

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO  
AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio de la influencia de factores físicos,  
químicos y nutricionales en la distribución de la  
macrofauna bentónica”**

Tipología: Trabajo de investigación.

***TRABAJO FINAL DE MÁSTER***

Autor:  
**Juan Pablo Martín Díaz**

Director/a:  
**Dra. Silvia Laura Falco  
Giaccaglia**

***GANDÍA, 2014.***

## RESUMEN

La morfología de las playas arenosas, junto a las variables ambientales y factores biológicos, condicionan una determinada distribución de la comunidad macrobentónica. Estos elementos varían temporalmente y a lo largo y ancho de la playa. Por ello, la comunidad se ve sometida a diferentes tensiones, produciéndose ajustes en la estructura de la comunidad. Este trabajo se estructuró en 2 periodos temporales (época seca y época húmeda) y en 2 estaciones de muestreo (a 200 y 1000 m al sur de una zona de aportes continentales) a profundidades comprendidas entre 0,5 y 4 m, donde se caracterizó la composición de la macrofauna bentónica. Además, se estudiaron numerosas variables ambientales y se realizó un análisis estadístico. Los valores de riqueza específica, diversidad y abundancia aumentaron con la profundidad. La influencia de los aportes continentales no se observó entre las 2 campañas, aunque sí entre las dos estaciones de la época húmeda, obteniéndose valores superiores de riqueza, abundancia y diversidad en la estación más cercana a los mismos. Estos resultados fueron principalmente regulados por el tamaño del sedimento, temperatura y dimensión de los aportes.

Palabras clave: estructura de la comunidad, aportes continentales, fondos blandos, índice MEDOCC, Mar Mediterráneo occidental.

## ABSTRACT

Sandy beach morphology, environmental and biotic factors have a crucial role on the benthic macrofauna distribution. These factors can change on time and alongshore and across-shore. For that, community is under some different pressures what trigger modifications on the structure of the benthic macrofauna. This research was developed in 2 different periods (dry and wet season) over 2 sampling stations (200 and 1000 m from the continental inputs). Each station was sampled between 0,5 and 4 m depth, to study the macrofauna community structure. Furthermore, several environmental variables were studied and statistical analysis was done. Species richness, diversity and abundance were larger across-shore. Although influence of continental inputs between the 2 temporal periods was not detected, this was observed between the 2 sampling stations, showing species richness, diversity and abundance values higher at the nearest sampling station to the continental inputs. These results were mainly regulated by sediment size, temperature and continental inputs.

Key words: community structure, continental inputs, soft-bottom, MEDOCC index, western Mediterranean Sea.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
1.1 INTRODUCCIÓN .....	4
1.2 OBJETIVOS .....	5
<b>CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	6
2.1 ZONA DE ESTUDIOS Y DISEÑO DEL MUESTREO .....	6
2.2 METODOLOGÍA DEL MUESTREO Y ANÁLISIS DE VARIABLES AMBIENTALES.....	7
2.2.1 Caudal y precipitaciones .....	7
2.2.2 Agua y pigmentos fotosintéticos .....	8
2.2.3 Granulometría y materia orgánica del sedimento.....	9
2.3 METODOLOGÍA DE CAMPO Y DETERMINACIÓN DE LA MACROFAUNA .....	10
2.4 ANÁLISIS DE DATOS .....	11
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	12
3.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES AMBIENTALES .....	12
3.1.1 Caudal y precipitaciones .....	12
3.1.2 Análisis fisicoquímico de las aguas y pigmentos fotosintéticos .....	13
3.1.3 Análisis granulométricos y materia orgánica .....	19
3.2 ANÁLISIS DE LA MACROFAUNA BENTÓNICA.....	23
3.2.1 Riqueza específica.....	23
3.2.2 Diversidad y equitabilidad .....	25
3.2.3 Densidad .....	26
3.2.4 Determinación del Índice MEDOCC y discusión general para la macrofauna .....	32
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	34
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	40
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	42
<b>ANEXOS</b>	
A PARÁMETROS ESTADÍSTICOS APLICADOS A LOS SEDIMENTOS.....	I
B TABLAS DE DENSIDAD DE LA MACROFAUNA.....	IV
C ÍNDICE MEDOCC.....	IX
D ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	X

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a todas aquellas personas que han participado y han hecho posible este trabajo. En primer lugar, a Silvia por la confianza depositada en mí para hacer este trabajo, además de toda la ayuda, predisposición y perseverancia mostrada durante todo este tiempo. A Julia, mi gran compañera de batalla, por toda la ayuda que le robé continuamente, por animar las largas horas que pasamos juntos en el laboratorio, por siempre estar dispuesta a sacrificar sus tareas para atenderme y por demostrarme que la determinación de la macrofauna puede llegar a ser entretenida. A Miguel, por su ayuda determinando crustáceos hasta altas horas de la tarde, además de su entrega en los muestreos. A Carlos, Ferran, Rafa, Matías, y de nuevo a Silvia, Miguel y Julia por formar el mejor equipo de muestreo de la Safor. A Javi por siempre echarme una mano cuando se lo pedí. También a mis padres, Irene y mis amigos, que aunque son personas externas a este proyecto, han sido mi equipo de apoyo.

Y por último, al Vicerrectorado de Investigación de la UPV por financiar esta investigación a través del proyecto “Influencia de factores físicos, químicos y nutricionales en la distribución espacio temporal de la macrofauna bentónica del sublitoral de playas arenosas (SP 20120678)”.

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Las playas arenosas conforman uno de los ecosistemas costeros más dinámicos tanto temporal como espacialmente (Defeo y McLachlan, 2005; Rodil *et al.*, 2007). A pesar de que éstos parecen a veces grandes desiertos submarinos, realmente son ecosistemas muy productivos que albergan gran diversidad de formas de vida (Hewitt *et al.*, 1997; McLachlan y Brown, 2006) confiriéndole un alto valor natural además de ser un entorno socio-económico importante (Sebastiá *et al.*, 2012).

Uno de los grupos de organismos que conforma el complejo entramado biológico que alberga estos ecosistemas es la macrofauna (0,5-4 mm). Ésta se distribuye tanto por la superficie como en el interior del sustrato blando y está representada principalmente por crustáceos, poliquetos y moluscos, llegando a constituir muchas veces más del 90 % de la macrofauna presente (Defeo y McLachlan, 2005; Rodil *et al.*, 2007). Su riqueza específica, abundancia y diversidad depende de la interacción de factores físico-químicos (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, nutrientes disueltos, materia orgánica e hidrodinamismo, entre otros) y factores biológicos (ciclos de vida, mortalidad, depredación y competencia por los recursos, entre otros), aunque existe una gran laguna de información en este último grupo (Defeo *et al.*, 1997; Ortega-Cisneros *et al.*, 2011) debido a las dificultades que confiere el estudio en el entorno que habitan los organismos, el tamaño de los organismos y la duración de los procesos biológicos (Defeo y McLachlan, 2005).

Un componente importante en la descripción de la playa arenosa es la morfología, la cual es conferida por la acción de factores ambientales (tamaño del grano del sedimento, oleaje, ciclo de mareas, viento, orientación de la playa, pendiente de la playa, entre otros) (McLachlan y Brown, 2006), los cuales originan un amplio abanico de tipologías, desde playas reflectivas, con grandes pendientes, tamaño de grano grande, fuerte oleaje y baja influencia mareal, hasta playas disipativas, con suaves pendientes, tamaño de grano menor, oleaje débil y mayor efecto mareal (McLachlan y Brown, 2006). La combinación de los factores físico-químicos y biológicos en cada tipo de playa, condiciona una distribución, abundancia, riqueza y estructura en la comunidad característica (Defeo y McLachlan, 2005; Rodil *et al.*, 2007; Ortega-Cisneros *et al.*, 2011). En playas expuestas, donde el hidrodinamismo tiene un papel importante, son los factores físicos los que limitan la distribución de la macrofauna debido a las exigentes condiciones que se producen, obteniéndose aquí por lo general, comunidades macrobentónicas “más pobres”. Por otro lado, en playas protegidas, donde hay menor energía hidrodinámica, la comunidad es mayor y más compleja, por lo que son los factores biológicos los que tienen mayor peso en el control de la comunidad bentónica (Lastra *et al.*, 2006). Es importante tener en cuenta que, como argumenta McLachlan y Brown (2006), también se debe considerar la escala a la que se evalúa el ecosistema, ya que a macroescalas, son los componentes físicos los que explican la distribución y características de la comunidad bentónica, mientras que a mesoescala (largo y ancho de la playa), los físicos dominan pero los biológicos hay que considerarlos también y por último, a una microescala (milímetros a metros) son los biológicos los fundamentales. Es por ello que para comprender el funcionamiento de

cualquier ecosistema bentónico se debe partir de que son entornos complejos (Hewitt *et al.*, 1997) y con un cierto comportamiento impredecible (McLachlan y Brown, 2006).

Por otro lado, la disponibilidad de alimentos también tiene un papel clave en la distribución y comportamiento de las comunidades bentónicas y más si cabe, en los ecosistemas costeros del Mediterráneo, cuyas aguas se caracterizan por tener un carácter oligotrófico (Gadea *et al.*, 2013). Es por ello que uno de los principales sustentos para estas comunidades es el aporte de materiales del continente a través de los ríos (Ortega-Cisneros *et al.*, 2011), de ahí que las comunidades bajo la influencia de estos aportes continentales, por lo general, tengan riquezas, densidades y diversidad mayores (Defeo y McLachlan, 2005).

Si se tiene en cuenta que los aportes siguen un marcado régimen mediterráneo, y que existe una presión turística estacional destacable, con los efectos negativos que puede conllevar (Sebastiá *et al.*, 2013), consecuentemente se obtiene como resultado una zona de estudio singular, debido a que se reúnen los elementos necesarios para que exista una evolución tanto espacial como temporal de la macrofauna que alberga estas playas arenosas. Por ello, la finalidad de este estudio es conocer un poco mejor la distribución de la macrofauna bentónica tanto espacial como temporalmente y cómo los factores físico-químicos y nutricionales pueden repercutir sobre ella.

## 1.2 OBJETIVOS

Mediante el muestreo en dos periodos temporales distintos, pertenecientes uno al periodo seco, y otro al húmedo, y en dos estaciones separadas espacialmente una de la otra, se pretende conocer qué factores físico-químicos y nutricionales son los más influyentes en la distribución espacio-temporal de la comunidad macrobentónica. Para lograrlo, se proponen los siguientes objetivos:

- Analizar si las características físicas, químicas y nutricionales varían a lo largo de la costa y en el tiempo.
- Examinar si la estructura de la comunidad de la macrofauna cambia a lo largo de la costa y en el tiempo.
- Determinar qué características físicas, químicas y nutricionales son las más influyentes en los cambios espacio-temporales de la estructura macrobentónica.

## CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 ZONA DE ESTUDIO Y DISEÑO DEL MUESTREO

El área de estudio se ha centrado en la región costera de la Safor (zona sur de la Provincia de Valencia, España). Más precisamente en torno a la región donde confluyen, por un lado la desembocadura del Río Serpis y, por otro la salida del puerto de Gandía, el cual recibe las aguas de varias acequias de los cultivos localizados en la zona de marjal (Sebastiá *et al.*, 2012). Además, próximo se encuentra el emisario submarino de la depuradora de Gandía que vierte a 17 m de profundidad y a 1900 m aprox. de la costa frente al puerto.

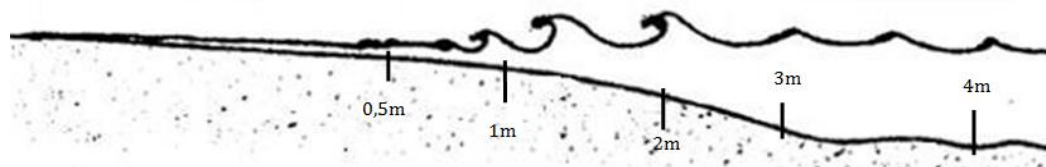
Se han diferenciado 2 estaciones para realizar los muestreos de la macrofauna bentónica; la primera llamada B y ubicada a 200 m de la desembocadura del Serpis y la segunda denominada D localizada a 1000 m de ella (Fig. 2.1). Ambas se localizaron al sur de la misma debido a que las corrientes dominantes en la costa levantina son del Norte (CEDEX, 1997; Millot, 1999). Dado que la presencia del puerto favorece la acumulación de sedimentos y el bloqueo de aportes de nutrientes al norte de éste, la elección de estas dos estaciones a diferentes distancias de la desembocadura ha tenido como finalidad reflejar la interacción de los diferentes factores ambientales (aportes nutricionales, dinámica sedimentaria, intensidad de corrientes,...) y la distribución de la macrofauna bentónica.



**Fig. 2.1** Localización de las dos estaciones de muestreo y el punto de confluencia de los aportes del río Serpis y el puerto de Gandía.

## CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

En cada estación se fijaron 5 niveles de muestreo dispuestos perpendiculares a la línea de costa de la siguiente manera (Fig. 2.2): zona ubicada entre la línea de la marea baja y la zona donde rompen las olas (a aproximadamente 0.5 m de profundidad), zona de ruptura de las olas (a 1 m de profundidad), y zona de transición y zona turbulenta externa (a 2, 3 y 4 m de profundidad). Estas profundidades seleccionadas para hacer el muestreo abarcan los hábitats de especies de importancia económica como la chirla y la tellina (Salas *et al.*, 2001 y Ramón *et al.*, 1995).



**Fig. 2.2** Distribución de los puntos de muestreo a lo largo del perfil de la playa.

Adicionalmente se estableció una tercera estación de muestreo denominada “Aportes”, en el punto donde confluyen el río Serpis y el puerto de Gandía para poder caracterizar las entradas de estas fuentes nutricionales en la que sólo se tomaron muestras de agua (Fig. 2.1).

Aparte del análisis espacial, se realizó uno temporal para evaluar el contraste hídrico característico de la zona, como explica Hermosilla (2005), con escasez hídrica en la estación seca (verano) y precipitaciones abundantes y cortas (gota fría) en la estación húmeda, que comprende principalmente los meses de otoño. Por ello, este estudio se estructura en 2 campañas: la primera se realiza en la estación seca entre los días 31 de Julio y 5 de Agosto de 2013, de ahora en adelante llamada MACRO 1, y la segunda campaña denominada MACRO 2 programada para Octubre de 2013, se decidió retrasar dada la escasa o nula incidencia del fenómeno de la gota fría en ese mes. Tras una época de lluvia débil en invierno, esta campaña se realizó entre el 3 y el 14 de Febrero de 2014.

## 2.2 METODOLOGÍA DEL MUESTREO Y ANÁLISIS DE LAS VARIABLES AMBIENTALES

### 2.2.1 Caudal y precipitaciones.

Las precipitaciones y variación del caudal del río Serpis y los diversos aportes de aguas que llegan a la zona de estudio conforman un factor a tener en cuenta en la cantidad de nutrientes que reciben las comunidades bentónicas. Por ello, se realizó un seguimiento de los datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). Las mediciones del caudal fueron obtenidos del Assut d’En Carròs, ya que es la zona más próxima a la desembocadura del río de la que se dispone de valores (CHJ, 2014). También se pretendió tomar los del caudal del río Vernissa pero por problemas técnicos, estos datos no pudieron ser proporcionados por la CHJ. Los valores de precipitaciones se consiguieron del Assut d’En Carròs y Rótova, puntos donde se localizan los pluviómetros de la CHJ que pudieron influir en el caudal (Fig. 2.3).





**Fig. 2.3** Localización de los pluviómetros y puntos de medición de caudal del río Serpis. (Fuente: Confederación Hidrográfica del Júcar).

### 2.2.2 Agua y pigmentos fotosintéticos.

Las variables salinidad, temperatura y oxígeno disuelto se obtuvieron en el momento del muestreo, en cada profundidad, mediante el empleo de un oxímetro YSI y una sonda AML Plus X, mientras que, para proceder a los análisis químico-nutricionales se tomaron muestras con la ayuda de una botella oceanográfica horizontal, a unos 50 cm aproximadamente por encima del sedimento en cada nivel (profundidad). Las muestras fueron conservadas en frío y llevadas al laboratorio no transcurriendo más de 6 horas, donde se procesaron. Una pequeña alícuota sin filtrar fue congelada para la posterior determinación de PT, y el resto del volumen, fue filtrado para la posterior utilización de los filtros (para clorofila, pigmentos y SS) y del filtrado (nutrientes). Una pequeña fracción del volumen filtrado fue analizada inmediatamente para la determinación del amonio y el resto se congeló para el posterior análisis del resto de los nutrientes.

La clorofila *a* fue analizada por el método tricromático basado en espectroscopía visible (APHA, 2012), mientras que el análisis de los pigmentos fitoplanctónicos se realizó mediante la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), según el método C18 de Wright *et al.* (1991) recomendado por el SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research), modificado según Targa *et al.* (2000).

Los Sólidos Suspendidos (SS) se determinaron por diferencia de peso en los filtros después del filtrado de un volumen conocido de muestra, según APHA (2012).

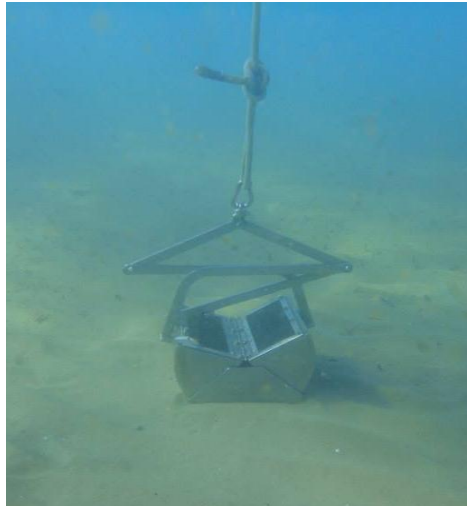
Por último, los nutrientes disueltos (amonio, nitrito, nitrato, fosfato y sílice) se analizaron siguiendo la metodología propuesta por Aminot y Chaussepied (1983) y adaptada por Baumgarten *et al.* (2010). Para hallar la concentración de fósforo total (PT) presente en el

## CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

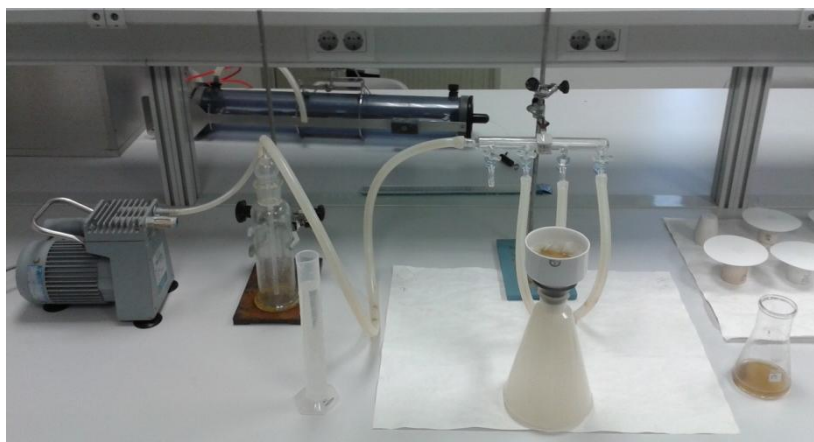
agua se realizó una digestión de las muestras sin filtrar con persulfato de potasio, ácido bórico e hidróxido sódico en autoclave a 121 °C (Valderrama, 1981) previamente a su determinación según el mismo método analítico descrito para fosfato.

### 2.2.3 Granulometría y materia orgánica del sedimento.

La toma de muestras de sedimentos se realizó en cada uno de los 5 niveles de las 2 estaciones, obteniendo así 10 muestras de sedimentos y un total de 20 teniendo en cuenta las 2 campañas realizadas. La extracción del sedimento se realizó con la ayuda de una draga tipo Ponar (Fig. 2.4). El sedimento extraído se conservó congelado hasta su análisis. De cada muestra se llevó a cabo un análisis granulométrico por triplicado según Shepard (1954) y un cálculo de los parámetros granulométricos (media, selección, asimetría, agudeza) empleando el método analítico de los momentos (Krumbein y Pettijohn, 1938; Friedman y Sanders, 1978). La nomenclatura para interpretar los parámetros es la de Folk y Ward (1957). El análisis de la materia orgánica (Fig. 2.5) se hizo por duplicado mediante el método del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1994).



**Fig. 2.4** Draga empleada en la extracción de las muestras para análisis del sedimento y determinación de la macrofauna.



**Fig. 2.5** Montaje instrumental para la determinación de la materia orgánica por calcinación.

## CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 2.3 METODOLOGÍA DE CAMPO Y DETERMINACIÓN DE LA MACROFAUNA

La toma de muestras se realizó empleando una draga tipo Ponar (con una superficie de 0,059 m<sup>2</sup>) con la que se extrajeron 3 réplicas en cada profundidad de cada transecto con el fin de reducir la alta heterogeneidad en la distribución de la macrofauna en el sedimento. Con ello, se obtuvieron un total de 60 muestras, pues este proceso se llevó a cabo durante 2 campañas. Tal y como propone Castelli *et al.* (2004) cada muestra se tamizó con una luz de malla de 0,5 mm (tamaño mínimo de la macrofauna) para desechar todo aquello que no sea de interés para el estudio. Posteriormente, la macrofauna fue anestesiada con Cloruro de Magnesio (MgCl<sub>2</sub>) al 7%, para conseguir la relajación de los individuos y facilitar así su posterior identificación. Finalmente, se fijó con formol al 10% para su identificación con lupa o microscopio (Fig. 2.6), tratando de determinar las especies al nivel taxonómico más bajo posible.

Para determinar la macrofauna bentónica, en primer lugar se separaron los grupos taxonómicos más abundantes (crustáceos, poliquetos y bivalvos) haciendo uso de una bibliografía especializada básica (Rield, 1986). En la clasificación de las especies a un nivel taxonómico inferior, se empleó bibliografía más concreta. En cuanto a los crustáceos, se utilizó principalmente Barrientos (2004) y la colección de Bellan-Santini *et al.* (1982; 1989; 1993 y 1998). Para los poliquetos, la referencia básica fue la de Viéitez *et al.* (2004) y algunos artículos científicos, como los de Fiege *et al.* (2000), Lovell y Pasko (1995) y Martín (1989), entre otros. Además, se consultó bibliografía como Poppe y Goto (1991 y 1993), Plá (2006) y la colección de Giannuzzi-Savelli *et al.* (1999, 2001, 2002 y 2003) para la clasificación de los bivalvos.



**Fig. 2.6** De izquierda a derecha: Muestras de las que se determinará la macrofauna. Determinación de la macrofauna con lupa.

## 2.4 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los parámetros estadísticos del sedimento, se emplearon las formulas recogidas en el ANEXO A con la ayuda de Excel.

Por otro lado, para el análisis de las distintas variables de la comunidad, se calcularon los índices de riqueza específica (S), de diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitabilidad de Pielou (J) según las siguientes ecuaciones (Rodríguez, 1999):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

en el que  $p_i = n_i/N$ , siendo  $n_i$  la abundancia de la especie  $i$  y  $N$  el número total de individuos. La utilización de *loge* es la forma más habitual de calcularlo.

$$J = \frac{H'}{H_{max}} \quad (2)$$

donde  $H_{max} = \ln S$ , siendo  $S$  el número de especies.

Además, se calculó el índice biótico MEDOCC (Pinedo y Jordana, 2007) para conocer el estado ecológico de las comunidades bentónicas. Para ello, se realizó una clasificación de las especies en grupos ecológicos teniendo en cuenta su respuesta al enriquecimiento orgánico (Pinedo *et al.*, 2012). Estos grupos son: G1 para las especies sensibles, G2 para las especies indiferentes, G3 para las especies tolerantes y G4 para las especies oportunistas. Con esto, el índice se calculó empleando la ecuación (3):

$$MEDOCC = \{(0 * \%G1) + (2 * \%G2) + (4 * \%G3) + (6 * \%G4)\}/100 \quad (3)$$

El valor obtenido con este índice indica el estado ecológico. Cada estado ecológico tiene unos límites, por lo que según el valor obtenido se enmarcará en un estado u otro.

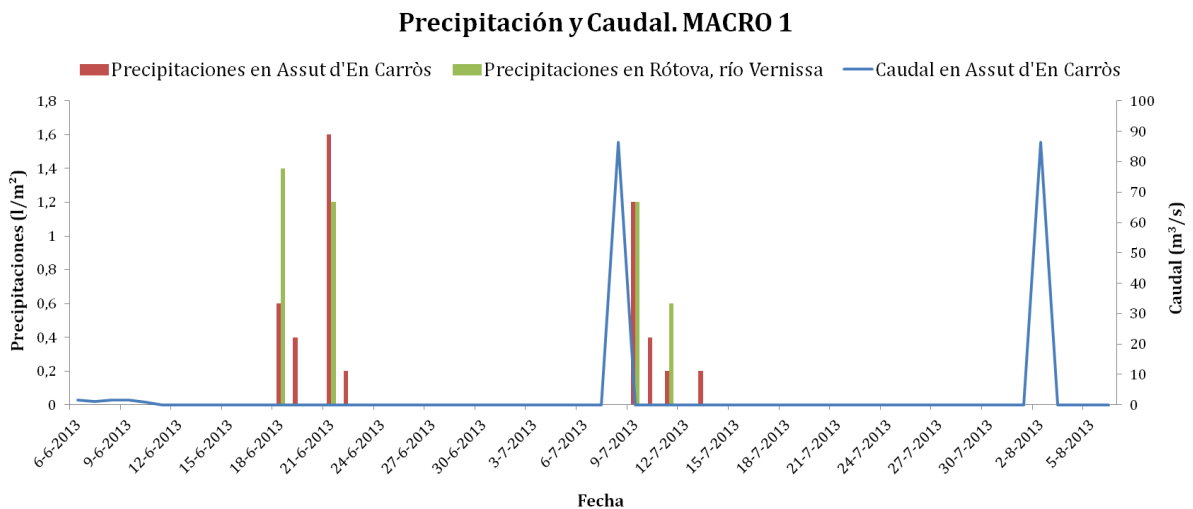
Además, se recurrió a técnicas de análisis multivariante para conocer la influencia de las variables físico-químicas y nutricionales en la macrofauna. Se realizó un análisis de conglomerados, empleando el método de Ward, con el fin de agrupar aquellas especies con características similares y además, un análisis de correlaciones canónicas (CCA) con el que estudiar la relación o influencia del conjunto de variables en las especies. Para ello se requirió los programas estadísticos R y STATGRAPHICS Centurion XVI.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

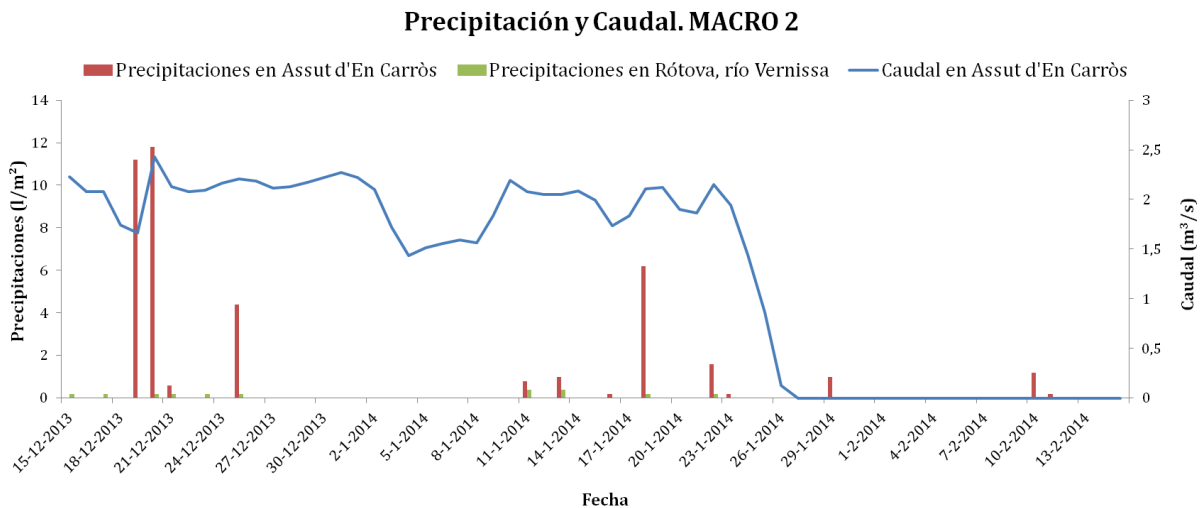
### 3.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES AMBIENTALES

#### 3.1.1 Caudal y precipitaciones.

El seguimiento, realizado de las precipitaciones ( $l/m^2$ ) de la región y caudal ( $m^3/s$ ) del río Serpis, se llevó a cabo durante dos meses previos a la finalización de cada campaña de muestreo. A continuación se muestra una representación gráfica del caudal y las precipitaciones para la campaña MACRO 1 (Fig. 3.1) y la campaña MACRO 2 (Fig. 3.2).



**Fig. 3.1** Caudal y precipitaciones previas a finalización de la campaña MACRO 1.



**Fig. 3.2** Caudal y precipitaciones previas a finalización de la campaña MACRO 2.

Como se aprecia en la Fig. 3.1., el caudal del río Serpis fue propio del periodo seco (salvo los dos picos que se produjeron los días 8/7/13 y 2/8/13). Las escasas precipitaciones que cayeron en unos pocos días durante los 2 meses de seguimiento, no alcanzaron los 2  $l/m^2$ .

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por otro lado, durante la campaña MACRO 2, las precipitaciones fueron algo más abundantes (casi 12 l/m<sup>2</sup>) y un caudal regular y constante en torno a 1,5-2,5 m<sup>3</sup>/s aproximadamente el mes y medio antes de realizar el muestreo.

Cabe tener en cuenta que el régimen hídrico del caudal es amortiguado por el embalse de Beniarrés (aguas arriba del Serpis) y por ello, el caudal no responde como cabría esperar al contraste climático propio del Mediterráneo, con caudales torrenciales en épocas de avenidas y prácticamente escasos en periodo seco (Garófano *et al.*, 2009). Esta presa causa una inversión en el caudal, ya que en épocas de lluvia las salidas del mismo son reducidas, mientras que en el período seco, las sueltas son más numerosas, como explica Garófano *et al.* (2009). Este fenómeno se observa también en el trabajo de Sebastiá *et al.* (2013) para los meses de verano. Es por ello que, los picos de caudales observados, en torno a 85 m<sup>3</sup>/s los días 8/7/13 y 2/8/13, fueron producto de sueltas de agua de la presa que se canalizaron por diferentes acequias con dirección a los cultivos de la Safor y no llegaron a la desembocadura. Este hecho se pudo constatar el 2 de agosto de 2013, ya que nos encontrábamos muestreando la estación D sin apreciarse, a lo largo del día, ni siquiera un aumento mínimo de caudal.

El caudal obtenido en MACRO 2 fue fruto de las precipitaciones aguas abajo del embalse principalmente, ya que las precipitaciones de la cabecera de la cuenca (aguas arriba) quedaron recogidas en el embalse. Es necesario que se prolongue un caudal abundante, durante un par de semanas, para que el aporte de nutrientes sea el suficiente y así poder estudiar si éste influye en la distribución de la macrofauna bentónica. El muestreo de MACRO 2 no se correspondió al periodo de grandes lluvias y por lo tanto grandes aportes, pero se puede afirmar que corresponde a uno diferente al del periodo seco, con mayores caudales. De hecho Sebastiá *et al.* (2013) identifican al periodo comprendido entre mediados de septiembre hasta finales de mayo como el del periodo húmedo en esta zona de estudio.

En definitiva, el estudio de los caudales y precipitaciones, al igual que conocer los puntos de entradas y salidas de agua a lo largo del cauce del Serpis descritos por Garófano *et al.* (2009), ha servido para afirmar que los datos obtenidos de la CHJ no fueron suficientes para nuestro propósito de conocer qué cantidad de agua llegó a la desembocadura del Serpis, y es por ello, que para trabajos posteriores, se debería contrastar los datos proporcionados con datos tomados con la ayuda de un correntímetro en la desembocadura. Sin embargo, de forma cualitativa, sí nos fue útil para demostrar que se muestreó en dos épocas distintas (seca y húmeda) del año.

### 3.1.2 Análisis fisicoquímico de aguas y pigmentos fotosintéticos.

En primer lugar se comentarán los resultados obtenidos para las diferentes variables analizadas en el agua en la campaña MACRO 1 (Tabla 3.1) y, posteriormente, los resultados de la campaña MACRO 2 (Tabla 3.2).

El análisis de las variables físico-químicas (Tabla 3.1) mostró que la temperatura media fue de 26,0 °C en la estación B y descendió a un promedio de 24,6 °C en la estación D; el pH fue ligeramente más alto en B que en D (media de 8,27 frente a 8,16 respectivamente).

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto el oxígeno disuelto como la salinidad, fueron ligeramente superiores en la estación D, con valores promedios de 6,40 mg/l en B y 6,78 mg/l en D para oxígeno disuelto y 37,4 ‰ frente a los 37,5 ‰ de salinidad respectivamente. Cabe destacar que el mayor valor de salinidad se encontró en el punto de Aportes con 37,9 ‰. Los sólidos suspendidos variaron notablemente tanto dentro de cada estación como entre las dos estaciones, llegando a tener diferencias de 7 mg/l (entre B2 y B3) y 9 mg/l (entre D2 y D3), aunque por lo general, los valores de la estación B fueron mayores a los de la D.

El análisis de los nutrientes (Tabla 3.1) mostró los siguientes resultados. El comportamiento del amonio y fosfato se parecieron, con mayores concentraciones en el punto Aportes y a bajas profundidades (B0,5, B1, D1 y D2). El nitrito tuvo de media 0,09  $\mu\text{M}$  en la estación B y 0,13  $\mu\text{M}$  en la estación D, destacando el valor de 0,20  $\mu\text{M}$  en D3. El nitrato mostró una pauta de disminución de la concentración con la profundidad en las dos estaciones y además, su punto de menor concentración fue Aportes. El NID, que es la suma del amonio, nitrito y nitratos, siguió la misma pauta de disminución del nitrato (componente que proporcionalmente más aportó al NID). El sílice se mostró constante en la estación B (salvo el punto B2), sin embargo, en la estación D se hizo notable una disminución de su concentración con la profundidad. El fósforo total (PT) mostró, en general, los valores más altos en el transecto B, con la excepción de D3 que destacó del resto.

Del análisis de los pigmentos fotosintéticos (Tabla 3.1), cabe destacar que la clorofila *a* fue el más abundante en las 2 estaciones de la campaña MACRO 1. Sus valores en la estación B mostraron un pico de concentración en B2 y el mínimo en el punto más profundo. En cambio, en la estación D se observó una pauta de disminución de la concentración con la profundidad. Además, fue el único pigmento por encima del límite de detección en Aportes. La clorofila *b* fue el segundo pigmento más importante en concentración y no mostró una tendencia clara, ya que los valores más altos (B3, D2 y D4) y los más bajos (B2 y D3) se localizaron a profundidades intermedias. La peridina sólo se detectó en la estación B, con valores constantes a lo largo de la estación. La fucoxantina mostró mayores concentraciones en la estación B que en la D, con el valor de B1 destacado. La 19'hexanoxyfucoxantina en cambio, mostró valores menores en la estación B que en la D, destacando las concentraciones de D0,5 y D1. La aloxantina describió una pauta de disminución de su concentración con la profundidad en ambas estaciones y por último, otros pigmentos como 19'butanoxy-fucoxantina, prasinoxantina, neoxantina, violoxantina, diadinoxantina, luteína y zeaxantina se detectaron en bajas concentraciones o bien no fueron detectados.

A continuación se recogen los resultados para la segunda campaña realizada (Tabla 3.2). En cuanto a los análisis físico-químicos, la temperatura mostró un promedio de 13,0 °C en la estación B y uno de 13,4 °C en la D; el pH se mantuvo constante en la estación B salvo en B4 que aumentó ligeramente mientras que en la estación D fue levemente inferior de media. El oxígeno disuelto en la estación B (8,60 mg/l) fue de promedio algo menor que en la D (8,79 mg/l) y el punto de Aportes (8,70 mg/l). En cuanto a la salinidad, no se apreció una pauta clara dentro de cada estación pero si se observó que los valores fueron menores en la B que en la D (promedio de 36,6 ‰ y 37,1 ‰ respectivamente), aunque el punto Aportes y B0,5 presentaron los niveles más bajos. La mayor concentración de los sólidos en suspensión se encontró en el punto Aportes, B4 y D1.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3.1** Resumen de los análisis nutricionales y físico-químicos de las muestras de agua y concentraciones de los principales pigmentos fotosintéticos de la campaña MACRO 1. NID: Nitrógeno Inorgánico Disuelto.

CAMPAÑA		MACRO 1											
Punto Muestreo		Aportes	B 0,5	B 1	B 2	B 3	B 4	D 0,5	D 1	D 2	D 3	D 4	
Variables físico-químicas	<b>Temperatura</b>	°C	26,2	25,6	25,8	26,3	26,2	26,2	24,9	25,1	24,4	24,3	24,1
	<b>pH</b>		8,26	8,27	8,28	8,28	8,27	8,27	8,14	8,13	8,13	8,18	8,20
	<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/l	6,75	6,75	6,77	6,07	6,20	6,21	6,98	6,95	6,68	6,59	6,72
	<b>Salinidad</b>	‰	37,9	37,5	37,5	37,3	37,3	37,4	37,4	37,3	37,6	37,6	37,6
	<b>Sólidos Suspendedos</b>	mg/l	16	12	16	18	11	14	9	13	17	8	9
Nutrientes disueltos	<b>Amonio</b>	μM	1,7	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	<0,1	<0,1
	<b>Nitrito</b>	μM	0,04	0,10	0,09	0,09	0,11	0,06	0,18	0,14	0,06	0,20	0,06
	<b>Nitrato</b>	μM	0,1	6,1	6,5	4,8	5,7	3,4	6,1	5,9	1,0	<0,1	0,3
	<b>NID</b>	μM	1,8	6,5	6,6	4,9	5,8	3,4	6,3	6,1	1,3	0,2	0,4
	<b>Sílice</b>	μM	3,4	5,3	5,2	6,8	5,1	5,2	6,2	5,4	4,3	2,3	2,6
	<b>Fosfato</b>	μM	0,10	0,06	0,04	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,02	<0,01	0,01
	<b>Fósforo Total (PT)</b>	μM	0,17	0,24	0,23	0,32	0,26	0,38	0,23	0,21	0,16	2,03	0,11
Pigmentos fotosintéticos	<b>Clorofila a</b>	μg/l	0,70	1,12	1,30	1,39	1,33	0,93	1,03	1,05	0,71	0,59	0,47
	<b>Clorofila b</b>	μg/l	<L.D	0,20	0,21	0,16	0,27	0,19	0,19	0,18	0,32	0,13	0,26
	<b>Peridina</b>	μg/l	<L.D	0,13	0,11	0,13	0,11	0,12	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	<b>19'butanoyloxy-fucoxantina</b>	μg/l	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	<b>Fucoxantina</b>	μg/l	<L.D	0,10	0,26	0,12	0,08	0,16	0,05	0,08	0,07	0,04	0,06
	<b>19'hexanoyloxy-fucoxantina</b>	μg/l	<L.D	0,14	0,03	0,10	0,11	0,08	0,28	0,28	0,19	0,12	0,15
	<b>Neoxantina</b>	μg/l	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	0,05	<L.D	<L.D	<L.D
	<b>Prasinoxantina</b>	μg/l	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	<b>Violoxantina</b>	μg/l	<L.D	0,03	0,01	0,02	0,03	<L.D	0,04	<L.D	0,01	0,01	0,01
	<b>Diadinoxantina</b>	μg/l	<L.D	0,06	0,06	0,10	0,10	0,08	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04
	<b>Aloxantina</b>	μg/l	<L.D	0,10	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,13	0,06	0,04	0,04
	<b>Luteína</b>	μg/l	<L.D	<L.D	0,03	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	0,02	<L.D	<L.D
	<b>Zeaxantina</b>	μg/l	<L.D	<L.D	<L.D	0,03	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	0,02	0,02	<L.D



CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3.2** Resumen de los análisis nutricionales y físico-químicos de las muestras de agua y concentraciones de los principales pigmentos fotosintéticos de la campaña MACRO 2. NID: Nitrógeno Inorgánico Disuelto.

CAMPAÑA			MACRO 2										
Punto Muestreo			Aportes	B 0,5	B 1	B 2	B 3	B 4	D 0,5	D 1	D 2	D 3	D 4
Variables físico-químicas	<b>Temperatura</b>	°C	12,6	13,5	13,5	13,0	12,5	12,7	13,7	13,7	12,9	13,6	13,3
	<b>pH</b>		8,06	8,09	8,10	8,13	8,10	8,17	7,98	8,01	7,97	8,00	8,00
	<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/l	8,70	8,60	8,60	8,49	8,62	8,67	8,83	8,83	8,84	8,67	8,78
	<b>Salinidad</b>	‰	36,0	35,9	36,2	37,0	36,9	36,8	37,0	37,2	37,0	37,1	37,2
	<b>Sólidos Suspendidos</b>	mg/l	10	8	7	8	7	10	9	10	7	7	7
Nutrientes disueltos	<b>Amonio</b>	µM	5,0	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3
	<b>Nitrito</b>	µM	0,49	0,42	0,44	0,25	0,26	0,23	0,23	0,25	0,26	0,23	0,22
	<b>Nitrato</b>	µM	31,7	13,0	7,8	3,9	3,5	2,2	2,1	2,2	3,3	1,9	1,3
	<b>NID</b>	µM	37,1	14,8	9,6	5,5	4,4	3,2	2,6	2,8	4,1	2,7	1,8
	<b>Sílice</b>	µM	6,4	6,8	6,0	1,7	1,4	0,9	1,4	1,2	2,4	1,3	1,3
	<b>Fosfato</b>	µM	0,09	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,05	0,04
	<b>Fósforo Total (PT)</b>	µM	0,27	0,12	3,31	0,12	0,14	0,14	0,13	0,11	0,11	0,07	0,07
Pigmentos fotosintéticos	<b>Clorofila a</b>	µg/l	1,18	1,01	0,93	1,07	0,97	1,18	1,53	1,96	1,44	1,12	1,44
	<b>Clorofila b</b>	µg/l	0,17	0,16	0,26	0,29	0,48	0,22	0,29	0,46	0,30	0,33	0,40
	<b>Peridinina</b>	µg/l	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D
	<b>19'butanoyloxy-fucoxantina</b>	µg/l	0,04	<L.D	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,09	0,01	0,08	0,12
	<b>Fucoxantina</b>	µg/l	0,28	0,29	0,35	0,41	0,44	0,48	0,42	0,70	0,52	0,31	0,72
	<b>19'hexanoyloxy-fucoxantina</b>	µg/l	0,08	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	0,05	0,07	0,03	0,30	0,05
	<b>Neoxantina</b>	µg/l	<L.D	<L.D	<L.D	0,03	<L.D	<L.D	0,04	0,04	<L.D	<L.D	<L.D
	<b>Prasinoxantina</b>	µg/l	0,05	0,03	0,03	0,07	0,08	0,04	<L.D	<L.D	0,01	0,10	0,12
	<b>Violoxantina</b>	µg/l	<L.D	0,02	0,05	0,03	0,10	0,03	0,05	0,05	0,01	0,10	0,05
	<b>Diadinoxantina</b>	µg/l	0,05	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08	0,14	0,23	0,19	0,11	0,14
	<b>Aloxantina</b>	µg/l	0,07	0,16	0,13	0,06	0,09	0,07	0,35	0,51	0,29	0,21	0,23
	<b>Luteína</b>	µg/l	<L.D	0,01	<L.D	0,01	<L.D	<L.D	0,01	<L.D	0,01	<L.D	<L.D
	<b>Zeaxantina</b>	µg/l	0,08	0,06	<L.D	<L.D	<L.D	0,03	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D	<L.D

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los nutrientes disueltos (Tabla 3.2) manifestaron que la pauta seguida por todos ellos, salvo el fósforo total y el fosfato en la estación D, fue la misma en las dos estaciones: una disminución progresiva de la concentración con la profundidad, con la excepción de un pico de concentración en el punto D2 de alguno de ellos (nitrito, nitrato, NID y sílice). El fosfato y el PT se comportaron de forma inversa entre ellos: el fosfato fue a menos en la estación B y aumentó en la D, mientras que el PT se incrementó con la profundidad en B y disminuyó en la D. Cabe destacar un marcado pico de PT en B1. Para el sílice, en general, las concentraciones de la estación B fueron mayores que los de la D. Todos los nutrientes, con excepción del sílice y fósforo total, mostraron mayores concentraciones en el punto Aportes.

De los pigmentos fotosintéticos analizados (Tabla 3.2), la clorofila *a* fue la que mayor concentración expuso, con valores promedio de la estación B inferiores a la estación D; el segundo pigmento con mayor concentración fue la fucoxantina con una relación concentración-profundidad positiva en la estación B y sin pauta visible en la estación D. La clorofila *b* fue el siguiente pigmento en concentración, mostrando un aumento con la profundidad, salvo en algunos puntos que no se cumplió este patrón (B4 y D1). Para otros pigmentos como la 19'hexanoyloxyfucoxantina, aloxantina, diadinoxantina y 19'butanoyloxyfucoxantina las concentraciones en B fueron menores que en D llegando incluso en algunas ocasiones a no ser detectados en B. La violoxantina, la prasinoxantina, peridina, neoxantina, luteína y zeaxantina mostraron concentraciones nulas o muy escasas.

Tras analizar los resultados obtenidos, se podría decir que existió una evolución espacio-temporal entre las dos estaciones y a su vez, entre las dos campañas realizadas. La oscilación térmica verano-invierno demuestra que la temperatura del agua varió en más de 10°C de diferencia con la consiguiente oscilación en la concentración de oxígeno disuelto ya que están inversamente relacionados según su curva de saturación (Rodríguez, 1999): a mayor temperatura (MACRO 1) se disuelve menos oxígeno y viceversa. La salinidad resultante evidenció el vínculo con la estacionalidad climática y dimensión de los aportes del Serpis, ya que el agua fue menos salina en MACRO 2 (período húmedo) y, con menor salinidad en la estación B, la cual está más cerca de la desembocadura. En cuanto a los sólidos suspendidos, éstos están formados por una parte orgánica (fitoplancton y zooplancton) y una fracción inorgánica (tripton), pero al no disponer de datos hidrodinámicos no se pudo explicar el porqué de los valores obtenidos.

El estudio de los aportes a un medio oligotrófico como es el Mediterráneo, se hace necesario ya que juegan un papel clave en la productividad marina (Gadea *et al.*, 2013). La mayor dimensión de estos aportes a través del Serpis, del puerto y en menor medida, de las filtraciones difusas (Sebastiá y Rodilla, 2013), se hizo palpable en las concentraciones superiores de nutrientes del periodo húmedo (MACRO 2). Es por ello que, en general, en esta campaña, todos los nutrientes tuvieron concentraciones más altas en el punto Aportes, el más cercano a la desembocadura del Serpis y salida del puerto y disminuyeron a medida que aumentó la distancia al mismo, hecho que no sucedió en la campaña MACRO 1. Entre los compuestos nitrogenados (NID), el nitrato fue la forma dominante en ambas campañas, causado probablemente por la utilización de fertilizantes en los suelos agrícolas cercanos (Gadea *et al.*, 2013; Sebastiá y Rodilla, 2013). Además, la alta concentración de amonio observada en Aportes de MACRO 1, podría deberse a vertidos de aguas residuales de la depuradora directamente al río (Sebastiá y Rodilla, 2013). Según Falco *et al.* (2010),

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

una posible fuente del sílice es la erosión química de los suelos en los periodos húmedos o también, como afirma Sebastía y Rodilla (2013), mediante la filtración de agua del acuífero cargada de sílice lixiviado procedente de las gramíneas del humedal. Estas fueron posibles razones para explicar los mayores valores cerca de la orilla, sobre todo en MACRO 2. La concentración de los fosfatos de MACRO 1 (punto Aportes y B0,5) pudo deberse a vertidos de aguas residuales de la planta depuradora, cuyo caudal, debido a la alta presión turística en el periodo estival, excede al caudal que puede ser evacuado por el emisario submarino, vertiéndose una parte directamente al Serpis (Sebastía *et al.*, 2012). Las aguas residuales que se vierten por el emisario, pudieron generar a mayores profundidades las concentraciones de PT obtenidas, dada la proximidad a la fuente (punto B4) (Tabla 3.1). Sin embargo, en MACRO 2 este fenómeno no es tan evidente dado que disminuye la presión urbana y, la concentración de fosfatos pudo derivarse del uso de fertilizantes en los cultivos (Sebastía *et al.*, 2012).

También se analizó qué nutriente podría ser considerado como limitante en el conjunto de las muestras analizadas. El nutriente limitante es aquel necesario para el fitoplancton (fósforo, silicio y nitrógeno), y puede restringir la producción fitoplanctónica debido a que se consume completamente o lo suficiente para detener el aumento de biomasa fitoplanctónica, siendo así un factor determinante en el desarrollo de la cadena trófica en los ecosistemas marinos (Olivos *et al.*, 2002). Algunos autores (Gadea *et al.*, 2013) han empleado una serie de criterios en los que se incluyen unos rangos de oscilaciones con el fin de incorporar el estado de equilibrio en el balance entre los nutrientes potencialmente limitantes en función de los requerimientos nutricionales del fitoplancton. Para determinar el nutriente potencialmente limitante se deben cumplir dos de los siguientes criterios simultáneamente: a) P como nutriente potencialmente limitante: Si:P>22 y N:P>22; b) N como nutriente potencialmente limitante: Si:N>1 y N:P<10; c) Si como nutriente potencialmente limitante: Si:P<10 y Si:N<1. En este estudio se obtuvo que el fósforo fue en un 95,5% de las muestras analizadas (en MACRO 1 y MACRO 2) el nutriente limitante, quedando un 4,5% (únicamente una muestra: Aportes de MACRO 1) como un ambiente en equilibrio. El fósforo es considerado, en líneas generales, el nutriente limitante para el Mediterráneo, tal y como recoge Estrada (1996). De cualquier manera, éste se consume rápidamente por los productores primarios (Falco *et al.*, 2010), hecho que también observó Escrivá (2013) y Sebastía y Rodilla (2013) en la zona de estudio y por ello, su concentración disminuye rápidamente.

El análisis de los pigmentos fotosintéticos ha servido para conocer la cantidad y composición de la comunidad fitoplanctónica, principal alimento para organismos filtradores y suspensívoros. La clorofila *a* está presente en todos los grupos fitoplanctónicos y por ello, puede ser usada como una buena aproximación a la biomasa fitoplanctónica, pero la relación no es lineal ya que ésta varía no solo entre los diferentes grupos y especies (Strickland, 1960) sino también dentro de una misma especie tanto estacional, como incluso diariamente (Yentsch y Scagel, 1958). Fue el pigmento de mayor concentración en las 2 campañas, aunque en MACRO 1 la cantidad en B fue mayor que en D y sin embargo en MACRO 2 ocurrió lo contrario.

Con la ayuda del trabajo de Sebastía (2012), se ha podido establecer un vínculo entre los grupos principales de fitoplancton y los pigmentos utilizados como marcadores que los identifica. Por ello, se pudo confirmar la presencia de dinoflagelados en la estación B de

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MACRO 1, ya que su marcador es la peridinina. Este hecho es de suma trascendencia debido a que algunas de sus especies están ligadas a posibles efectos tóxicos. La alta concentración de la fucoxantina, sobre todo en la estación D de MACRO 2, indicó la presencia de diatomeas. La clorofila *b* es el componente principal de las algas verdes (euglenofitas, clorofitas y prasinofitas), las cuales abundaron más en la segunda campaña. La zeaxantina tuvo escasas concentraciones y es el pigmento marcador de las cianobacterias. Las primnesiofitas únicamente se detectaron en MACRO 2 dado que 19'butanoyloxy-fucoxantina es su marcador. Este mismo comportamiento sucede con las prasinofites, cuyo pigmento es el prasinoxantina. Los cryptófitos también se detectaron en mayor medida en la estación D de MACRO 2, ya que su marcador es la aloxantina.

Cabe destacar que, en líneas generales, fue la combinación de 2 factores lo que moduló los resultados obtenidos: a) la diferencia climatológica entre las dos campañas, con un mayor caudal del Serpis en el periodo húmedo (MACRO 2), originó una disminución de la salinidad y una mayor concentración de nutrientes, y b) la distribución espacial de los puntos de muestreo a lo largo y ancho de la costa, que mostró la evolución de los aportes a diferentes distancias de la desembocadura. Además, durante el periodo estival, cuando el caudal del Serpis es más escaso, el principal aporte de nutrientes se produce con los vertidos de la depuradora de Gandía, dado que no tiene la capacidad para evacuar todo el caudal de aguas residuales a través del emisario submarino, vertiéndose una parte directamente en el tramo final del Serpis.

### 3.1.3 Análisis granulométricos y materia orgánica.

En cuanto al análisis de la materia orgánica, se apreciaron unos porcentajes mayores en la estación B que en la estación D, tanto en la campaña MACRO 1 (Tabla 3.3) como en la campaña MACRO 2 (Tabla 3.4). En la campaña MACRO 1, los valores variaron entre 0,75% y 1,09% en la estación B, mientras que en la D, oscilaron entre 0,49% y 0,95%. En cambio, para la campaña MACRO 2, la materia orgánica comprendió valores entre 0,53% y 0,97% en la estación B y porcentajes entre 0,26% y 1,06% en la estación D. En general, existió una tendencia de aumento del porcentaje con la profundidad, aunque con excepciones.

Los porcentajes granulométricos obtenidos se muestran también en las tablas 3.3 y 3.4. En la campaña MACRO 1 (Tabla 3.3) se observó que tanto en la estación B como en la D, las arenas medianas disminuyen con la profundidad mientras que las finas aumentan. El valor del tamaño medio ( $\mu\text{m}$ ) de la muestra reflejó una tendencia a disminuir, siendo más acentuada en la estación B. Se debe subrayar que el tamaño medio del sedimento del punto D2 fue el segundo mayor de la campaña, y el primero de la estación D.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3.3** Valores obtenidos del análisis granulométrico, parámetros estadísticos granulométricos y materia orgánica en las dos estaciones de la campaña de muestreo MACRO 1. BS= Bien seleccionado, MBS= Moderadamente bien seleccionado, MS= Moderadamente seleccionado.

CAMPAÑA		MACRO 1									
Punto Muestreo		B 0,5	B 1	B 2	B 3	B 4	D 0,5	D 1	D 2	D 3	D 4
<b>Materia Orgánica</b>	%	0,78	0,75	0,80	1,09	1,03	0,54	0,78	0,49	0,95	0,94
<b>Arena muy gruesa (2-1mm)</b>	%	0,7	0,5	0,6	0,3	0,6	0,1	0,2	0,6	1,1	0,3
<b>Arena gruesa (1-0,5mm)</b>	%	2,7	1,1	1,9	2,0	1,2	1,1	1,9	2,7	3,9	1,0
<b>Arena mediana (0,5-0,25mm)</b>	%	47,0	16,0	15,3	17,9	3,8	34,4	22,6	38,3	18,8	3,4
<b>Arena fina (0,25-0,125mm)</b>	%	48,4	79,9	74,1	68,2	69,1	59,5	64,8	48,8	62,8	82,8
<b>Arena muy fina (0,125-0,063mm)</b>	%	0,8	2,0	7,0	10,5	21,6	4,6	10,2	8,9	12,0	11,0
<b>Limos y Arcillas (&lt;0,063mm)</b>	%	0,2	0,5	0,8	0,6	3,3	0,2	0,2	0,1	0,5	0,7
<b>Tamaño medio</b>	µm	0,25	0,19	0,19	0,19	0,16	0,21	0,19	0,22	0,19	0,17
<b>Tamaño medio</b>	φ	1,99	2,41	2,43	2,43	2,64	2,24	2,39	2,16	2,40	2,54
<b>Selección</b>		0,64	0,50	0,60	0,67	0,65	0,63	0,69	0,75	0,78	0,47
		MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MS	MS	BS
<b>Agudeza</b>		0,74	1,15	1,37	1,37	1,25	0,80	1,28	0,89	1,47	1,19
		Platicúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Platicúrtico	Leptocúrtico	Platicúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico
<b>Asimetría</b>		-0,01	-0,22	-0,12	-0,11	0,20	-0,19	-0,12	-0,01	-0,19	0,11
		Simétrica	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Asimetría positiva	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Simétrica	Asimetría negativa	Asimetría positiva

**Tabla 3.4** Valores obtenidos del análisis granulométrico, parámetros estadísticos granulométricos y materia orgánica en las dos estaciones de la campaña de muestreo MACRO 2. BS= Bien seleccionado, MBS= Moderadamente bien seleccionado, MS= Moderadamente seleccionado.

CAMPAÑA		MACRO 2									
Punto Muestreo		B 0,5	B 1	B 2	B 3	B 4	D 0,5	D 1	D 2	D 3	D 4
<b>Materia Orgánica</b>	%	0,78	0,53	0,97	0,92	0,69	0,54	0,75	0,26	1,06	0,85
<b>Arena muy gruesa (2-1mm)</b>	%	0,8	0,1	0,9	0,4	0,5	1,0	0,8	1,3	1,1	0,4
<b>Arena gruesa (1-0,5mm)</b>	%	2,3	1,0	1,9	1,1	1,5	3,7	1,6	5,3	1,4	0,8
<b>Arena mediana (0,5-0,25mm)</b>	%	30,2	28,7	17,3	8,6	10,2	41,0	21,1	55,8	6,1	9,9
<b>Arena fina (0,25-0,125mm)</b>	%	64,5	67,8	71,1	83,8	78,6	53,2	73,9	35,7	84,3	82,0
<b>Arena muy fina (0,125-0,063mm)</b>	%	1,7	1,9	6,4	5,5	6,6	0,5	1,3	0,6	6,3	6,4
<b>Limos y Arcillas (&lt;0,063mm)</b>	%	0,2	0,1	1,0	0,3	1,0	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1
<b>Tamaño medio</b>	µm	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,24	0,20	0,30	0,18	0,18
<b>Tamaño medio</b>	φ	2,25	2,29	2,40	2,47	2,46	2,07	2,34	1,76	2,49	2,47
<b>Selección</b>		0,63	0,60	0,65	0,47	0,56	0,66	0,59	0,72	0,49	0,49
		MBS	MBS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	MS	BS	BS
<b>Agudeza</b>		0,84	0,89	1,35	1,22	1,46	0,76	1,14	0,97	1,34	1,27
		Platicúrtico	Platicúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico	Platicúrtico	Leptocúrtico	Mesocúrtico	Leptocúrtico	Leptocúrtico
<b>Asimetría</b>		-0,25	-0,25	-0,18	-0,12	-0,09	-0,13	-0,30	0,04	-0,08	-0,10
		Asimetría negativa	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Simétrica	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Simétrica	Simétrica	Simétrica

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento observado en MACRO 1 se repitió en la campaña MACRO 2 (Tabla 3.4). En la estación B, en el punto B0,5, se tuvo 30,2% de arena mediana y 64,5% de arena fina y en el B4, se obtuvo 10,2% y 78,6% respectivamente, mientras que en la estación D, 41,0% de arenas medianas y 53,2% de arenas finas a 0,5 m de profundidad y a 4 m, 9,9% y 82,0% respectivamente. En esta campaña, por lo general, el porcentaje de arenas medianas fue algo superior que en la campaña anterior (salvo puntos B0,5, B3, D1 y D3). Además, en el punto D2 se observaron unos valores contrarios a la tendencia descrita, obteniéndose aquí unos porcentajes mayores de arena mediana que de arena fina (55,8% arena mediana frente a 35,7% de arena fina) y, también destacó como el punto que tuvo el mayor tamaño de sedimento tanto en el transecto como entre todas las muestras.

Los resultados obtenidos de los parámetros estadísticos analizados fueron los siguientes: la agudeza se mostró como platicúrtico en 6 muestras (en las muestras a menor profundidad) y en el resto como leptocúrtico (13 muestras) salvo en 1 muestra (D2) de la campaña MACRO 2, que fue mesocúrtico. La selección de las muestras de la estación B de las 2 campañas fue moderadamente bien seleccionada, con excepción de B3 de MACRO 2, que fue bien seleccionada. En cuanto a la estación D, se apreció una pauta en las dos campañas: a bajas profundidades las muestras fueron moderadamente bien seleccionadas; a profundidades intermedias, la selección fue moderadamente seleccionada y a mayores profundidades, bien seleccionada. Por último, en la campaña MACRO 1, la asimetría mostró que a profundidades de 4 m fue positiva y el resto de las muestras tuvieron asimetría negativa, salvo B0,5 y D2 que son simétricas. Respecto a MACRO 2, el patrón que se observó es que las muestras pasaron de asimetría negativa a simétrica con el aumento de las profundidades.

Cabe comenzar la discusión recordando que la estación B estaba localizada más cerca de la desembocadura del Serpis y por lo tanto, más cerca de la fuente de aportes. Por ello, es probable que se encuentren los mayores porcentajes de materia orgánica allí. Además, se puede afirmar que, por lo general, a profundidades mayores la concentración fue más alta que a profundidades someras: la menor acción del oleaje a profundidades de 3 y 4 m favoreció la mayor acumulación de la materia orgánica y las fracciones más finas de sedimentos. Además, las partículas más finas tienden a acumular más compuestos orgánicos (Christensen y Blackburn, 1982), debido a la mayor superficie específica que favorece la sorción y ralentiza la descomposición de las moléculas orgánicas (Gordon y Millero, 1985; Cotano y Villate, 2006).

Dado que el hidrodinamismo controla la distribución de los sedimentos (Cupul *et al.*, 2006), a 0,5 m de profundidad los sedimentos finos se resuspenden y son transportados, quedando un sedimento formado por los granos más gruesos capaces de vencer las fuerzas del oleaje. A mayor profundidad, este hidrodinamismo disminuye y por ello, el sedimento fino no se suspende con tanta facilidad. El porcentaje de arenas muy finas, limos y arcillas que se observa en la estación B a 4 m de profundidad en la campaña MACRO 1 es notablemente mayor al resto de puntos de muestreo, quizá debido a la combinación de dos factores: 1º) es el punto más expuesto a la zona de desembocadura y salida del puerto (aportes) a diferencia de la estación D y 2º) es el punto más alejado de las turbulencias. Sin embargo, este valor no tiene la misma magnitud en la 2ª campaña realizada, quizá porque el hidrodinamismo en el periodo húmedo fue mayor a esas profundidades (el caudal del Serpis creció).

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la selección nos proporciona una idea de la concentración de los granos alrededor de la media, es decir, nos indica la uniformidad de la muestra. Su interpretación está vinculada a la curva normal (ANEXO A). Las muestras con mejor selección en este trabajo, es decir, que presentaron valores de selección más bajos, fueron aquellas en las que dominó la fracción de tamaño del sedimento de los finos, las cuales se localizaron a profundidades mayores. La estación D3 de MACRO 1 y D2 de ambas campañas, tuvieron las peores selecciones, lo que significa que existen varias fracciones de tamaño dominantes en las muestras. Por ello, con la ayuda de este parámetro estadístico, se confirmó que el dominio de una fracción de tamaño de sedimento sobre las demás se acentúa por lo general con la profundidad, donde hay menor turbulencia, y por ello, predominan las fracciones más finas, mientras que los porcentajes de las diferentes fracciones del sedimento están algo más repartidas en zonas de mayor hidrodinamismo, en las que los finos están resuspendidos.

El análisis de la asimetría es independiente de la selección e indica el predominio de un tamaño frente a otro dentro de la muestra. Si la asimetría es de tendencia negativa, indica que hay inclinación hacia los gruesos y si en cambio, la tendencia es hacia los finos, la asimetría se inclina hacia valores positivos (Cupul *et al.*, 2006). Duane (1964) afirma que los índices positivos indicarían bajos niveles de hidrodinamismo (zonas de acumulación de finos) y valores negativos relacionados con altos niveles energéticos (oleaje). Friedman *et al.* (1992) menciona que este parámetro ayuda a conocer los puntos de acumulación de finos y que la tendencia positiva se asocia, por lo general, a aportes de sedimentos fluviales. Los resultados obtenidos, indicaron tendencias hacia las fracciones finas (valores de simetría positivos) en las zonas donde la profundidad fue de 4 m en MACRO 1 y con ello, la tendencia a acumularse los finos en dichas profundidades donde el hidrodinamismo tiene menor influencia. También se apreció que las asimetrías negativas se dieron en los puntos menos profundos con altos niveles energéticos.

En definitiva, a partir del análisis granulométrico se pudo afirmar que la tendencia de los porcentajes del tamaño de grano fue de más gruesos a menor profundidad, a más finos a mayor profundidad y además, este comportamiento estuvo directamente relacionado con el hidrodinamismo. Por ello, las arenas finas próximas a la desembocadura del río en el período seco (3 y 4 m sobre todo), no se vieron tan afectados por dicha energía como sí se apreció, en cierta medida, en MACRO 2 cuando se generó un mayor efecto turbulento causado, en parte, por un Serpis más caudaloso. Razón por la que se observó valores ligeramente más bajos de fracciones finas en la campaña MACRO 2 que en MACRO 1. Por otro lado, la concentración de la materia orgánica no solo se rige por los aportes sino también por el hidrodinamismo que afecta a la cantidad de finos, a los cuales esta materia orgánica puede adsorberse. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este año ha sido bastante seco, por lo que el caudal del río no ha ejercido una alteración notable en la reposición y composición de los sedimentos.

### 3.2 ANÁLISIS DE LA MACROFAUNA BENTÓNICA

#### 3.2.1 Riqueza específica.

La riqueza específica hace referencia al número de especies encontradas, siendo en total 104 especies diferentes las observadas entre las dos campañas: 43 de poliquetos, 30 de crustáceos (nos centramos en especies del subgrupo malacostraca únicamente), 24 de bivalvos, 4 de equinodermos y 3 de gasterópodos. Se encontraron otras especies que no estaban incluidas en estos grupos principales y que no se pudieron identificar. Principalmente fueron crustáceos no malacostracos y anélidos no poliquetos. No se contaron en la riqueza, aunque sí en la densidad.

En la campaña MACRO 1 se contaron 94 especies, de las que 39 fueron poliquetos, 27 crustáceos, 20 bivalvos, 4 equinodermos, 3 gasterópodos. No se observaron diferencias notables en la riqueza específica encontrada a cada profundidad entre las dos estaciones. Además, todos los grupos, en general, aumentaron progresivamente el número de especies hasta el máximo de los 4 m de profundidad (Fig. 3.3), aunque el más pronunciado fue el descrito por los poliquetos. El grupo taxonómico más abundante a bajas profundidades (B0,5, B1, D0,5, D1) fue el de los crustáceos y en el resto de profundidades, lo fue el de los poliquetos. Los gasterópodos, muy escasos, solo se observaron a la máxima profundidad (1 especie en B4 y 2 en D4) y los equinodermos, algo más distribuidos, se observaron desde las profundidades intermedias hasta las máximas, salvo en D2. La mayor cantidad de especies de bivalvos se observó en D4 con 12 especies, el máximo de crustáceos se encontraron tanto en B4 como en D4 con 14 especies cada una y el valor más alto para los poliquetos se encontró en B4 con 29 especies.

En la campaña MACRO 2 se contabilizaron 65 especies, de las que 28 fueron poliquetos, 21 crustáceos, 14 bivalvos, 1 equinodermo y 1 gasterópodo. En esta campaña sí se observaron diferencias considerables entre la riqueza de la estación B y D: en la primera se observó mayor riqueza que en la segunda y por otro lado, la tendencia de aumento progresiva observada en la estación B estuvo menos definida que en la segunda (Fig. 3.4). Cabe destacar que el aumento de especies de cada grupo taxonómico en la estación B fue menos claro que el de la D. El número de especies de poliquetos encontrados en cada punto de la estación B, fue muy superior al número encontrado en los puntos de D: en la Fig. 3.4 se aprecia que la diferencia entre B3 y D3 es de 7 especies y de 8 especies entre B4 y D4. En esta campaña, igualmente fueron los crustáceos los que mostraron mayor número de especies a bajas profundidades (B0,5, B1, D1 y D2 con 4 especies y D0,5 con 2), mientras que los poliquetos fueron el grupo con más especies en el resto de profundidades. El grupo de los gasterópodos está presente únicamente en D4 con 1 sola especie, al igual que los equinodermos en B2, B3 y D4. Se aprecia claramente que en este muestreo el número de especies es, por lo general, más bajo que en el muestreo de MACRO 1 (Fig. 3.3) y además, en la estación B, este aumento no fue tan progresivo (Fig. 3.4) como el de la primera campaña.

Los resultados obtenidos confirmaron la existencia de un aumento de la riqueza específica con la profundidad en las dos campañas realizadas. En líneas generales, esta riqueza fue superior en la primera campaña que en la segunda, pudiendo deberse al condicionante térmico del agua, el cual regula muchos ciclos biológicos (McLachlan y Brown, 2006; Martí



### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*et al.*, 2007), y no a los aportes nutricionales, ya que éstos fueron menores en MACRO 1 que en MACRO 2. Los puntos de muestreo a bajas profundidades corresponden a zonas bastante expuestas al oleaje y tamaño de grano grande, y por ello, éstas son zonas donde las condiciones físicas (hidrodinamismo) son las que controlan la macrofauna (Rodil y Lastra, 2004; Lastra *et al.*, 2006; McLachlan y Brown, 2006). Estas exigencias causaron que hubiera menor riqueza específica en las zonas con mayor oleaje y fueran las especies del grupo de crustáceos las que dominaron. Sin embargo, las especies de poliquetos dominaron donde el sedimento fue más fino, hubo estabilidad hidrodinámica y mayor disponibilidad de alimento y estas características se encontraron en las zonas un poco más profundas (3 y 4 m). Aquí son, por lo general, los factores biológicos como las interacciones entre la comunidad (competencias, depredación, etc.), lo que condiciona la presencia de determinadas especies más que las condiciones físicas (Rodil *et al.*, 2007).

#### Riqueza específica de MACRO 1

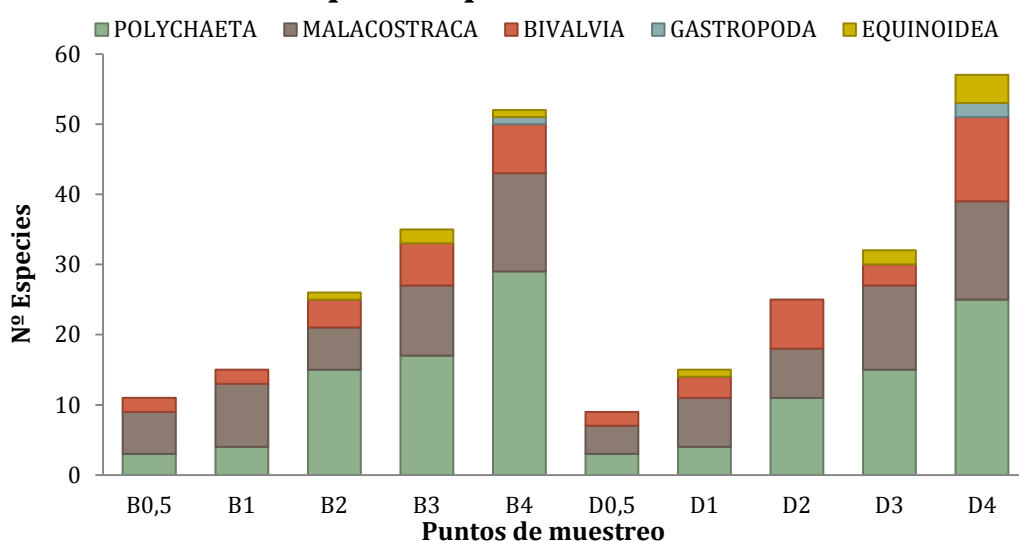


Fig. 3.3 Nº de especies de cada grupo taxonómico encontradas a cada profundidad en MACRO 1.

#### Riqueza específica de MACRO 2

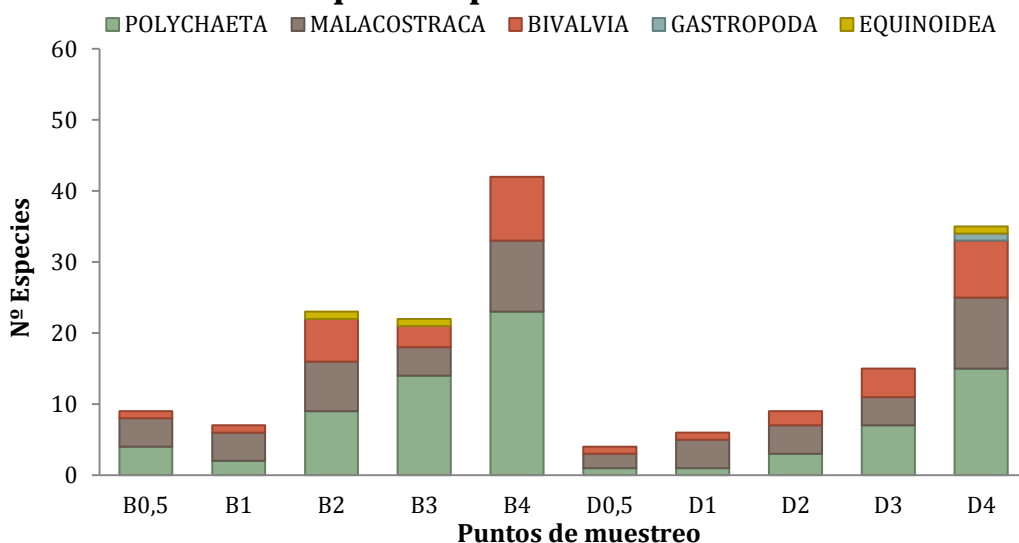


Fig. 3.4 Nº de especies de cada grupo taxonómico encontradas a cada profundidad en MACRO 2.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.2.2 Diversidad y equitabilidad.

La diversidad y equitabilidad se recogen en la Tabla 3.5. Se calculó tanto para cada estación de muestreo como para el total de cada campaña. La diversidad mostró una pauta clara de aumento con la profundidad, salvo algunos puntos como los de 3 m de MACRO 1 (B3 y D3). En MACRO 1, se obtuvo mayor diversidad en la estación D, mientras que en MACRO 2 lo fue en la B. En cuanto a la equitabilidad, ésta no mostró una tendencia clara en ninguna estación, aunque sí se observó que los valores más altos se obtuvieron en MACRO 2 y, comparando sus 2 estaciones de muestreo, los valores de la estación D fueron los mayores. En líneas generales, se observó que tanto la diversidad como la equitabilidad global entre ambas campañas, fueron mayores en la segunda.

**Tabla 3.5** Diversidad (H') y equitabilidad (J) para cada campaña de muestreo y estación.

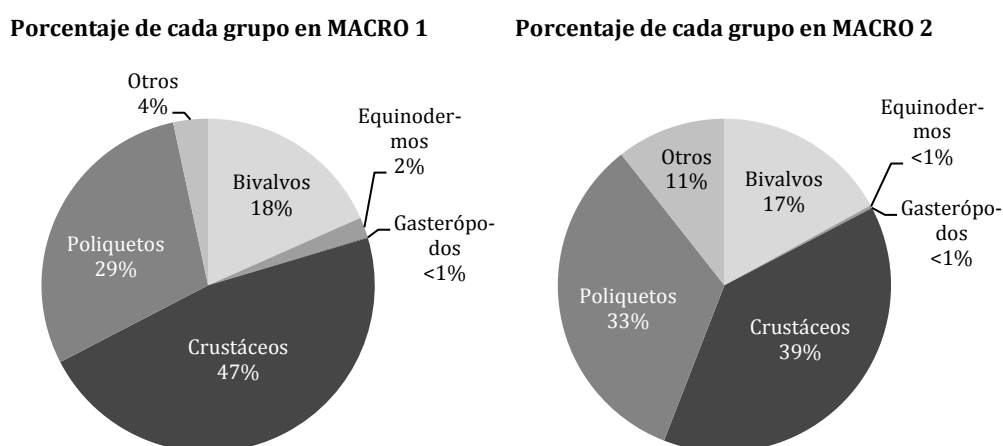
PUNTO	MACRO 1		MACRO 2	
	H'	J	H'	J
B0,5	0,939	0,392	1,766	0,767
B1	2,255	0,813	1,768	0,908
B2	2,420	0,734	2,251	0,708
B3	1,630	0,455	2,259	0,721
B4	2,843	0,716	3,007	0,800
<b>Estación B</b>	<b>3,051</b>	<b>0,713</b>	<b>3,260</b>	<b>0,796</b>
D0,5	1,745	0,794	0,987	0,712
D1	2,041	0,736	1,453	0,811
D2	2,530	0,776	1,843	0,800
D3	2,108	0,603	2,239	0,808
D4	3,299	0,812	2,896	0,808
<b>Estación D</b>	<b>3,241</b>	<b>0,751</b>	<b>3,080</b>	<b>0,804</b>
<b>TOTAL CAMPAÑA</b>	<b>3,225</b>	<b>0,710</b>	<b>3,316</b>	<b>0,791</b>

La diversidad es un parámetro que se utiliza para conocer cómo de diverso o heterogéneo es el ecosistema o, en este caso, el punto muestreado. Éste siempre aumentó con la profundidad, salvo en B3 y D3 de MACRO 1, que disminuyó. Este parámetro utilizado depende de la riqueza específica y la equitabilidad, por lo que su interpretación es bastante compleja (Rodríguez, 1999). Es por ello que, una diversidad alta puede ser debida a: 1) que existan pocas especies pero el número de ejemplares encontrados estén bien repartidos entre ellas, como puede suceder en MACRO 2 o bien, 2) ser alta porque el número de especies diferentes encontradas es muy alto aunque el reparto del número de ejemplares entre éstas sea desigual, como pudo ocurrir en MACRO 1. El parámetro de equitabilidad muestra cómo de repartidos están los ejemplares entre las especies encontradas (Rodríguez, 1999). Este valor tiende a disminuir cuando la distribución es menos equitativa, y por lo general, MACRO 1 obtuvo los valores más bajos, hecho que justifica que la distribución de las abundancias entre especies fuera más desigual que en MACRO 2.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.2.3 Densidad.

La densidad promedio (obtenida a partir de las 3 dragas) de cada especie a cada profundidad, tanto para la campaña MACRO 1 como para la MACRO 2, se recoge en el ANEXO B (Tabla B.1 y Tabla B.2, respectivamente). En la Fig. 3.5 se recogió las densidades proporcionales de individuos pertenecientes a cada uno de los grupos principales de macrofauna, donde se apreció la existencia de una variación entre las dos campañas, sobre todo entre los crustáceos y poliquetos.



**Fig. 3.5** Porcentajes de densidad de la macrofauna total en cada campaña.

Además, en la Fig. 3.6, se recogió la densidad total encontrada a cada profundidad, donde se pudo observar que, en líneas generales, existió una tendencia de aumento con la profundidad, como también se reflejó en la Tabla 3.6.

En primer lugar, se observó que el valor promedio de la primera campaña duplicó al valor promedio de la segunda. En B0,5 el grupo que más contribuyó a la densidad fue el de los bivalvos para MACRO 1 (763 ind/m<sup>2</sup>) y poliquetos para MACRO 2 (85 ind/m<sup>2</sup>); en B1, los crustáceos dominaron en ambas campañas (401 ind/m<sup>2</sup> y 73 ind/m<sup>2</sup> respectivamente), al igual que en B2 (559 ind/m<sup>2</sup> en MACRO 1 y 441 ind/m<sup>2</sup> en MACRO 2) y B3 (1994 ind/m<sup>2</sup> en MACRO 1 y 718 ind/m<sup>2</sup> en MACRO 2). Por último, en B4 fueron los poliquetos los que más abundaron en ambas campañas con 2085 ind/m<sup>2</sup> en MACRO 1 y 1164 ind/m<sup>2</sup> en MACRO 2.

En cuanto a la estación de muestreo D, se obtuvo que a 0,5 m el grupo que dominó fue el de bivalvos en MACRO 1 (339 ind/m<sup>2</sup>) y poliquetos en MACRO 2 (56 ind/m<sup>2</sup>). En D1 continuaron los bivalvos en MACRO 1 (960 ind/m<sup>2</sup>), pero fueron los crustáceos en MACRO 2 los que más abundaron (80 ind/m<sup>2</sup>). En D2 hubo unas densidades muy similares entre crustáceos y bivalvos en MACRO 1 (Tabla 3.6), mientras que fueron únicamente los crustáceos (175 ind/m<sup>2</sup>) los que dominaron en MACRO 2. En D3 destacaron los crustáceos (1192 ind/m<sup>2</sup>) en la primera campaña mientras que fueron los poliquetos (226 ind/m<sup>2</sup>) en la segunda. Por último, en D4 fueron los poliquetos (1141 ind/m<sup>2</sup>) los más numerosos en MACRO 1 y los crustáceos (661 ind/m<sup>2</sup>) en MACRO 2.

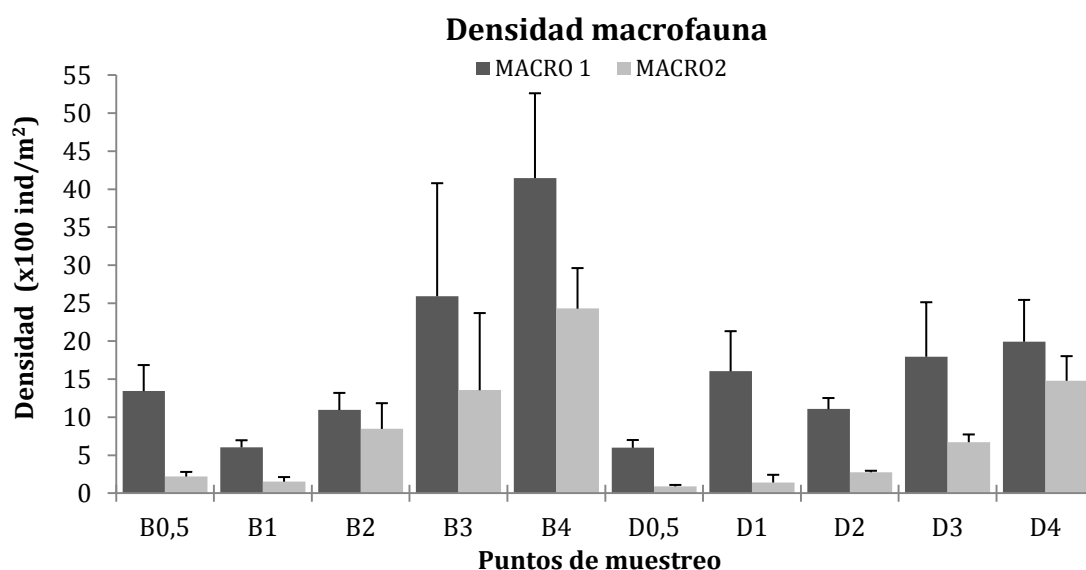


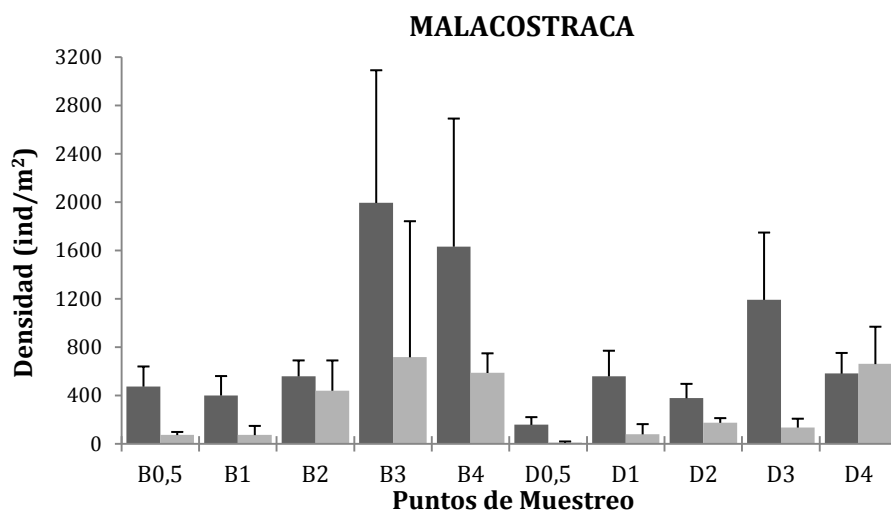
Fig. 3.6 Distribución de la densidad total de la macrofauna en cada punto de muestreo.

Tabla 3.6 Densidades y distribución de la macrofauna en MACRO 1 y MACRO 2.

MACRO 1	B0,5	B1	B2	B3	B4	D0,5	D1	D2	D3	D4
Malacostraca	475	401	559	1994	1633	158	559	379	1192	582
Polychaeta	107	96	362	333	2085	102	45	226	441	1141
Bivalvos	763	85	73	45	266	339	960	362	34	175
Gastropoda	0	0	0	0	6	0	0	0	0	11
Echinoidea	0	0	23	119	79	0	6	0	68	34
Otros	0	23	79	102	79	0	34	141	62	51
<b>Total</b>	<b>1345</b>	<b>605</b>	<b>1096</b>	<b>2593</b>	<b>4147</b>	<b>599</b>	<b>1605</b>	<b>1107</b>	<b>1797</b>	<b>1994</b>
MACRO 2	B0,5	B1	B2	B3	B4	D0,5	D1	D2	D3	D4
Malacostraca	74	73	441	718	588	11	80	175	136	661
Polychaeta	85	45	153	322	1164	56	17	56	226	441
Bivalvos	51	34	220	90	480	23	45	28	164	169
Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Echinoidea	0	0	6	6	0	0	0	0	0	6
Otros	6	0	28	220	198	0	0	17	147	198
<b>Total</b>	<b>216</b>	<b>153</b>	<b>847</b>	<b>1356</b>	<b>2429</b>	<b>90</b>	<b>142</b>	<b>277</b>	<b>672</b>	<b>1480</b>

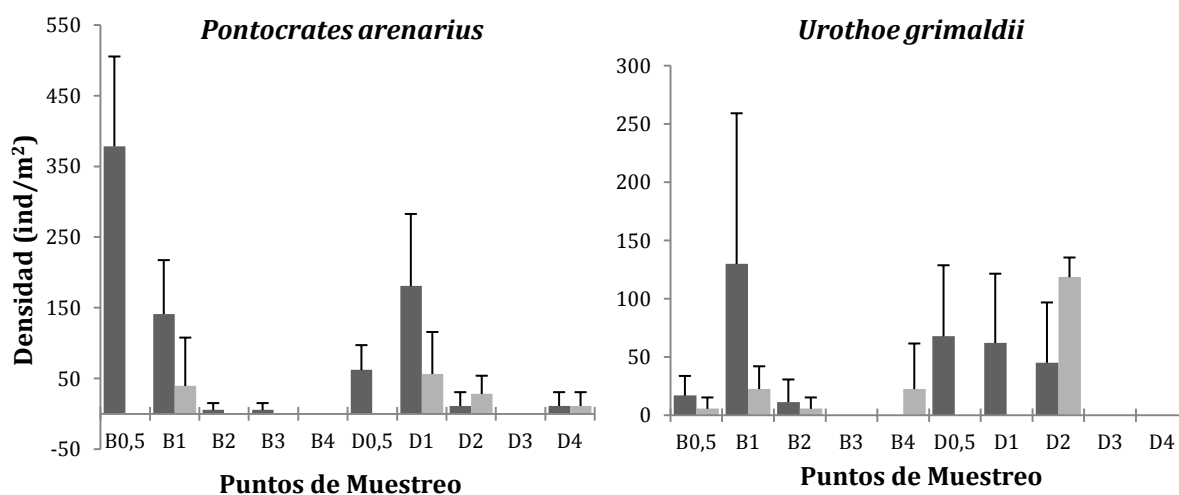
A continuación se muestran una serie de gráficas que presentan las distintas densidades de los principales grupos taxonómicos y, además, algunas de sus especies. Las densidades representadas se exponen con barras de color oscuro para la campaña MACRO 1 y con barras de color gris claro para MACRO 2.

Los crustáceos constituyeron uno de los grupos más abundantes como así demuestra la Fig. 3.5. Por otro lado, en la Fig. 3.7 se recogió la variación de la densidad de éstos para cada punto muestreado, observándose mayores densidades a 3-4 m que a profundidades menores y una marcada diferencia entre las campañas del periodo seco (MACRO 1) y del húmedo (MACRO 2).

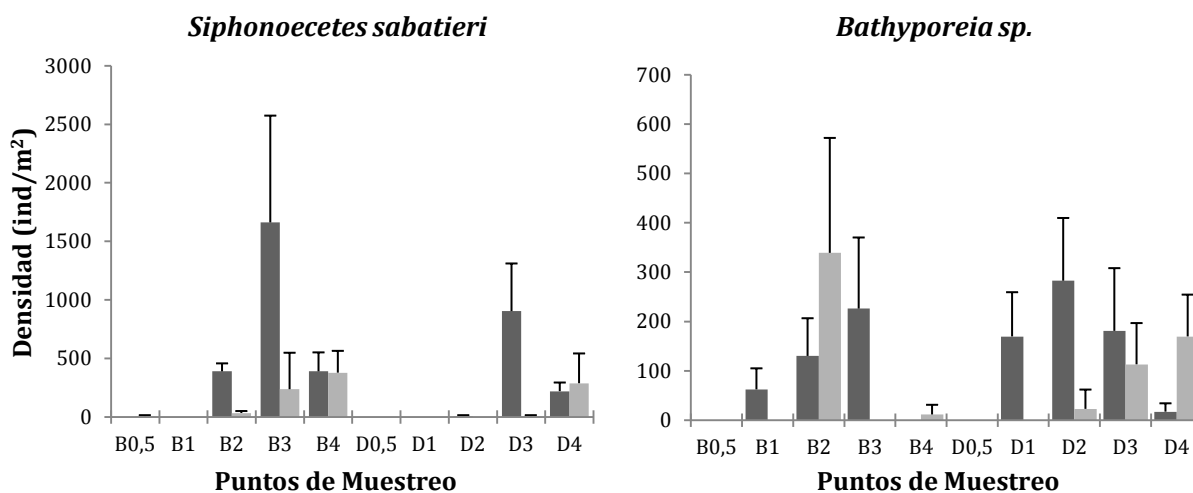


**Fig. 3.7** Distribución de las densidades totales para el grupo de crustáceos.

Entre las especies más abundantes de crustáceos destacan *Pontocrates arenarius* y *Urothoe grimaldii* a profundidades intermedias-bajas (Fig. 3.8) y, *Siphonocetes sabatieri* y *Bathyporeia sp.* a profundidades intermedias-altas (Fig. 3.9).



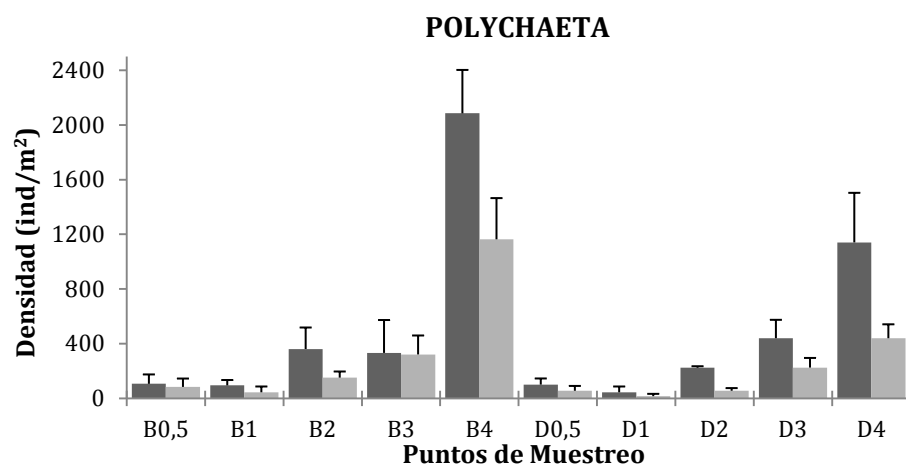
**Fig. 3.8** Distribución de las densidades de *Pontocrates arenarius* y *Urothoe Grimaldii*.



**Fig. 3.9** Distribución de las densidades de *Siphonocetes sabatieri* y *Bathyporeia sp.*

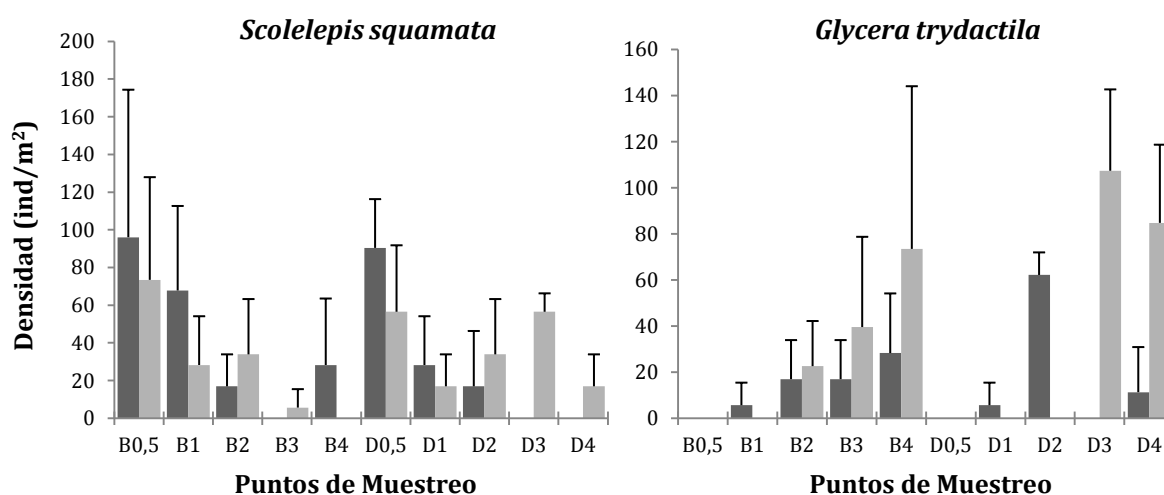
### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El siguiente grupo en abundancia fue el de los poliquetos, tal y como muestra la Fig. 3.5. En la Fig. 3.10 se recopiló la variación total de este grupo entre las dos campañas, observándose aquí un aumento progresivo con la profundidad, al igual que una notable diferencia entre los dos periodos de muestreo.



**Fig. 3.10** Distribución de las densidades totales para el grupo de poliquetos.

Dentro de este grupo, las especies que más contribuyeron a esta elevada densidad fueron *Scolecipis squamata* (Fig. 3.11), como principal poliqueto a bajas profundidades y *Magelona johnstoni*, *Magelona mirabilis*, *Prionospio pygmaea*, *Orbinia sp.* y *Glycera trydactila* como especies más abundantes en los puntos más profundos (ANEXO B). Las densidades de éstas variaron según la campaña de muestreo, ya que *Glycera trydactila* (Fig. 3.11) fue la especie más abundante en MACRO 2, mientras que *Magelona johnstoni* y *Magelona mirabilis* lo fueron en MACRO 1 (Fig. 3.12).



**Fig. 3.11** Distribución de las densidades de *Scolecipis squamata* y *Glycera trydactila*.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

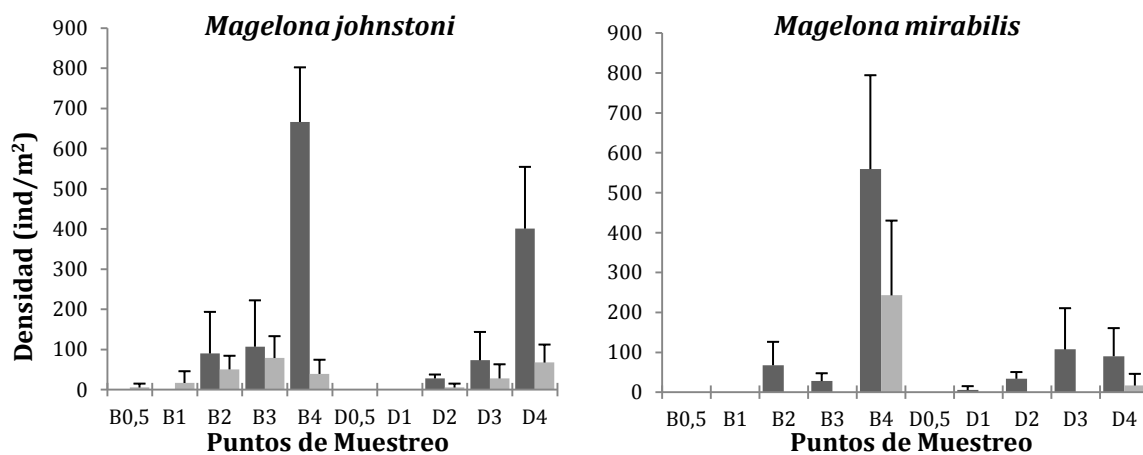


Fig. 3.12 Distribución de las densidades de *Magelona johnstoni* y *Magelona mirabilis*

El tercer grupo más abundante fue el de los bivalvos. A diferencia de los dos grupos anteriores, este grupo se observó principalmente a bajas profundidades tal y como se observa en la Fig. 3.13, aunque el comportamiento varió entre las 2 campañas, ya que en MACRO 1 la abundancia disminuyó con la profundidad y ésta aumento, sin embargo, en MACRO 2 con la profundidad.

#### BIVALVIA

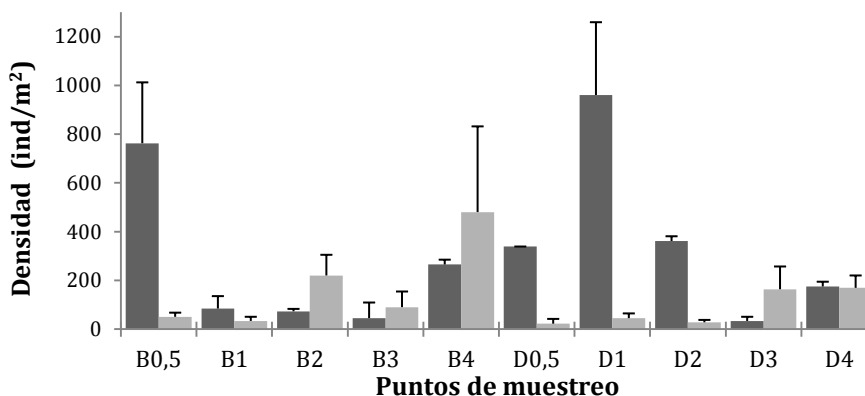


Fig. 3.13 Distribución de las densidades totales para el grupo de bivalvos.

Entre las especies más abundantes en este grupo se encontraron *Donacilla sp.* (destacada en MACRO 1) y *Donax trunculus* (Fig. 3.14) a bajas profundidades y, *Donax semistriatus* y *Macra stultorum* (principales contribuyentes a la densidad de MACRO 2) a mayores profundidades (Fig. 3.15).

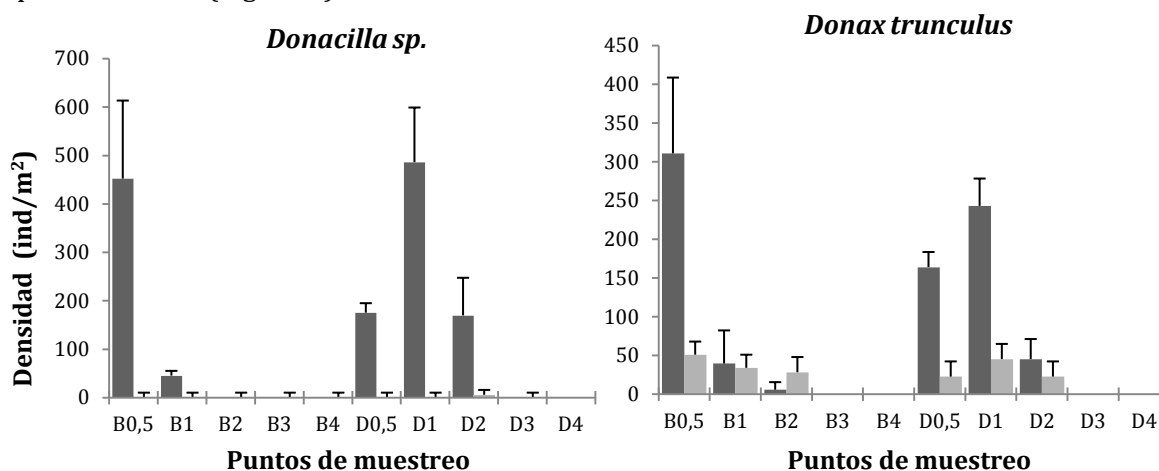
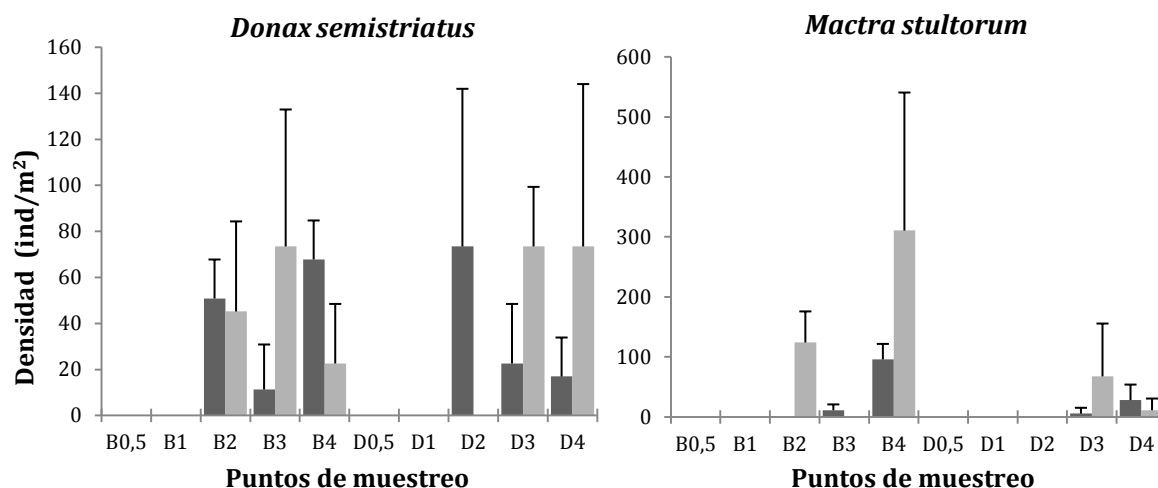


Fig. 3.14 Distribución de las densidades de *Donacilla sp.* y *Donax trunculus*.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Fig. 3.15** Distribución de las densidades de *Donax semistriatus* y *Mactra stultorum*.

El resto de los grupos (equinodermos, gasterópodos y otros) representaron un porcentaje relativo muy inferior (Fig. 3.5).

Los crustáceos, poliquetos y bivalvos fueron los tres grupos taxonómicos más abundantes (Fig. 3.5), tal y como algunos autores también han observado cuando estudiaron playas arenosas de similares características (McLachlan y Brown, 2006; Rodil *et al.*, 2006; Escrivá, 2013). Además, sus densidades, por lo general, tendieron a aumentar con la profundidad en las dos campañas. Los crustáceos fueron el grupo más abundante (Fig. 3.5) y algunas de sus especies como *Bathyporeia sp.*, *Perioculodes longimanus* y *Aapseudes latreillii* (para éste último no está del todo claro) pueden ser consideradas como indicadoras de vertidos de aguas residuales; o *Ampelisca sp.* por su adaptación al estrés ambiental (Lourido *et al.*, 2008; de la Ossa, 2011). *Siphonoecetes sabatieri* (Fig. 3.9) fue el crustáceo más abundante en ambas campañas. Además, éste tiene alta valencia ecológica (amplio intervalo de tolerancia a diferentes factores ambientales que pueden actuar como factores ambientales), dado que su abundancia no se vincula directamente a vertidos de aguas residuales, sino a la interacción con otras especies o a la naturaleza del sedimento (de la Ossa *et al.*, 2012). Por otro lado, el crustáceo *Aapseudes latreillii*, que es abundante en arenas finas, mostró en B4 de MACRO 1 una concentración destacada del resto (Anexo B, Tabla B.1). Éste constituye, además, un alimento importante para otros animales bentónicos de valor económico como son los peces demersales (de la Ossa *et al.*, 2010). Por último, señalar que *Portumnus latipes* es depredador del bivalvo *Donax trunculus*, de ahí que su presencia coincida con la del bivalvo a bajas profundidades (Salas *et al.*, 2001).

Los poliquetos fueron también bastante abundantes, sobre todo el género *Magelona* (Fig. 3.12) en la primera campaña, localizándose en profundidades donde se presentan sustratos finos (Fiege *et al.*, 2000). Los poliquetos, en general, están ampliamente distribuidos y por ello, algunos autores los han empleado para medir la sensibilidad a las alteraciones de sustratos arenosos (del Pilar-Ruso *et al.*, 2011). *Scolelepis squamata* (Fig. 3.11) es un espiónido detritívoro característico de zonas expuestas y por ello, abunda a bajas profundidades donde el oleaje es mayor (Souza y Borzone, 2000; Rodil *et al.*, 2006). Se debe destacar además, que se detectó la presencia de especies como *Cirratulus cirratus* o *Notomastus latericeus* (Anexo B), las cuales son bastante tolerantes al enriquecimiento



## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

de materia orgánica y suelen considerarse como indicadoras de contaminación orgánica (Grall y Glémarec, 1997; Borja *et al.*, 2000).

Los bivalvos han sido ampliamente estudiados por diversas causas: las tellinas *Donax trunculus* y *Donax semistriatus*, y la chirla *Chamelea gallina*, son especies de interés económico (Ramón y Richardson, 1992; Ramón *et al.*, 1995) mientras que otras, son indicadores de calidad ambiental, como *Abra alba* (Grall y Glémarec, 1997), las cuales no soportan sedimentos gruesos o bien, *Spisula subtruncata* (de la Ossa, 2011), que es sensible a vertidos de aguas residuales. El género *Donacidae* es capaz de soportar altos niveles de energía y, por ello, se localiza a baja profundidad (Ramón *et al.*, 1995), aunque existe una pequeña diferencia de distribución entre *D. semistriatus* y *D. trunculus*, ya que la primera se localiza a una profundidad en torno a los 2-3 m y la segunda, a menor (Martí *et al.*, 2007).

En líneas generales, se confirmó que hubo una mayor densidad de individuos totales (Fig. 3.6) en la campaña estival (MACRO 1) que en la invernal (MACRO 2), a pesar de que los mayores aportes fueron en la segunda (Tabla 3.2). Esta fluctuación temporal pudo deberse a factores como la susceptibilidad de las especies a cambios ambientales (Defeo y McLachlan, 2005) o a las variaciones propias en los ciclos biológicos de cada especie (variación de los ciclos de reclutamiento, aumento de la mortalidad, etc.), las cuales pueden ser controlados por la temperatura (Lastra *et al.*, 2006; Martí *et al.*, 2007). Estos factores causan cambios en la estructura de la comunidad bentónica (McLachlan y Brown, 2006; Martí *et al.*, 2007) difíciles de analizar (Ortega-Cisneros *et al.*, 2011).

Además, cambios en la cantidad de aportes alteran la estructura de la comunidad (Salen-Picard y Arlhac, 2002). En la segunda campaña, los aportes de material orgánico particulado y nutrientes disueltos pudo causar que, en la comunidad, pasaran a dominar aquellas especies cuya biología, junto a unas determinadas condiciones físico-químicas y granulométricas, les permitiese sacar mejor partido a estos aportes (Lastra *et al.*, 2006). Estas especies suelen ser oportunistas y pueden pertenecer a las familias Onuphidae o Lumbrineridae (Martí *et al.*, 2007). Las densidades obtenidas de los lumbrinéridos, mostraron que fueron más abundantes en MACRO 2 que en MACRO 1, mientras que los onúfididos lo fueron más en MACRO 1 que en MACRO 2 (ANEXO B). Es por ello que, la fluctuación en la distribución macrobentónica, no puede explicarse únicamente con el análisis de variables ambientales, sino también con los factores biológicos, los cuales pueden tener un papel fundamental.

### 3.2.4 Determinación del índice MEDOCC y discusión general para la macrofauna.

La utilización de índices bióticos para realizar el seguimiento de la calidad ambiental se ha incrementado de forma notable a partir de las exigencias de la Directiva Marco del Agua. El AMBI (Borja *et al.*, 2000) es un índice que se desarrolló en España para evaluar el estado ecológico de las comunidades bentónicas a nivel europeo (de la Ossa, 2011). El MEDOCC (índice del MEDiterráneo OCCidental) fue desarrollado, posteriormente, por Pinedo y Jordana (2007) y adaptado para el Mediterráneo, dado que el AMBI no daba resultados satisfactorios en esta zona.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ANEXO C se recoge un listado de todas las especies encontradas en ambas campañas y el grupo ecológico al cual pertenecen. A partir de esta clasificación se calculó el índice siguiendo la metodología descrita en el apartado 2.4 de este trabajo. Se obtuvo que en todos los puntos muestreados (Tabla 3.7), el estado ecológico fue muy bueno ( $0,0 < \text{MEDOCC} < 1,6$ ), salvo en el punto B4 de la segunda campaña que disminuyó a un estado ecológico bueno ( $1,6 < \text{MEDOCC} < 3,2$ ).

Un estado ecológico muy bueno indica que más del 40% de especies encontradas son sensibles al enriquecimiento orgánico (pertenecen al G1), mientras que un estado ecológico bueno conlleva que entre un 20-50% son especies tolerantes (englobadas en G3) (Ballesteros, 2007). En este caso, en el punto B4 de MACRO 2 se observó que el 21,1% del total de especies se encuadraron dentro de G3, de ahí que el estado ecológico disminuyera. En cambio, puntos como B4 de MACRO 1 o D0,5 de MACRO 2, con valores MEDOCC cercanos al límite establecido entre un estado ecológico muy bueno y bueno (1,6), no se debió a que el porcentaje de especies pertenecientes al G3 fuera alto, sino que aquellas clasificadas en el G2 lo fue más (47% en B4 y 75% en D0,5).

**Tabla 3.7** Valores del MEDOCC y estado ecológico equivalente para todos los puntos muestreados.

MEDOCC	B0,5	B1	B2	B3	B4	D0,5	D1	D2	D3	D4
<b>MACRO 1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,2</b>	<b>1,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>
ESTADO ECOLÓGICO	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
<b>MACRO 2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>
ESTADO ECOLÓGICO	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno

Es importante tener en cuenta que aunque la macrofauna bentónica constituya un buen indicador en la identificación de un impacto por ser organismos sésiles (Borja *et al.*, 2000; de la Ossa *et al.*, 2010), de la Ossa (2011) afirma que es necesario conocer sus limitaciones, como el grado de tolerancia y adaptación a la alteración sometida, o las fluctuaciones estacionales debidas a parámetros biológicos (Martí *et al.*, 2007). Esto conlleva que, evaluar el estado ecológico resumiéndolo en un único valor numérico, se deba interpretar con precaución, ya que sesga información adicional importante (de la Ossa, 2011). Parte de esta información complementaria se recoge en los parámetros de riqueza específica (apartado 3.2.1), diversidad y equitabilidad (apartado 3.2.2) y densidad de especies (apartado 3.2.3). Estos análisis sirvieron como complemento del estudio del estado ecológico.

Además, que una muestra tenga un peor estado ecológico (B4 de MACRO 2) que el resto de las muestras, no tiene porqué presentar valores bajos de diversidad, equitabilidad, riqueza y densidad, ya que en este estudio se observó que en dicho punto se tuvo el valor más alto de riqueza específica (Fig. 3.4), el mayor valor de diversidad, una equitabilidad también alta (Tabla 3.5) y la densidad más alta (Tabla 3.6), siempre refiriéndose a su campaña.

Por ello, el análisis de estos parámetros sirvió para evaluar cómo evolucionó la macrofauna entre los dos periodos de muestreos realizados. Todos ellos variaron en

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

menor o mayor grado, al igual que los parámetros físico-químicos y nutricionales del agua, por lo que se precisa de un análisis estadístico con el que determinar si existieron relaciones significativas.

En líneas generales, se observó que la macrofauna siguió pautas similares en ambas campañas, aunque por otro lado, también se apreció diferencias en la magnitud de los valores entre ambas campañas. Dicho en otras palabras, por una parte, la pauta global de los parámetros (riqueza, diversidad y abundancia) fue de un aumento con la profundidad, y por otra parte, se advirtió que dichos parámetros fueron por lo general, de menor dimensión en MACRO 2 que en MACRO 1, salvo la diversidad, que fue mayor en la segunda campaña que en la primera. Esto pudo deberse a que la abundancia de individuos se repartió más equitativamente entre las especies de MACRO 2, que de MACRO 1. El hecho de que tanto el número de especies como las abundancias disminuyeran en el periodo en el que existieron mayores aportes nutricionales (MACRO 2), puede deberse a que el factor condicionante en el crecimiento poblacional guarde mayor relación con la temperatura del agua, como bien aclara Martí *et al.* (2007) cuando explicó las fluctuaciones temporales en bivalvos y poliquetos entre la época cálida y fría. Aunque los cambios a consecuencia de la temperatura fueron determinantes en la comparación entre las 2 campañas, sí que se pudo observar dentro de MACRO 2, la influencia de los aportes, ya que la riqueza específica, la diversidad y la abundancia tuvieron mayores valores en la estación más próxima a las entradas continentales (estación B) que en la más lejana (estación D), de acuerdo a la teoría postulada por Defeo y McLachlan (2005), que sostienen que las comunidades bajo la influencia de aportes continentales, por lo general, tienen riquezas, densidades y diversidad mayores.

Por tanto, tal y como se ha visto, todos estos análisis (incluido el índice del estado ecológico) realizados a la comunidad de la macrofauna bentónica, deben complementarse entre ellos y no sustituirse por ninguno de los demás a la hora de proponer o mejorar la gestión ambiental de la zona, ya que, mientras que el MEDOCC estudia cómo de sensible es la comunidad a la contaminación orgánica, los otros parámetros muestran cómo evoluciona la estructura y distribución de la comunidad.

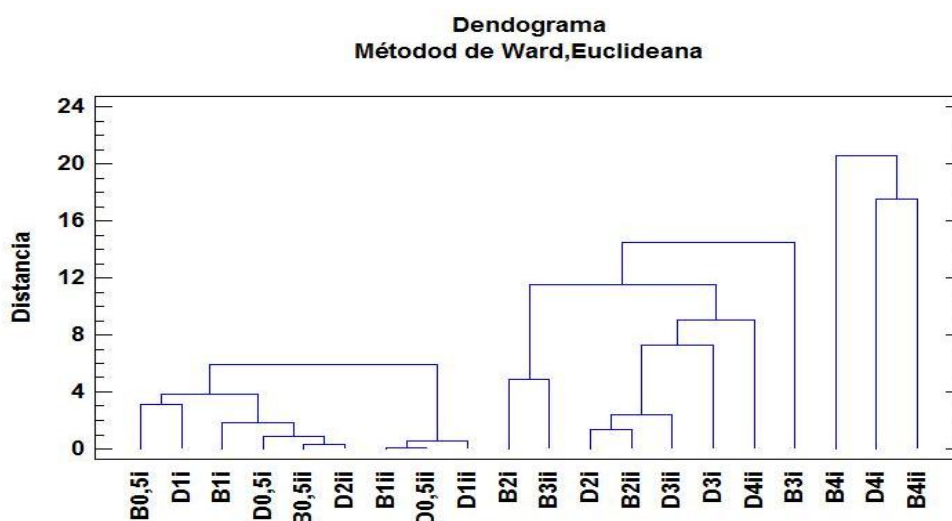
### 3.3 ANALISIS ESTADÍSTICO

Dado el alto número de variables obtenidas (104 especies, 25 variables del agua y 12 del sedimento) en relación a los pocos puntos muestreados, fue necesario reducir el número de variables a analizar. Por ello, en cuanto a las variables del agua, ni se utilizó el NID por su fuerte correlación con el nitrato ni aquellos pigmentos que mostraron menores concentraciones (peridinina, neoxantina, prasinoxantina, violoxantina, 19'butanoyloxyfucoxantina, 19'hexanoyloxyfucoxantina, diadinoxantina, aloxantina, luteína y zeaxantina). Además, para reducir el número de variables analizadas en el sedimento, se optó por utilizar únicamente el tamaño medio de partícula, el cual resume la información granulométrica. También se empleó el porcentaje de materia orgánica. Con esto se logró una reducción notable de variables a analizar, pasando de 37 (las de agua y sedimento) a 16.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de reducir el número de variables correspondientes a especies, primero se eliminaron las menos frecuentes, consideradas como tales a aquellas que no alcanzaron el 5% de aparición en el total de las muestras analizadas (60), lo que correspondió a unas 38 especies (ver ANEXO D.2). Posteriormente, se desarrolló un análisis de correlaciones entre especies, para destacar aquellas que mostraron una fuerte correlación significativa entre ellas. De estas se escogieron las que tenían correlaciones superiores a un 0,85 para despreciar la menos abundante de la correlación (ver ANEXO D.1 y D.2). De esta manera se redujo aún más el volumen de variables a tratar, ya que fueron 16 las especies así despreciadas. Con estos procedimientos, se logró reducir a 51 (aproximadamente un 50% menos) el número de variables correspondientes a especies, las cuales se recogieron en el ANEXO D.2 (especies subrayadas).

Tras esta reducción de variables, se llevó a cabo un análisis de conglomerados o cluster con la comunidad bentónica. Con él se quiso observar qué puntos guardaron mayor similitud en función de la distribución de la macrofauna (Fig. 3.16). Los 20 puntos de muestreo se agruparon en 3 conglomerados diferentes (tomando una distancia de 21): el primero (de izquierda a derecha) estuvo formado por aquellos puntos de menor profundidad de ambas campañas (0,5 y 1 m, salvo el punto D2 de MACRO 2); un segundo grupo se formó con las muestras de profundidades intermedias de ambas campañas (2 y 3 m, salvo D4 de MACRO 2) y un tercero, formado por los puntos de máxima profundidad de ambas campañas (4 m).

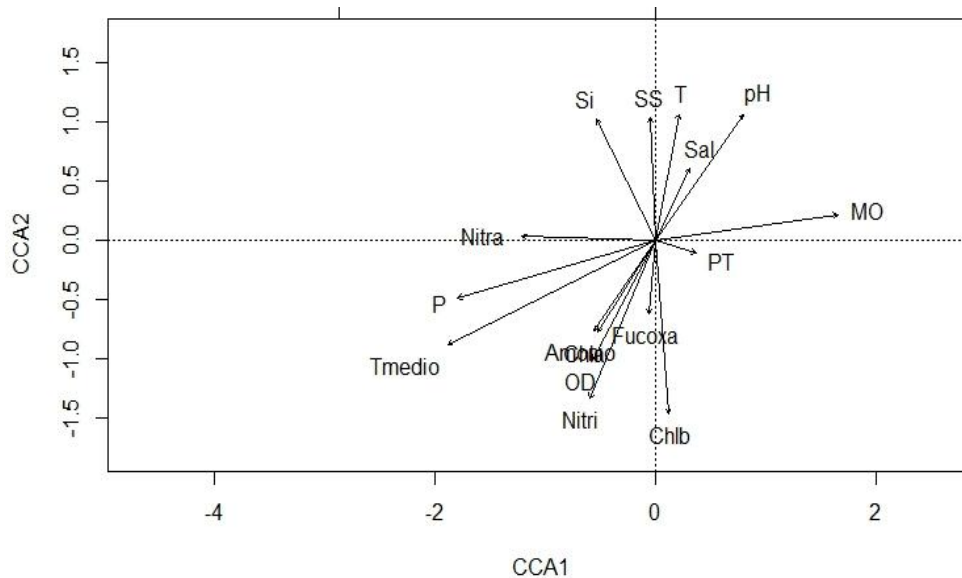


**Fig. 3.16** Dendograma resultante del análisis de conglomerados de los puntos de muestreo.  
i: MACRO 1; ii: MACRO 2.

Además, se realizó un análisis de correlaciones canónicas (CCA), con el que observar la influencia ejercida por las variables ambientales en la distribución de la macrofauna. En la Fig. 3.17 se representaron únicamente las variables consideradas, mostrándose además el peso que tiene cada una de ellas en los ejes. En la interpretación de este análisis se debe tener en cuenta que estos dos primeros ejes recogen el 47% de la varianza de las especies frente a las variables ambientales, mientras que los tres primeros explicarían cerca del 63%.

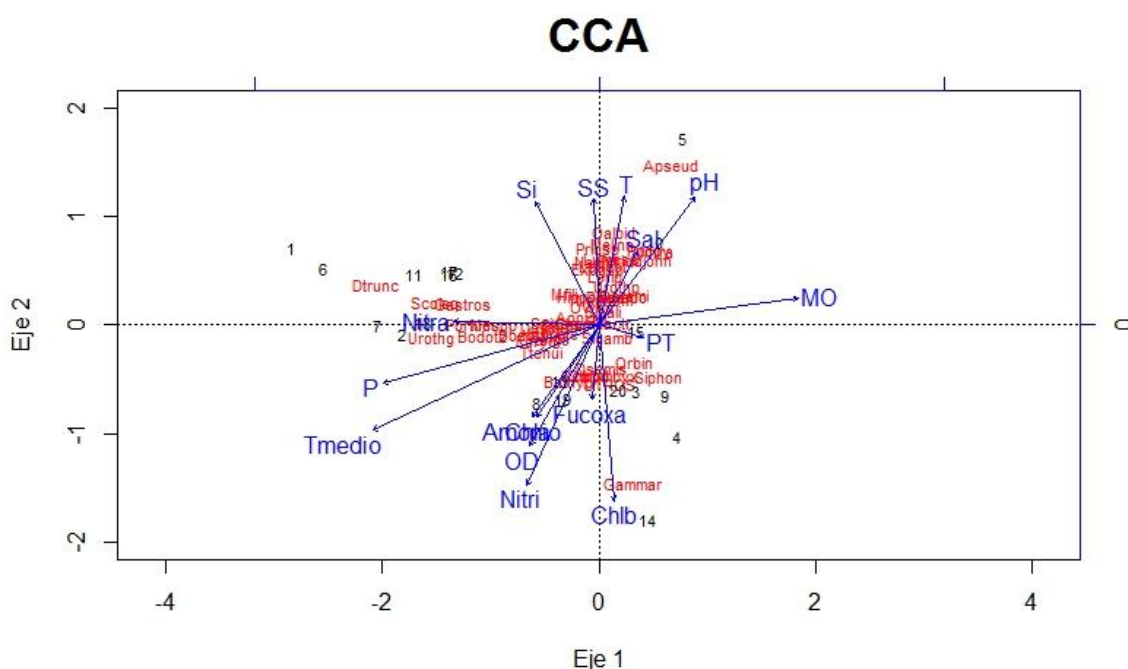
### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El eje X está explicado principalmente por la cantidad de materia orgánica (MO) positivamente y el tamaño medio del sedimento (Tmedio) y fosfatos (P), negativamente. En cambio, en el eje Y son la temperatura (T), el pH, los sólidos suspendidos (SS) y sílice (Si), los que mayor peso tienen positivamente, mientras que son la clorofila *b* (Chlb) y nitritos (Nitri) los más influyentes negativamente. Por lo tanto, es el eje X el que mejor explica el comportamiento granulométrico y el Y el vinculado a las variables físico-químicas y nutricionales del agua. Estas variables mencionadas, al ser las que más peso tienen en los ejes, son las que mayor influencia ejercen sobre la comunidad macrobentónica.

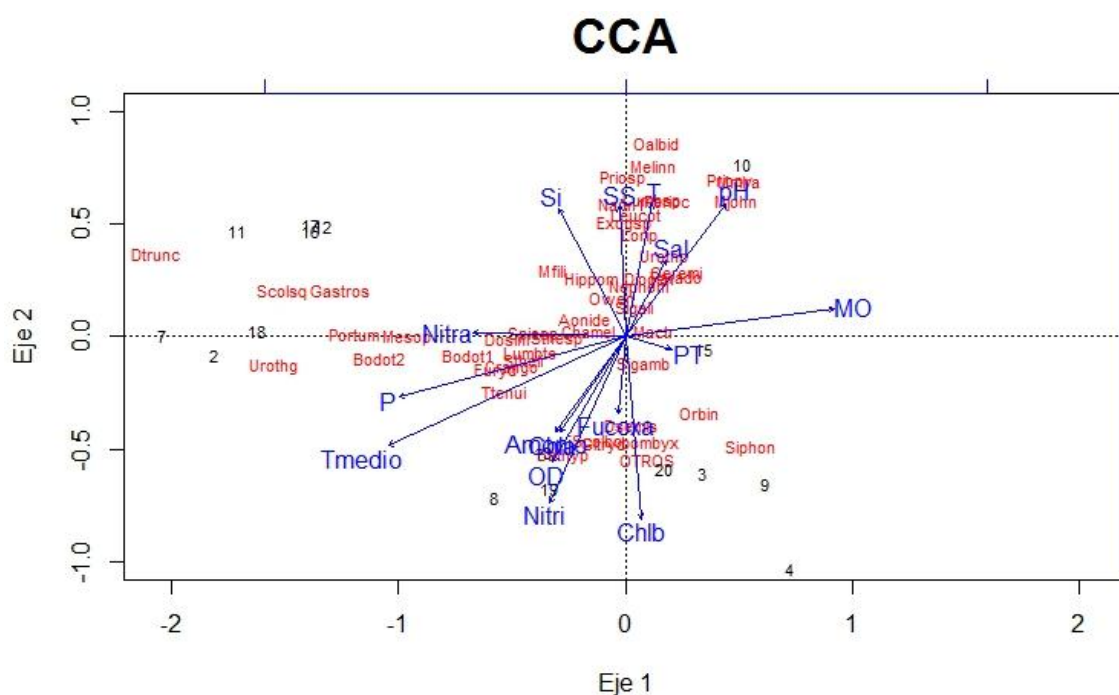


**Fig. 3.17** Representación de las variables físico-químicas en los ejes X (CCA1) y eje Y (CCA2).

Al representarse las especies junto a las variables, se generó la Fig. 3.18 y, con diferentes zooms en la zona central del gráfico, la Fig. 3.19 y 3.20. En ellas se mostró la magnitud de la influencia de estas variables en la distribución de la comunidad.



**Fig. 3.18** Análisis de CCA. Relación entre las especies y las variables físico-químicas y nutricionales.



**Fig. 3.19** Zoom del análisis de CCA.

Las variables que mayor influencia positiva generaron en especies como *Donax trunculus* (Dtrunc), *Scolecopsis squamata* (Scolsq), *Urothoe grimaldii* (Urothg), *Gastrosaccus sp.* (Gastros) y *Portumnus latipes* (Portum) fueron el tamaño medio del sedimento y fosfatos, mientras que la cantidad de MO, les afectó negativamente. Por lo que se ha podido observar en este análisis, la MO no generó una destacada influencia positiva en la distribución, estando quizá *Siphonoecetes sabatieri* (Siphon), *Magelona johnstoni* (Mjohn), *Magelona mirabilis* (Mmira) y *Prionospio pygmaea* (Priopy), ligeramente más vinculadas positivamente a esta variable que otras especies.



### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

temporales sufridos en el sedimento no fueron lo suficientemente acentuados como para cambiar las características que los mantienen dentro del mismo grupo del cluster, con la excepción de los puntos D2 y D4, los cuales se agruparon en diferentes conglomerados según la campaña de muestreo. Por ello, se pudo afirmar que ningún punto de los muestreados, con las dos excepciones mencionadas, varió significativamente sus características como para parecerse a las características de otros grupos, y por ello, la batimetría tuvo mayor influencia en la distribución.

En referencia al análisis de CCA, se ha podido comprobar, gráficamente, cómo se correlacionan tanto las diferentes variables entre sí (Fig. 3. 17) como con la comunidad macrobentónica (Fig. 3.18, 3.19 y 3.20). De esta forma se pudo hacer evidente que los resultados obtenidos en los análisis de aguas y sedimentos (apartados 3.1.2 y 3.1.3 respectivamente) influyeron en la macrofauna.

Respecto a las variables analizadas en el agua, se pudo observar cómo la temperatura se correlacionó de forma inversa al oxígeno disuelto como ya se discutió, y por otro lado, el comportamiento de los nutrientes y pigmentos, fue contrario al de las variables de salinidad y temperatura. La explicación se basa en que, en la estación seca (MACRO 1), las temperaturas son altas y el caudal del Serpis es bajo, por lo que los aportes de nutrientes también lo son y, además, la salinidad no se altera. En cambio, en la estación invernal (MACRO 2), la temperatura fue baja y las precipitaciones favorecieron que el caudal del Serpis creciera, aumentando así los aportes y generando una disminución de la salinidad del mar. Además, la concentración de los pigmentos, por lo general, fue mayor en este caso debido a que los aportes suministraron los nutrientes necesarios para el crecimiento fitoplanctónico. Por otro lado, en cuanto a las variables granulométricas, se observó que el contenido de materia orgánica se relacionó de forma inversa con el tamaño del sedimento, como ya se analizó en el apartado 3.1.3. Este hecho se puede explicar teniendo en cuenta que la materia orgánica se adsorbe mejor a sedimentos de menor tamaño (limos y arcillas) que a arenas de mayor tamaño.

En definitiva, el análisis de CCA ayudó a discriminar qué variables fueron las más influyentes en la distribución de la macrofauna bentónica de fondos blandos. El tamaño medio del sedimento y las variables físico-químicas del agua mostraron mayor influencia en la distribución de la comunidad, tal y como otros autores han observado en zonas de características similares (Defeo y McLachlan, 2005; McLachlan y Brown, 2006; Escrivá, 2013), sin olvidar que la disponibilidad de alimentos (nutrientes y materia orgánica) fue también un factor fundamental en la distribución de la comunidad (Rodil *et al.*, 2007) y en la producción primaria (Gadea *et al.*, 2013).



## CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.

Las principales conclusiones obtenidas, fueron las siguientes:

- La comunidad macrobentónica estuvo formada principalmente por poliquetos, crustáceos y bivalvos, los cuales conforman los grupos taxonómicos más abundantes en las playas arenosas. Se identificaron un total de 104 especies, de las que 43 fueron poliquetos, 30 crustáceos, 24 bivalvos, 4 equinodermos y 3 gasterópodos.
- La macrofauna se caracterizó por mostrar valores bajos de riqueza específica, diversidad y abundancia en las zonas menos profundas, donde se localizaron sedimentos gruesos, menor cantidad de materia orgánica y más exposición al hidrodinamismo, y valores más altos hacia zonas más profundas, con sedimentos más finos, mayor cantidad de materia orgánica y más protección frente al hidrodinamismo. Se pudo afirmar, por lo tanto, que existieron mayores similitudes en la macrofauna localizada a la misma profundidad entre las dos estaciones de muestreo (paralelo a la playa), que en la macrofauna que conformó una misma estación (perpendicular a la playa).
- Temporalmente, existieron diferencias entre el periodo seco (MACRO 1) y el húmedo (MACRO 2), tanto en las variables ambientales como en la comunidad macrobentónica. A pesar de que climáticamente este año (2013-2014) fue especialmente seco en la época de lluvias, sí se observó un ligero aumento del caudal del Serpis y en consecuencia, un mayor nivel de aportes. No se observó un incremento de la macrofauna junto con dichos aportes, como sí se observó en la producción primaria. Es por ello que, para explicar el comportamiento de la comunidad, es necesario recurrir, además, al estudio de los factores biológicos, los cuales están regulados principalmente por la temperatura.
- Entre las estaciones de muestreo B y D, se observó que, en líneas generales, los valores de riqueza específica y abundancia fueron ligeramente mayores en B. El efecto producido por los aportes se pudo observar más claramente en la época invernal, en la que la proximidad a la fuente de aportes tuvo un mayor impacto en la riqueza, abundancia y diversidad.
- En general, en la distribución de la macrofauna fue más determinante el efecto causado por la batimetría que el producido por la variación espacial (distancia a la fuente de aportes) y temporal (entre las dos campañas).
- El índice MEDOCC mostró que el estado ecológico del ecosistema bentónico de los puntos muestreados fue, en líneas generales, muy bueno. Este índice aporta una información complementaria a los parámetros de riqueza, diversidad y abundancia, por lo que su interpretación se debe asociar a éstos y no sustituirse para conocer la estructura de la comunidad y así realizar una mejor gestión de la zona.

#### CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

En cuanto a las perspectivas de futuro que pueda tener este trabajo, es interesante mencionar, en primer lugar, que éste forma parte de un proyecto mucho más ambicioso y complejo, cuya responsable es mi tutora, la Dra. Silvia Falco Giaccaglia y denominado *“Influencia de factores físicos, químicos y nutricionales en la distribución espacio temporal de la macrofauna bentónica del sublitoral de playas arenosas”*. Cuenta con más estaciones de muestreo y un análisis estadístico más completo y riguroso. Se desarrolla en 3 campañas temporales (época seca, época de lluvias y post-lluvias), en las que se muestrean 5 estaciones de muestreo (1 estación control en la Playa Norte de Gandía y 4 estaciones más al sur de la desembocadura del Serpis a diferentes distancias). De ese proyecto, en este TFM se ha considerado únicamente 2 estaciones de muestreo llevadas a cabo en 2 periodos temporales, por lo que solo se analiza parcialmente la distribución de la comunidad macrobentónica.

Como principal objetivo a desarrollar, es realizar más campañas de muestreo y establecer mayor número de estaciones para así poder determinar con mayor certeza los efectos que las variables ambientales generan en la distribución de la macrofauna. Además, al haber sido éste un año climáticamente anómalo, este estudio debería realizarse durante un periodo temporal más amplio para así interpretar los resultados con mayores datos.

En segundo lugar, establecer una estación de muestreo control, en la que los aportes terrestres sean menores y así comparar el efecto que implica estar expuestos a unos aportes o no estarlo y determinar en qué grado estos aportes controlan la distribución.

Por otro lado, se debería tomar medidas de los datos reales de caudal del Serpis en la desembocadura, además de considerar en el estudio la evolución de las corrientes marinas, ya que ambos factores juegan un papel fundamental en la dirección y longitud de la “pluma” de aportes.

Por último, tratar de determinar cómo los factores biológicos fluctúan temporalmente y controlan la distribución, aunque como ya se ha dicho, estas variables son complicadas de estudiar en el entorno natural.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aminot, A., Chaussepied, M., 1983. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. CNEXO, Brest, 395 pp.
- APHA, 2012. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22th edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington.
- Ballesteros, E., 2007. *Implementació de la Directiva Marc de l'Aigua a les Illes Balears: Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant les macroalgues i els invertebrats bentònics com a bioindicadors (Maig 2005 - Març 2007)*. Centre d'Estudis Avançats de Blanes - CSIC. Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient.
- Barrientos, J.A., 2004. *Curso práctico de entomología*. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona, 41 Ed. Asociación Española de Entomología, Alicante, 947 pp.
- Baumgarten, M.G.Z., Wallner-Kersanach, M., Niencheski, L.F.H., 2010. *Manual de Análises em Oceanografia Química*. 2 Ed. Rio Grande: Editora da FURG, 172pp.
- Bellan-Santini, D., Diviacco, G., Krapp-Schickel, G., Myers, A.A., Ruffo, S., 1989. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 2. *Memories de l'Institut Oceanographique*, Monaco, 13: 365-576.
- Bellan-Santini, D., Karaman, G., Krapp-Schickel, G., Ledoyer, M., Ruffo, S., 1993. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3. *Memories de l'Institut Oceanographique*, Monaco, 13: 577-813.
- Bellan-Santini, D., Karaman, G., Krapp-Schickel, G., Myers, A.A., Ruffo, S., Schiecke, U., 1982. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1. *Memories de l'Institut Oceanographique*, Monaco, 13: 1-364.
- Bellan-Santini, D., Karaman, G., Ledoyer, M., Myers, A.A., Ruffo, S., Vader, W., 1998. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 4. *Memories de l'Institut Oceanographique*, Monaco, 13: 815-959.
- Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100-1114.
- Castelli, A., Lardicci, C., Tagliapietra, D., 2004. Soft bottom macrobenthos. In: Gambi MC, Diappiano, M (ed) *Mediterranean Marine Benthos: A Manual of Methods for its Sampling and Study*, Societa Italiana di Biologia Marina, Genova, 99-131.
- CEDEX, 1997. *Atlas de Clima Marítimo*. Dpto. Clima Marítimo (Puertos del Estado) - Centro de Estudios de Puertos y Costas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Christensen, D., Blackburn, T.H., 1982. Turnover of  $^{14}\text{C}$ -labelled acetate in marine sediments. *Marine Biology*, 71, 2: 113-119.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR. *Sistema Automático de Información Hidrológica*. <http://saih.chj.es/chj/saih/?f> [Última consulta: 20 de mayo de 2014].
- Cotano, U., Villate, F., 2006. Antropogenic influence on the organic fraction of sediments in two contrasting estuaries: A biochemical approach. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 4: 404-414.
- Cupul-Magaña, L., Mosso-Aranda, C., Sierra, J., Martí, E., Ferman-Almada, J., Rodilla, M., González del Río, J., Sánchez-Arcilla, A., 2006. Caracterización y patrones de distribución de los sedimentos superficiales en bahía Cullera, España. *Ciencias marinas*, 32, 4: 617-629.
- de la Ossa, J.A., 2011. *Evaluación del vertido de aguas residuales urbanas sobre hábitats de fondos blandos*. Tesis doctoral. Universidad de Alicante, 192pp.
- de la Ossa, J.A., del Pilar-Ruso, Y., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L., 2010. Sensitivity of tanaid *Apseudes latreillei* (Milne-Edwards) populations to sewage pollution. *Marine Environmental Research*, 69: 309-317.
- de la Ossa, J.A., del Pilar-Ruso, Y., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L., 2012. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96: 129-138.
- Defeo, O., Brazeiro, A., de Alava, A., Riestr, G., Is Sandy beach macrofauna only physically controlled? Role of substrate and competition in Isopods. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45: 453-462.
- Defeo, O., McLachlan, A., 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 1-20.
- del Pilar-Ruso, Y., de la Ossa, J.A., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L., 2011. Patrón de distribución de los poliquetos en la costa de la Comunidad Valenciana, Mediterráneo español. *Ciencias Marinas*, 37: 261-270.
- Duane, D.B., 1964. Significance of skewness in recent sediments, western Pamlico Sound, North Carolina. *J. Sed. Petrol.*, 34, 4: 864-874.
- Escrivá, J., 2013. *Distribución y abundancia de macrofauna bentónica del infralitoral somero*. Proyecto Final de Máster. Gandía: Escuela Politécnica Superior de Gandía.
- Estrada, M., 1996. Primary production in the Northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 60, 2: 55-64.
- Falco, S., Niencheski, L.F., Modilla, M., Romero, I., González del Río, J., Sierra, J.P., Mösso, C., 2010. Nutrient flux and budget in the Ebro estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87: 92-102.

## BIBLIOGRAFÍA

- Fiege, D., Licher, F., Mackie, A.S.Y., 2000. A partial review of the European Magelonidae (Annelida: Polychaeta): *Magelona mirabilis* redefined and *M. johnstoni* sp. nov. distinguished. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80: 215-234.
- Folk, R.L., 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill, Austin, Texas, 182 pp.
- Folk, R.L., Ward, W.C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.
- Friedman, G.M., Sanders, J.E., 1978. *Principles of Sedimentology*. Wiley: New York, 792 pp.
- Friedman, G.M., Sanders, J.E., Kopaska-Merkel, D.C., 1992. *Principles of sedimentary deposits*. Stratigraphy and sedimentology. Macmillan, New York, 717 pp.
- Gadea, I., Rodilla, M., Sospedra, J., Falco, S., Morata, T., 2013. Seasonal dynamics of the phytoplankton community in the Gandia coastal area, southern Gulf of Valencia. *Thalassas*, 29: 35-58.
- Garófano-Gómez, V., Martínez-Capel, F., Delgado-Artés, R., 2009. *Les riberes del Serpis. Gestio de l'aigua per a la seua conservació*. CEIC Alfons El Vell, Gandia, Valencia, 224 pp.
- Giannuzzi-Savelli, R. Pusateri, F., Palmeri, A., Ebreo, C., 1999. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo*, Vol. III. Ed. Evolver, Roma.
- Giannuzzi-Savelli, R. Pusateri, F., Palmeri, A., Ebreo, C., 2001. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo*, Vol. VII. Ed. Evolver, Roma.
- Giannuzzi-Savelli, R. Pusateri, F., Palmeri, A., Ebreo, C., 2002. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo*, Vol. II. Ed. Evolver, Roma.
- Giannuzzi-Savelli, R. Pusateri, F., Palmeri, A., Ebreo, C., 2003. *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo*, Vol. IV. Ed. Evolver, Roma.
- Gordon, A.S., Millero, F.J., 1985. Adsorption mediated decrease in the biodegradation rate of organic compounds. *Microbial Ecology*, 11, 4: 289-298.
- Grall, J., Glémarec, M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 43-53.
- Hermosilla, J., 2005. *Los riegos de la Safor y la Valldigna. Agua, Territorio y Tradición*. Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano. Conselleria de Cultura y Educación. Generalitat Valenciana, Valencia, 239pp.
- Hewitt, J.E., Pridmore, R.D., Thrush, S.F., Cummings, V.J., 1997. Assessing the short-term stability of spatial patterns of macrobenthos in a dynamic estuarine system. *Limnol. Oceanogr.*, 42, 2: 282-288.
- Krumbein, W.C., Pettijohn, F.J., 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts, New York.

## BIBLIOGRAFÍA

- Lastra, M., de la Huz, R., Sánchez-Mata, A.G., Rodil, I.F., Aerts, K., Beloso, S., López, J., 2006. Ecology of exposed Sandy beaches in northern Spain: Environmental factors controlling macrofauna communities. *Journal of Sea Research*, 55: 128-140.
- Lourido, A., Sorbe, J.C., Troncoso, J.S., 2008. Inventario de los crustáceos bentónicos de sedimentos infralitorales de la Ría de Aldán (Galicia, NO Península Ibérica). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 17: 149-168.
- Lovell, L.L., Pasko, D., 1995. Key to the non-polydorid Spionidae from Southern California (intertidal to 500 meters). Clave no publicada.
- Martí, E., Torres-Gavilá, J., Tena, J., Rodilla, M., Sánchez-Arcilla, A., Mestres, M., Mösso C., 2007. Temporal changes in mollusk and polychaete communities in the soft bottom of Cullera Bay (Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research*, 47: 76-83.
- Martín, D., 1989. Revisión de las especies de Owenidae (Annelida, Polychaeta) de la Península Ibérica. *Scientia Marina*, 53, 1: 47-52.
- McLachlan, A., Brown, A., 2006. *The ecology of sandy shores*. Academic Press, 373pp.
- Millot, C., 1999. Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine System* 20, 423-442.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1994. *Métodos oficiales de análisis*. Tomo III, Madrid, 662 pp.
- Olivos, A., Masó, M., Camp, J., 2002. Continental runoff of nutrients and their possible influence over stoichiometric ratios (DIN:P:Si) in the northeastern Mediterranean waters of Spain (Catalan Sea). *Ciencias Marinas*, 28: 393-406.
- Ortega-Cisneros, K., Smit, A.J., Laudien, J., Schoeman, D.S., 2011. Complex, dynamic combination of physical, chemical and nutritional variables controls spatio-temporal variation of sandy beach community structure. *PLoS ONE*.
- Pinedo, S., Jordana, E., 2007. Spain (Catalonia and Balearic Islands). In: Carletti, A., Heiskanen, A.S. (Eds.), *Water Framework Directive Intercalibration Technical Report Part 3: Coastal and Transitional waters*. JRC Scientific and Technical Reports: 62-70.
- Pinedo, S., Jordana, E., Salas, F., Subida, M.D., García-Adiego, E., Torres, J., 2012. Testing MEDOCC and BOPA indices in shallow soft-bottom communities in the Spanish Mediterranean coastal waters. *Ecologica Indicators*, 19: 98-105.
- Plá, E., 2006. *Guía submarina de La Marina Alta e Ibiza*. Sub vida y foto, Alcoy, 324 pp.
- Poppe, G.T., Goto, Y., 1991. *European seashells*. Vol. I. Ed. Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden, 352 pp.
- Poppe, G.T., Goto, Y., 1993. *European seashells*. Vol. II. Ed. Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden, 221 pp.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ramón, M., Abelló, P., Richardson, C.A., 1995. Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Marine Biology*, 121: 665-671.
- Ramón, M., Richardson, C.A., 1992. Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 89: 15-23.
- Rield, R., 1986. *Fauna y flora del mar Mediterráneo: Una guía sistemática para biólogos y naturalistas*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Rodil, I.F., Lastra, M., 2004. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61: 27-44.
- Rodil, I.F., Lastra, M., Sánchez-Mata, A.G., 2006. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67: 267-279.
- Rodil, I.F., Lastra, M., López, J., 2007. Macroinfauna community structure and biochemical composition of sedimentary organic matter along a gradient of wave exposure in sandy beaches (NW Spain). *Hydrobiologia*, 579: 301-316.
- Rodríguez, J., 1999. *Ecología*. Ediciones Pirámide, Madrid, 411pp.
- Salas, C., Tirado, C., Manjón-Cabeza, M.E., 2001. Sublethal foot-predation on Donacidae (Mollusca: Bivalvia). *Journal of Sea Research*, 46: 43-56.
- Salen-Picard, C., Arlhac, D., 2002. Long-term changes in a Mediterranean benthic community: relationships between the polychaete assemblages and hydrological variations of the Rhône River. *Estuaries*, 25: 1121-1130.
- Sebastiá, M.T., 2012. *Pigmentos indicadores: caracterización de la comunidad fitoplanctónica en ecosistemas marinos costeros*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Sebastiá, M.T., Rodilla, M., 2013. Nutrient and phytoplankton analysis of a Mediterranean coastal area. *Environmental Management*, 51 : 225-240.
- Sebastiá, M.T., Rodilla, M., Falco, S., Sanchis, J.A., 2013. Analysis of the effects of wet and dry seasons on a Mediterranean river basin: Consequences for coastal waters and its quality management. *Ocean & Coastal Management*, 78: 45-55.
- Sebastiá, M.T., Rodilla, M., Sanchis, J.A., Altur, V., Gadea, I., Falco, S., 2012. Influence of nutrient inputs from a wetland dominated by agriculture on the phytoplankton community in a shallow harbour at the Spanish Mediterranean coast. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 152: 10-20.
- Shepard, F.P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay relations. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24: 151-158.

## BIBLIOGRAFÍA

- SIGNAL FINANCIAL GROUP. *Kurtosis Breakdown: All Futures Markets*: <http://www.signalfinancialgroup.com/Markets/KurtosisData.php> [Última consulta el 26 de mayo de 2014].
- Souza, J.R.B., Borzone, C.A., 2000. Population dynamics and secondary production of *Scolecipis squamata* (Polychaeta:Spionidae) in an exposed sandy beach of Southern Brazil. *Bulletin of Marine Science*, 67: 221-233.
- Strickland, J. D. H., 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Rcs. Bd. Canada*, 122: 1-172.
- Targa, C., van der Linde, D., Berthon, J.F., 2000. The JRC Method. Hooker, S.B., H. Claustre, J. Ras, L. Van Heukelem, J-F. Berthon, C. Targa, D. van der Linde, R. Barlow and H. Sessions. 2000. *The First SeaWiFS HPLC Analysis Round-Robin Experiment (SeaHARRE-1)*. NASA Technical Memorandum 2000-206892, Vol. 14, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 42 pp.
- Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.
- Viéitez, J.M., Alós, C., Parapar, J., Besteiro, C., Moreira, J., Núñez, J., Laborda, J., San Martín, G., 2004. Annelida, Polychaeta I. En: *Fauna Ibérica*, vol. 25. Ramos, M.A., et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid, 530 pp.
- Wright, S.W., Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C., Llewellyn, C.A., Bjornland, T., Repeta, D., Welschmeyer, N., 1991. Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 77: 183-196.
- Yentsch, C.S., Scagel, R.F., 1958. Diurnal study of phytoplankton pigments. An in situ study in east sound, Washington. *Journal of Marine Research*, 17: 567-583.