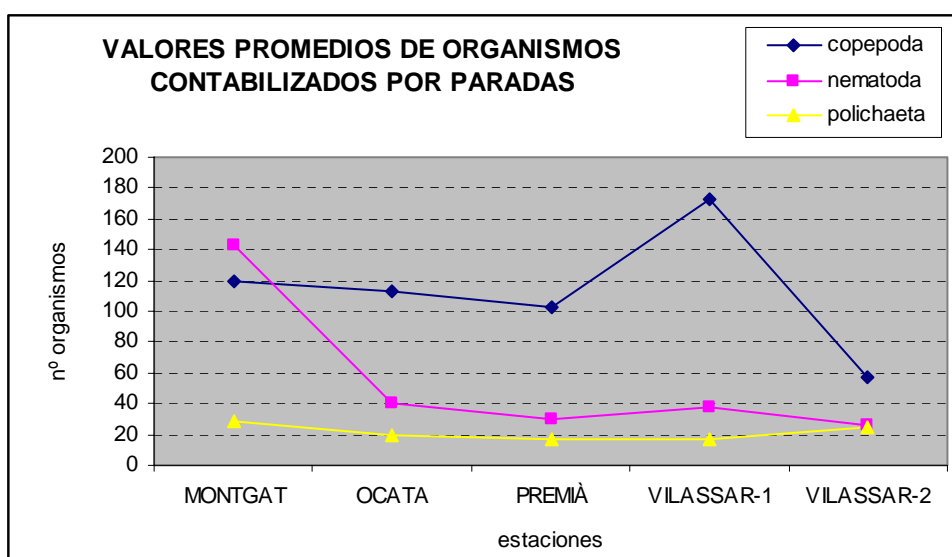
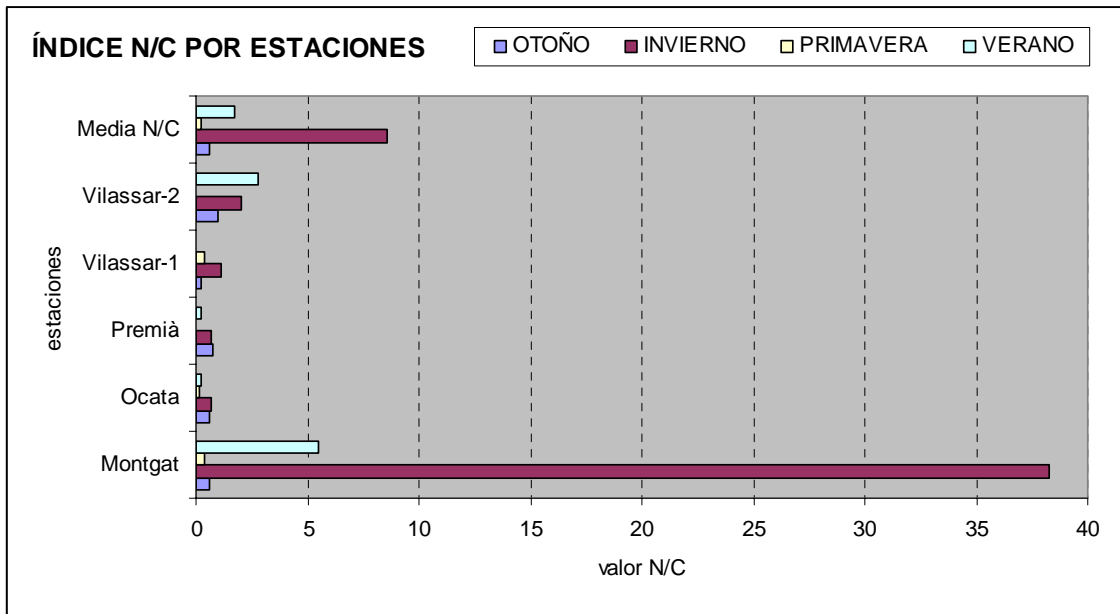
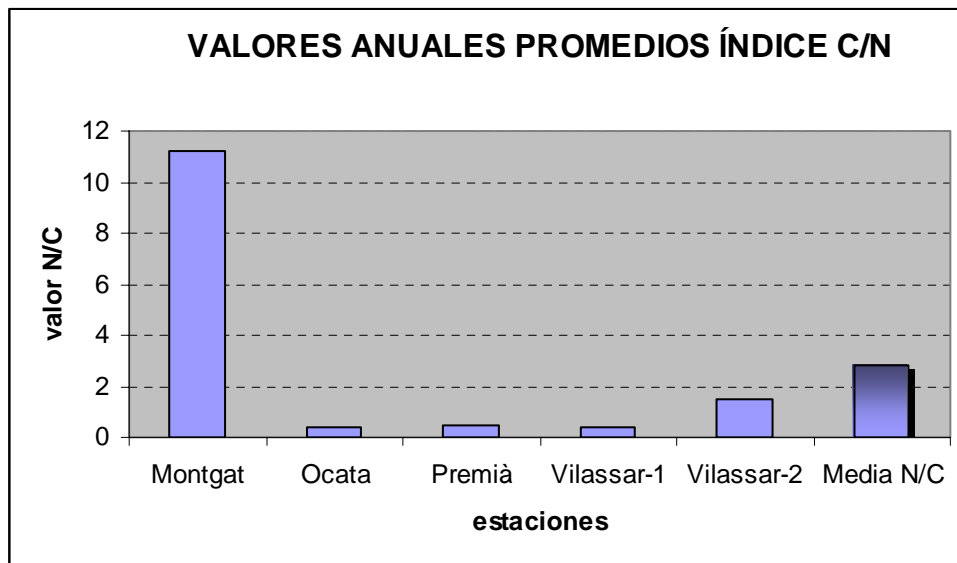


Fig. 30. Categorías de organismos contabilizados para cada una de las playas estudiadas.

Finalmente, por lo que respecta al índice de contaminación (**figs. 31 y 32**), las localidades estudiadas tienen, según los resultados globales obtenidos, un grado de contaminación bajo (valores entre 0 y 10) con un aumento importante en invierno en la localidad de Montgat (asociados a un incremento importante de nemátodos como se puede ver en la **fig. 30**), aunque lejos de lo que se consideraría, según este índice como playa contaminada (valor de 100).





Figs. 29-30. Gráficas representativas del índice de contaminación N/C, por estaciones y paradas estudiadas (superior). También se ha indicado el promedio del mismo índice por paradas estudiadas (inferior).

El resultado del recuento de los organismos ha indicado, por consiguiente, una baja contaminación de las playas estudiadas, siempre bajo el criterio del índice N/C ya explicado en la parte teórica del presente trabajo.

En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de organismos indicadores de contaminación (N/C) correspondiente al valor medio de la totalidad de playas estudiadas. El mayor porcentaje de copépodos vuelve a demostrar la poca contaminación de estas playas.

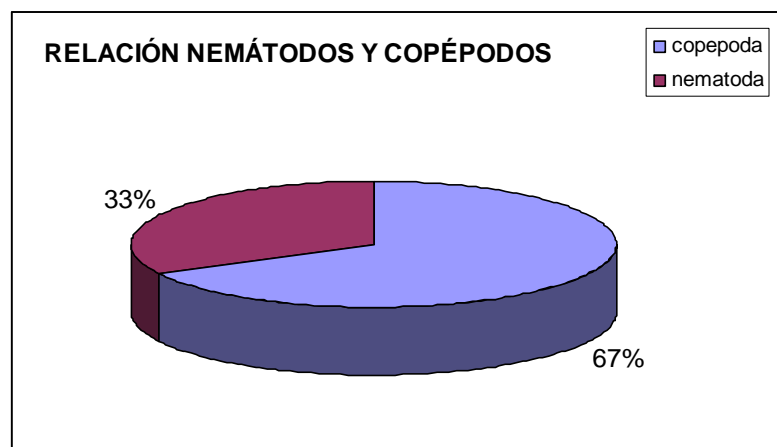


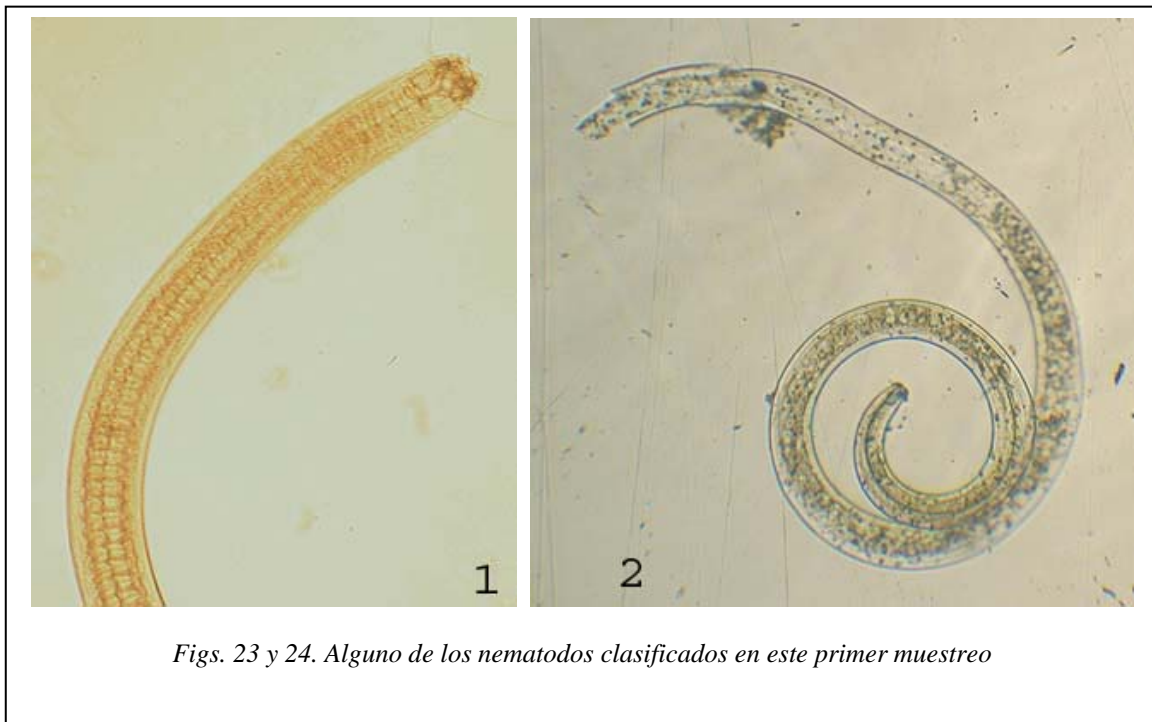
Fig. 31. Diagrama de sectores con los valores medios de nemátodos (rojo) y copépodos (azul) para el total de playas estudiadas.

- **Identificación de los organismos**

Para la clasificación de los organismos presentes en las diferentes localidades estudiadas se ha tenido la ayuda de la Dra. Creu Palacín profesora titular del Departamento de Invertebrados de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. Las diferentes imágenes obtenidas se le enviaron y al cabo de un tiempo nos pasó los resultados de esta identificación.

La clasificación de los organismos, a nivel de familia y de género, ha dado los siguientes resultados (no se han hecho fotografías en todas las estaciones ya que los organismos que se observaron eran los mismos):

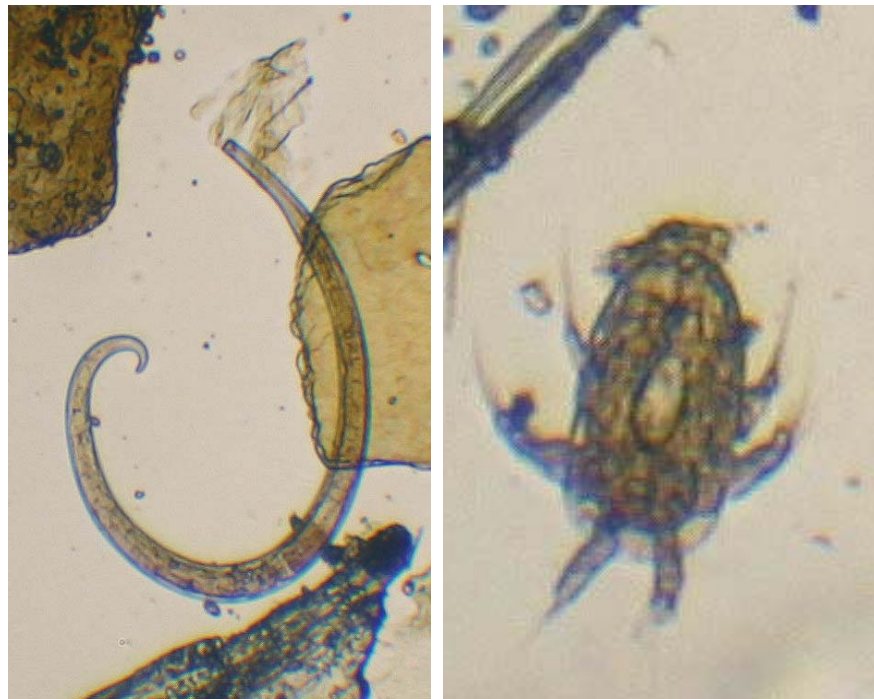
- a) **Parada 1, Montgat – otoño (playa abierta; T: 25,5 °C):** presencia de nemátodos (familia *Enoplidae*, género cf. *Enoploides*, **fig. 23**, y familia *Oncholaimidae*, **fig. 24**) y ausencia de copépodos. Aparecieron algunos poliquetos.



Montgat – invierno (playa abierta; T: 12 °C): presencia de nemátodos (de la misma familia y género de la anterior muestra), además de copépodos (clase Harpacticoide, **fig. 25**) y algún ácaro (**fig. 26**).



- b) **Parada 2, Ocata – invierno (playa abierta; T: 11 °C):** presencia de nemátodos (familia de *Enoplidae*, género cf. *Enoploides*), copépodos y nerméticos, pero sin presencia de copépodos.
- c) **Parada 4b, Vilassar de Mar – otoño (espigón; 22 °C):** presencia de nemátodos (familia *Anticomidae*, **fig. 27**, más algunos no identificados), copépodos (clase Harpacticoide, en estado adulto y larvario, **fig. 28**) y de poliquetos.



Figs. 27 y 28. Nematodo de la familia Anticomidae y una forma larvaria (Nauplius) de un copépedo de la clase Harpacticoide

No se han realizado fotografías de las muestras de primavera. Por lo que respecta a las de verano, sí se han realizado, pero hasta el momento no se han identificado con seguridad, con lo que no se han colocado en el trabajo.

CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes extraídas a partir de los resultados presentados en este estudio son las siguientes:

- Las playas estudiadas tienen un diámetro de grano de la arena predominantemente fino (con un diámetro menor de 2 mm) con poca presencia de limos. Posiblemente la menor acción erosiva del mar ha hecho que la playa de Vilassar cerrada (protegida por el espigón del puerto pesquero) tenga una granulometría predominantemente de grano medio (entre 2 y 3 mm de diámetro).
- El aumento de la población de nematodos podría ser directamente proporcional a la presencia de materia orgánica en la zona estudiada, contrariamente a lo que indica la presencia de copépodos, más sensibles a este tipo de contaminación.
- La aplicación del índice de contaminación nematodos/copépodos podría permitirnos tener una idea bastante real del grado de contaminación orgánica que puede existir en las diferentes playas (en este caso las playas estudiadas).
- Por playas estudiadas, la variación de nemátodos y de copépodos es inversa en playas abiertas. El número de los primeros es mayor, por ejemplo, en Ocata y menor en Vilassar (cerrada), mientras que de los segundos, es al revés.
- Globalmente, las playas estudiadas tienen un índice de contaminación N/C bajo (el valor medio máximo encontrado ha sido en la playa de Montgat con 12) teniendo en cuenta que se considera playa contaminada valores superiores a 100.
- En consecuencia, la presencia de materia orgánica en estas playas es escasa, así como su anaerobiosis (falta de oxígeno), aspecto que podría favorecer la presencia de otros organismos infecciosos (bacterias, virus, ...) que afectarían a los usuarios de estas playas.
- La característica de que estas playas se alteran de una manera regular por las inclemencias meteorológicas (fuertes vientos de levante que se llevan parte de ellas, avenidas de agua provenientes de las rieras, ...) con su desaparición más o menos importante según el grado de las inclemencias, hace que se regeneren de una manera

también regular por parte del hombre. En consecuencia, consideramos que no se podría establecer una comunidad de organismos y de materia orgánica suficiente para que la población de nematodos pudiera aumentar en número. Estos movimientos, como si de grandes gusanos de tierra se tratara, favorecerían a los copépodos, más sensibles a la falta de oxígeno (si el medio fuera más estable en el tiempo) ya que supondría una aireación de los espacios intersticiales donde viven, desfavoreciendo, por consiguiente, a los nemátodos.

BIBLIOGRAFÍA

Los libros y artículos consultados han sido:

- Coull, BC, Hicks GRF, Well, JBJ. 1981. *Nematode/Copepod ratios for monitoring pollution: a rebuttal*. Mar. Pollut. Bull. 12: 378-381
- Giere, O. (Ed) 1993. *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag. Berlin. 328pp.
- Higgins, RP & Thiel, H (Eds). 1988. *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press. Washington DC. 488 pp.
- Raffaelli, D. & Mason, CF. 1981. *Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodos to copepods*. Mar. Pollut. Bull. 12: 158-163

Las páginas web consultadas han sido:

- www.okc.cc.ok.us/.../Animals/Nematoda.htm
- www.ldeo.columbia.edu/.../phyla/nematoda.html
- www.student.loretto.org/.../html%201/slide1.html
- www.ub.es/div3/serveis/crba/practica6/part4.htm
- www.glf.dfo-mpo.gc.ca/sci-sci/bysea-enmer/act...
- <http://earth.google.com/>

ANEXOS