

# El estado actual de los ecosistemas marinos en el Mediterráneo español en un contexto de cambio climático



# El estado actual de los ecosistemas marinos en el Mediterráneo español en un contexto de cambio climático

Autores principales: Manuel Vargas Yáñez,  
M<sup>a</sup> Carmen García Martínez, Francina Moya Ruiz,  
José Luis López-Jurado Marqués, Mariano Serra Tur,  
Rosa Balbín Chamorro.

Otros autores: Rocío Santiago Domenech, Jordi Salat, Josep Pascual,  
Teodoro Ramírez Cárdenas, Elena Tel, M<sup>a</sup> Paz Jiménez Gómez,  
Andreas Reul, Gregorio Parrilla Barrera.

Diciembre de 2019

Instituto Español de Oceanografía  
MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES



# El estado actual de los ecosistemas marinos en el Mediterráneo español en un contexto de cambio climático

Autores principales: Manuel Vargas Yáñez,  
M<sup>a</sup> Carmen García Martínez, Francina Moya Ruiz,  
José Luis López-Jurado Marqués, Mariano Serra Tur,  
Rosa Balbín Chamorro.

**Edita:** Instituto Español de Oceanografía  
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

**Copyright:** Instituto Español de Oceanografía  
Corazón de María, 8. 28002 Madrid  
Telf.: 913 421 100 / Fax: 915 947 770  
E-mail: [ieo@ieo.es](mailto:ieo@ieo.es)  
<http://www.ieo.es>

**NIPO:** NIPO 696-19-002-X

**Realización, impresión y encuadernación:** Doce Calles Servicios Gráficos

# Índice

Abstract.....	11
Prefacio.....	13
Principales resultados. Resumen ejecutivo para gestores y responsables de políticas medio-ambientales.....	15
Antes de empezar.....	23
Capítulo 1. Introducción.....	25
Capítulo 2. El proyecto de monitorización medioambiental RADMED.....	37
El Estado Medioambiental del Mediterráneo Español.....	53
Capítulo 3. El Mar de Alborán: Desde Cabo Pino hasta Cabo de Gata.....	57
Capítulo 4. Cabo de Palos y Baleares.....	117
Capítulo 5. Tarragona y Barcelona.....	203
Capítulo 6. Cambio Climático. Principales tendencias.....	245
Bibliografía.....	269
Agradecimientos.....	281



A la memoria de Argeo Rodríguez de León, quien promovió y defendió el proyecto RADMED, así como la monitorización y estudio de los ecosistemas del Mediterráneo Español.



## Abstract

Multidisciplinary time series generated by the monitoring programs supported by the Spanish Institute for Oceanography (IEO, Instituto Español de Oceanografía) in the Spanish Mediterranean Waters are analyzed. These time series extend from 1992 in some cases, whereas in others they started in 2007 when the different monitoring programs funded by IEO were merged in the current project RADMED. These time series are used to describe the average values and ranges of variability of different variables that could be useful for describing the environmental state of the Spanish Mediterranean waters. Such analyses and statistics are provided as tables that could be used as a reference for future research work or for management purposes.

Data from the IEO monitoring programs are complemented with meteorological information from the Spanish Meteorological Agency (AEMET, Agencia Estatal de Meteorología), satellite data from the NOAA (National Oceanic and Atmospheric Agency) and the l'Estartit oceanographic and meteorological station, operated by Institut de Ciències del Mar (ICM/CSIC).

Beside the description of the current environmental state of the Spanish Mediterranean marine ecosystems, an analysis of long term trends is carried out, assessing the possible changes associated to Climate Change.



## Prefacio

La monitorización del medio marino no es más que la vigilancia, observación y seguimiento de sus condiciones medioambientales. Esta actividad se lleva a cabo mediante la medición de aquellas variables que pueden considerarse como buenos indicadores del estado de los ecosistemas marinos. Además, estas medidas deben tener un carácter sistemático, periódico y permanente, es decir, indefinido en el tiempo.

Pero, ¿por qué realizar esta actividad que sin duda requiere gran cantidad de medios humanos y materiales y que por tanto resulta muy costosa?, ¿es realmente tan importante?, ¿qué objetivos concretos se persiguen con ella?

Este libro no pretende dar una respuesta a esta pregunta para los ya convencidos, incluyendo a los oceanógrafos involucrados en este tipo de tareas, sino para aquellas personas que, tengan o no relación con el mundo de la investigación, sean ajenas a la observación marina.

Una explicación muy sencilla podría extraerse de un símil que a todos nos resulta familiar. Cambiemos nuestra pregunta sobre la importancia de la monitorización del medio marino y planteemos otra más simple: ¿Por qué vamos al médico? Todos conocemos la respuesta. Hay dos causas fundamentales que nos llevan a la consulta del médico. Una es la aparición de algún síntoma que indica que algo no funciona bien, que padecemos algún tipo de dolencia. La otra sería, simplemente, la realización de una revisión periódica, un chequeo que nos confirme que nuestro estado de salud es bueno o, en caso contrario, que nos alerte con suficiente antelación de cualquier problema antes de que se agrave. Tanto en un caso como en otro, el médico realizará una serie de pruebas, realizará medidas de ciertas variables que pueden ser indicadores de nuestro estado de salud: tensión arterial, concentración de azúcar o colesterol en sangre, número de glóbulos rojos, etc. Imaginemos que el médico realiza un análisis de sangre y para el caso concreto del colesterol obtenemos el valor 236 mg/dl. Este valor por sí solo no nos dice nada. ¿Es alto?, ¿es bajo?, ¿debemos preocuparnos y aplicar algún tipo de medida correctora? Normalmente la respuesta la encontramos en el propio informe del análisis, cuando lo comparamos con los “valores de referencia” adjuntos en el mismo. En este caso concreto, junto al valor 236 mg/dl podríamos leer algo como: valores de referencia: 108 - 268 mg/dl. Si nuestro nivel de colesterol está dentro de los márgenes establecidos podemos decir que tenemos un colesterol “normal”.

Hasta aquí todo nos resulta más o menos familiar. Sin embargo, es posible que no todos nos hayamos planteado la siguiente pregunta: ¿Cómo sabemos que son esos y no otros los valores entre los que deben encontrarse las medidas de colesterol, o de cualquier otra variable medida en este análisis? Se trata de un trabajo estadístico. A lo largo del tiempo los investigadores han realizado innumerables medidas en distintos individuos, de tal forma que se ha podido

establecer cuál es el valor promedio de la concentración de colesterol en sangre y entre qué valores puede variar esta concentración en el caso de individuos sanos. Este tipo de análisis, de repeticiones, se realizan para cualquier otra variable que pueda ser importante para determinar la salud de una persona y así se establecen los valores de referencia para dichas variables. Al margen de esas visitas al médico, ocasionadas por la sospecha de que estamos enfermos, iremos con cierta periodicidad a la consulta para comprobar que los niveles de todos los indicadores se encuentran dentro de los márgenes aceptables.

El caso del mar es exactamente igual. Podríamos ir a cualquier punto de nuestros mares por dos causas: Porque ha habido algún tipo de problema (un síntoma o una enfermedad), como un vertido, una mortalidad excesiva de alguna especie marina, etc. y deseamos saber sus causas y consecuencias. O simplemente porque queremos realizar un “chequeo” de la salud de esa región del mar, y el procedimiento es similar al que sigue el médico. Efectuaremos un análisis para saber el estado de salud de esa región marina. Igual que en el ejemplo anterior, ese análisis se centrará en variables que puedan ser buenos indicadores de dicho estado de salud: temperatura, salinidad, concentración de oxígeno, de clorofila, etc. Supongamos que tras realizar estos análisis obtenemos para la superficie del mar una concentración de clorofila de  $5 \text{ mg/m}^3$ . Nuevamente nos preguntamos, ¿es este valor normal? Sólo podremos dar una respuesta a esta pregunta si hemos realizado muchas medidas de esa misma variable, en este caso la concentración de clorofila, de tal forma que podamos establecer cuál es su valor medio y dentro de qué rango puede variar de forma natural, es decir, sin que medie ningún tipo de alteración. Una vez que hayamos establecido los rangos entre los que debe encontrarse cada variable, deberemos hacer chequeos periódicos: De la misma manera que con cierta frecuencia repetimos los análisis para comprobar que nuestro estado de salud es bueno, también periódicamente debemos analizar las aguas del mar para comprobar cuál es su estado de salud.

Finalmente, deberemos tener en cuenta algunas consideraciones cuando decidamos cómo se determinan los rangos dentro de los que se deben encontrar las distintas variables medioambientales. En el caso de la salud humana, algunas variables pueden tomar valores ligeramente distintos o tener rangos de variación diferentes cuando se consideran personas de distinta edad, sexo, etc. En tales casos, nuestros estudios deben realizarse de forma diferenciada para cada uno de estos grupos. En el caso del mar, los valores normales de las variables medioambientales serán diferentes para distintas regiones e igualmente cambiarán a lo largo de las estaciones del año. Es fácil imaginar que la temperatura media de la superficie del mar será distinta en invierno que en verano en la mayoría de los casos. Por tanto, estos estudios deben hacerse de forma diferenciada para cada una de las regiones en las que estemos interesados y para las diferentes estaciones del año.

En resumen, la monitorización del medio marino es al mar lo que los análisis médicos y las revisiones periódicas son a la salud humana. Es una cuestión de salud, en este caso, medioambiental.

## Principales resultados. Resumen ejecutivo para gestores y responsables de políticas medioambientales

La detección de posibles alteraciones en los ecosistemas marinos, en sus propiedades físicas y químicas y en sus comunidades fito y zooplanctónicas, requiere del establecimiento previo de los valores y rangos de variabilidad que definen el estado actual de estas propiedades.

El conocimiento de los valores y rangos de variabilidad de las diferentes variables que pueden servir como indicadores del estado de los ecosistemas marinos no puede alcanzarse en base a una única campaña oceanográfica, ni tan siquiera a un número reducido de ellas que cubran uno o varios ciclos estacionales completos, sino que debe alcanzarse a partir de un seguimiento y observación permanente de dichas variables.

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha mantenido diferentes programas de monitorización en el Mediterráneo español desde 1992. A partir de 2007 todos estos programas fueron unificados en el proyecto RADMED (Series Temporales de Datos Oceanográficos en el Mediterráneo), dedicado a la monitorización estacional de las aguas mediterráneas españolas desde la provincia de Málaga hasta Barcelona, extendiéndose por las aguas que rodean al Archipiélago Balear.

El presente informe pretende hacer un primer análisis de toda la información disponible hasta el momento, tratando de establecer para las diferentes regiones del Mediterráneo monitorizadas en el proyecto RADMED, los valores medios estacionales y los rangos de variabilidad de diversas variables tales como: temperatura, salinidad, nivel del mar, concentración de clorofila-a, concentraciones de nitratos, fosfatos, nitritos y silicatos, concentración de oxígeno disuelto, profundidad del disco de Secchi, abundancias de células micro-fitoplanctónicas, abundancia de células nano y picoplanctónicas (eucariotas y procariotas), abundancias de los principales grupos zooplanctónicos y biomasa del zooplancton.

Además del establecimiento de los valores que caracterizan el estado actual de estas variables, se ha realizado, en el caso de las series temporales cuya longitud lo ha permitido, un estudio de las tendencias a largo plazo que pudieran indicar alteraciones asociadas al Cambio Climático. Para este estudio los datos obtenidos dentro del marco de los diferentes programas de monitorización del IEO han sido complementados con datos procedentes de otras instituciones tales como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o de la estación oceanográfica y meteorológica de l'Estartit, operada por el Institut de Ciències del Mar (ICM/CSIC). Se han obtenido datos de temperatura superficial del mar medida mediante radiómetros operados

desde satélites de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Agency, USA). También se han usado bases de datos internacionales como MEDAR/MEDATLAS (Mediterranean Data Archeology and Recue).

El principal resultado ha sido constatar la potencialidad de los sistemas de observación del mar para construir largas series temporales de datos que, analizados estadísticamente, pueden decirnos cuál es el estado actual de los ecosistemas marinos y proporcionarnos una referencia para detectar futuros cambios, así como para determinar el alcance real de eventuales problemas (vertidos, infraestructuras costeras, Cambio Climático, etc.). A partir de series temporales, más o menos largas según los casos, se han tabulado por primera vez los valores medios y los rangos de variabilidad de las variables antes descritas: clorofila, nutrientes, oxígeno, etc. El mantenimiento de un sistema de observación basado en medidas *in situ*, es decir, obtenidas mediante la toma de muestras desde un buque oceanográfico, es muy costoso y presenta numerosas dificultades. En consecuencia, las series de datos actuales tienen muchos huecos y en ocasiones no tienen la longitud necesaria. Sin embargo, en este trabajo se presentan las estadísticas obtenidas hasta el momento, mostrando el tipo de “producto” que los sistemas de observación del IEO pueden generar. Mejorar la calidad de las series y las estadísticas, y por tanto, de nuestro conocimiento sobre los ecosistemas marinos del Mediterráneo, es solo cuestión de perseverar en el tiempo. Los resultados presentados en este trabajo, principalmente en forma de tablas, deberán ser actualizados periódicamente y puestos a disposición de la comunidad científica, gestores medioambientales y público general.

En base a aquellas series temporales de mayor longitud se han podido actualizar las tendencias ya mostradas en trabajos previos publicados por el Instituto Español de Oceanografía (Cambio Climático en el Mediterráneo Español, 1ª y 2ª edición). Se ha podido confirmar un claro calentamiento y aumento de la salinidad de las aguas mediterráneas que rodean las costas españolas. Estas variaciones de la temperatura y salinidad se han evaluado desde 1945 hasta 2016 en el caso de las aguas intermedias y profundas. Para ello se han usado tanto los datos procedentes de la base de datos MEDAR/MEDATLAS como los datos obtenidos mediante las campañas RADMED del IEO. Las aguas intermedias se consideran como aquellas que se extienden desde los 150 hasta los 600 m de profundidad, y las aguas profundas son las que van desde los 600 m de profundidad hasta el fondo del mar. Si promediamos los datos para toda la zona geográfica cubierta por el proyecto RADMED, las aguas intermedias y profundas han aumentado su temperatura a un ritmo de entre 0,2 y 0,3 °C/100 años (Figura 1). Hay que señalar que un incremento de 0,3 °C sobre un periodo de 100 años puede parecer una cifra muy pequeña, sin embargo, se debe tener en cuenta que el volumen de agua que estamos considerando es muy grande, mucho mayor que el que corresponde a la capa superficial del mar (que en consecuencia se calienta más fácilmente), y su calentamiento requiere de una cantidad enorme de calor.

La capa más superficial del mar, que en el caso del Mediterráneo suele tomarse como la que se extiende desde la superficie hasta los 150 m de profundidad, presenta oscilaciones muy fuertes debido al intercambio de calor y agua con la atmósfera y requiere un muestreo más intenso que el estacional realizado por el programa RADMED. Por este motivo se han utilizado los datos de temperaturas superficiales del mar medidas desde satélite. En este caso las series temporales se extienden desde 1982 hasta 2017. Estas series de temperatura muestran tendencias muy claras sobre cuatro zonas en las que se analizaron este tipo de datos: Alborán, Murcia, levante y Baleares, y Cataluña. Las tendencias en todos los casos están en torno a un aumento de 2 °C/100 años. La figura 1 muestra un resumen de estas tendencias.

El nivel del mar medido mediante los mareógrafos del IEO en Algeciras, Málaga y Palma de Mallorca, y el mareógrafo de la estación de l'Estartit (ICM/CSIC) mostraron también tendencias positivas. En el caso de Málaga, la serie de datos de nivel del mar se extiende desde 1944 a 2013 y muestra un ascenso de 0,7 mm/año. Hay que resaltar que el ritmo al que aumenta el nivel del mar se ha incrementado a partir de principios de los años 1990. En la estación de l'Estartit, la serie de nivel del mar se extiende desde 1990 a 2017 y muestra un fuerte ascenso a un ritmo de 3,1 mm/año.

Aunque no se muestra en el resumen de la figura 1 (ver capítulo 6), la salinidad aumentó en toda la columna de agua a un ritmo de entre 0,1 y 0,3 ups/100 años ("ups" significa unidad práctica de salinidad y prácticamente equivale a gramos de sal por cada kilogramo de agua).

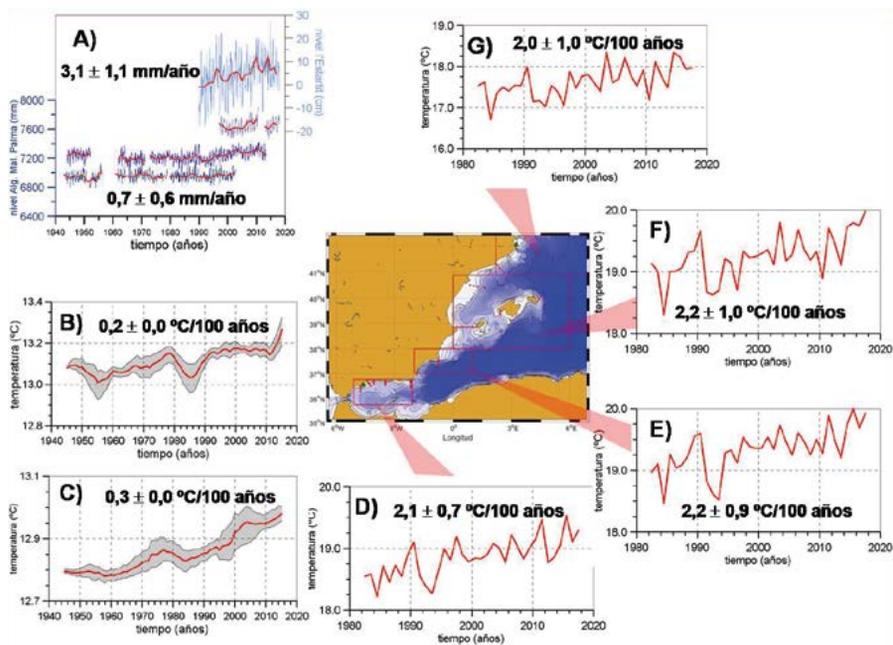


Figura 1. La figura 1A muestra de abajo hacia arriba las series mensuales de nivel del mar en Algeciras, Málaga, Palma de Mallorca y l'Estartit (líneas azules). Las líneas rojas son las correspondientes series anuales. Las figuras 1B y C muestran la evolución de la temperatura en la capa intermedia (B) y profunda (C) en toda la zona de estudio cubierta por el proyecto RADMED. Las líneas rojas muestran la evolución de la temperatura y la zona sombreada en gris muestra la incertidumbre en el cálculo de las temperaturas anuales. Las figuras D, E, F y G muestran la evolución de la temperatura superficial del mar medida desde satélite en las aguas del Mar de Alborán, frente a Murcia, Islas Baleares y Cataluña.

Como ya se ha comentado, las series temporales obtenidas en el proyecto RADMED han permitido hacer un primer análisis estadístico de una serie de variables químicas y biológicas que pueden considerarse buenos indicadores del estado de los ecosistemas marinos. Este análisis revela la existencia de zonas diferenciadas dentro de las aguas mediterráneas españolas, con diferentes comportamientos a lo largo del ciclo anual.

A lo largo del año, y en la mayor parte de las aguas mediterráneas, se distinguen dos periodos claramente diferenciados. Un primer periodo que podríamos denominar de mezcla de la columna de agua (las primeras decenas o centenas de metros, según los casos), en el que las frecuentes tormentas del otoño e invierno homogenizan la parte superior de la columna de agua, inyectando nutrientes en la capa superior bien iluminada donde se produce la fotosíntesis (capa fótica). A partir de primavera, y sobre todo en verano, el calentamiento de las capas más superficiales del mar produce un contraste de densidad entre las aguas más calientes (ligeras) de la superficie, y las aguas profundas, más frías y densas. Decimos que se trata del periodo estratificado.

Las figuras 2 y 3 muestran el esquema de los valores estadísticos de las variables bioquímicas monitorizadas en el proyecto RADMED a lo largo de la columna de agua durante la época de mezcla otoñal e invernal (Figura 2) y durante el periodo estratificado (Figura 3). Estas figuras ponen de manifiesto un gradiente trófico desde el sudoeste hacia el noreste con una reducción de las concentraciones de nutrientes, clorofila y abundancia de células fitoplanctónicas grandes. Podemos distinguir tres grandes zonas. Una primera zona, más productiva, correspondería al Mar de Alborán, donde sin embargo ya se aprecia un aumento de la oligotrofia de las aguas en la dirección oeste-este, lo que podría sugerir una subdivisión dentro del Mar de Alborán. Una segunda región abarcaría las aguas que rodean Cabo de Palos, y las aguas del Mar Balear, tanto peninsulares como insulares, caracterizadas por valores muy bajos de las concentraciones de nutrientes y clorofila. Finalmente, las aguas al norte de las Islas Baleares y las aguas que bañan las costas catalanas, se encontrarían en una situación intermedia entre las aguas más productivas del Mar de Alborán y las aguas más oligotróficas del levante español e Islas Baleares.

Las máximas concentraciones de nutrientes en la capa más superficial, así como las mayores concentraciones de clorofila se observan durante el periodo que podemos denominar de columna de agua mezclada, cuando las tormentas otoñales e invernales inyectan nutrientes en la capa fótica, produciendo una fuerte proliferación fitoplanctónica. Aunque en la mayoría de las zonas analizadas esta proliferación se produce en invierno o primavera, hay que señalar que en algunos casos se adelanta al otoño, cuando empieza a aumentar la intensidad del viento y la frecuencia de las tormentas.

En la parte occidental del Mar de Alborán, durante este periodo las máximas concentraciones de clorofila se observan en la superficie del mar, siendo superiores a  $1 \text{ mg/m}^3$ . El oxígeno disuelto también es máximo en la superficie, indicando que el origen de este máximo está tanto en la mayor solubilidad de los gases en las aguas frías invernales, como en la actividad fotosintética. Las concentraciones de nitratos en superficie superan el valor  $1 \text{ } \mu\text{M}$ , lo que indica un importante aporte de nutrientes a las capas superficiales, asociado a los intensos vientos del noroeste que predominan en esta época, así como a los procesos de afloramiento (surgencia de aguas profundas), propios de la parte occidental del Mar de Alborán. En la parte oriental del Mar de Alborán, las concentraciones más altas de clorofila no se producen en esta época en la superficie, sino en torno a los 20 m de profundidad. Además, en este caso esta concentración es inferior a  $1 \text{ mg/m}^3$ . El máximo de oxígeno se encuentra a esta misma profundidad o ligeramente por encima de ella. Tanto el valor máximo de clorofila, como las concentraciones de clorofila, nitratos y fosfatos integradas para toda la columna de agua, muestran un cierto descenso respecto de la parte occidental de Alborán (cifras en verde, marrón claro y marrón oscuro respectivamente en los esquemas de la figura 2). En esta época de mezcla de la columna de agua el grupo micro-fitoplanctónico más abundante tanto en la parte occidental como oriental del Mar de Alborán son las diatomeas, aunque hay que señalar que se produce un

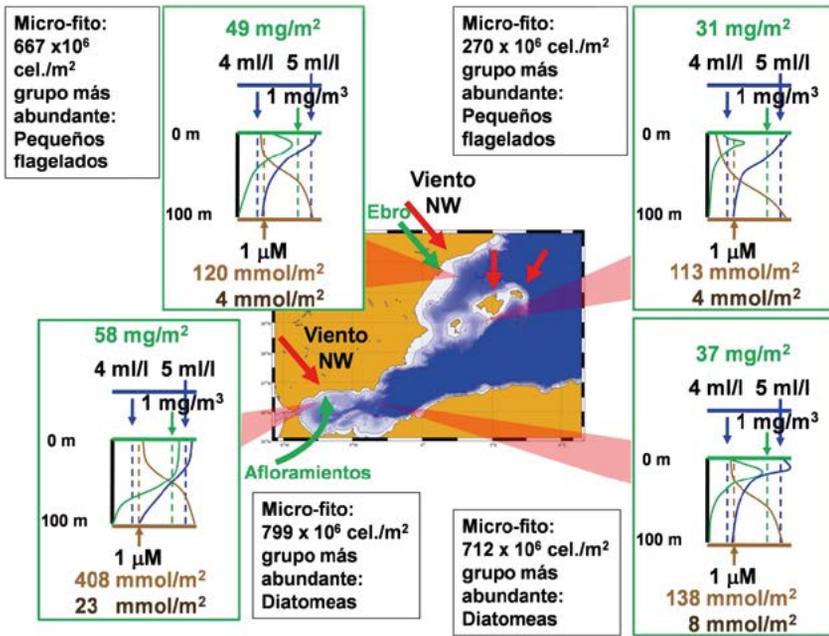


Figura 2. Época de columna de agua mezclada, desde finales de otoño a finales de invierno o principios de primavera. Se divide la zona de estudio en cuatro zonas diferenciadas por sus propiedades físicas y bioquímicas: La parte occidental del Mar de Alborán, la parte oriental del Mar de Alborán, la zona de Cabo de Palos e Islas Baleares y las aguas catalanas. En cada una se inserta un esquema que muestra las principales características de los perfiles verticales de clorofila-a (línea verde), oxígeno disuelto (línea azul) y nitratos (línea marrón claro). En los ejes se ha marcado la posición del valor 1 mg/m<sup>3</sup> en el caso de la clorofila, los valores 4 y 5 ml/l en el caso del oxígeno disuelto y el valor 1 μM para los nitratos. Estos valores sirven como referencia para ver de forma más clara las diferencias entre unas zonas y otras. También se ha insertado en cada esquema el valor de la clorofila integrada (números verdes), los nitratos integrados (números marrón claro) y los fosfatos integrados (números marrón oscuro). Junto a estos esquemas se incluye una leyenda con el número total de células micro-fitoplanctónicas y el grupo más abundante. Las flechas rojas muestran la dirección predominante del viento y las flechas verdes se han incluido para resaltar los afloramientos del Mar de Alborán y los aportes de agua dulce del Ebro.

descenso en el número total de células micro-fitoplanctónicas (diatomeas, más dinoflagelados y pequeños flagelados), desde el oeste (799 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup>) hacia el este ((712 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup>). La biomasa zooplanctónica también muestra un descenso en esta misma dirección.

En las aguas del Mar Balear, tanto en la parte peninsular como en las aguas que rodean a las islas, el valor máximo de clorofila también se observa en invierno en las capas más superficiales, en torno a los 20 m de profundidad, pero este máximo está alrededor de 0,4 mg/m<sup>3</sup>. Las concentraciones de nitratos en superficie son las más altas del año, pero no superan el valor 1 μM. El grupo del micro-fitoplancton más abundante son los pequeños flagelados, a pesar de que las diatomeas experimentan un aumento respecto de otras épocas del año. El número total de células micro-fitoplanctónicas es el más bajo de todo el Mediterráneo español, 277 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup>. Al norte de las islas, en Cataluña, las concentraciones de nitratos superficiales

son más elevadas en este periodo de mezcla, pero no superan el valor  $1 \mu\text{M}$ . Los valores máximos de clorofila se encuentran en torno a los 20 m de profundidad, siendo superiores a los observados en la zona de Cabo de Palos y Mar Balear, y similares a los del sector oriental del Mar de Alborán, con valores de  $0,6 \text{ mg/m}^3$ . El grupo micro-fitoplanctónico más abundante es nuevamente el de los pequeños flagelados y la abundancia total de estas células es más elevada que en las Islas Baleares,  $677 \times 10^6 \text{ cel./m}^2$ , aunque inferior a la de la zona oriental de Alborán. Las concentraciones integradas de clorofila, nitratos y fosfatos incluidas en los esquemas de la figura 2 muestran este empobrecimiento de las aguas desde la parte occidental de Alborán hasta las Islas Baleares, y el posterior incremento hacia las aguas catalanas.

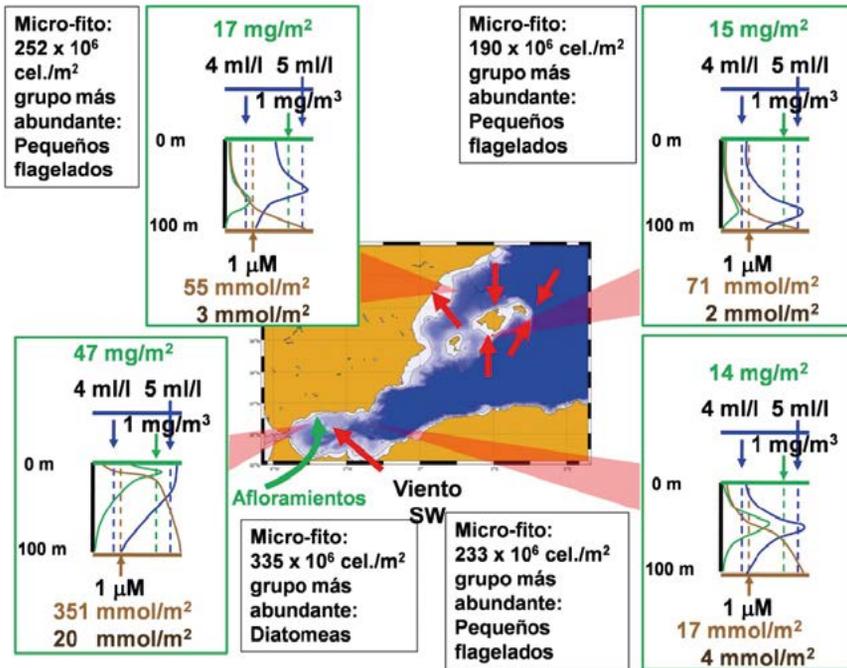


Figura 3. Época de columna de agua estratificada, desde principios de primavera hasta el otoño. Se divide la zona de estudio en cuatro zonas diferenciadas por sus propiedades físicas y bioquímicas: La parte occidental del Mar de Alborán, la parte oriental del Mar de Alborán, la zona de Cabo de Palos e Islas Baleares y las aguas catalanas. En cada una se inserta un esquema que muestra la principales características de los perfiles verticales de clorofila-a (línea verde), oxígeno disuelto (línea azul) y nitratos (línea marrón claro). En los ejes se ha marcado la posición del valor  $1 \text{ mg/m}^3$  en el caso de la clorofila, los valores 4 y 5  $\text{ml/l}$  en el caso del oxígeno disuelto y el valor  $1 \mu\text{M}$  para los nitratos. Estos valores sirven como referencia para ver de forma más clara las diferencias entre unas zonas y otras. También se ha insertado en cada esquema el valor de la clorofila integrada (números verdes), los nitratos integrados (números marrón claro) y los fosfatos integrados (números marrón oscuro). Junto a estos esquemas se incluye una leyenda con el número total de células micro-fitoplanctónicas y el grupo más abundante. Las flechas rojas muestran la dirección predominante del viento y la flecha verde se ha incluido para resaltar los afloramientos del Mar de Alborán.

Durante el periodo estratificado (Fig. 3), el esquema para la parte occidental del Mar de Alborán muestra un descenso de las concentraciones de nitratos y clorofila en superficie respecto del periodo de mezcla de la columna de agua. Sin embargo, aumentan rápidamente con la profundidad, y a 20 m ya superan los valores  $1 \mu\text{M}$  y  $1 \text{ mg/m}^3$  respectivamente. Estas concentraciones disminuyen de forma importante hacia el este al mismo tiempo que las concentraciones máximas de clorofila se hunden hasta los 50 m, desarrollándose lo que se conoce como Máximo Profundo de Clorofila. Hay que señalar que este máximo en la parte oriental de Alborán está en torno a  $0,5 \text{ mg/m}^3$ . El aumento de la oligotrofia en la dirección oeste-este se hace más apreciable si se comparan las concentraciones integradas de clorofila, nitratos y fosfatos que pasan de  $47 \text{ mg/m}^2$ ,  $351$  y  $20 \text{ mmol/m}^2$  respectivamente en la parte occidental, hasta  $14 \text{ mg/m}^2$ ,  $17$  y  $4 \text{ mmol/m}^2$  en la oriental. Otra diferencia es que mientras en la parte occidental el grupo micro-fitoplanctónico más abundante es el de las diatomeas y las abundancias totales son de  $335 \times 10^6 \text{ cel./m}^2$ , en la parte oriental dominan los pequeños flagelados y la abundancia total es de  $233 \times 10^6 \text{ cel./m}^2$ .

Esta tendencia se acentúa hacia la zona de Cabo de Palos e Islas Baleares donde el Máximo Profundo de Clorofila puede hundirse durante la época estratificada hasta los 75 m, con valores en torno a  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . Los nitratos están agotados en superficie no superando el valor  $1 \mu\text{M}$  hasta los 75 o 100 m de profundidad. El grupo micro-fitoplanctónico más abundante es el de los pequeños flagelados y la abundancia de células totales es la más baja de toda el área analizada con un valor de  $190 \times 10^6 \text{ cel./m}^2$ . La biomasa zooplanctónica también es significativamente más baja que en el Mar de Alborán. Finalmente, las condiciones en la parte septentrional de las aguas mediterráneas españolas son similares a las observadas en las Islas Baleares y Cabo de Palos, pero muestran un incremento de los nutrientes superficiales, y de las concentraciones de clorofila y abundancias micro-fioplanctónicas.



## Antes de empezar

Antes de empezar este extenso informe debemos hacer varias consideraciones que esperamos faciliten su lectura.

La estructura de este trabajo es la siguiente: En primer lugar se ha incluido una introducción (capítulo 1) donde se explican las características geográficas de la zona de estudio. A continuación se hace un resumen general de las masas de agua, la circulación y las propiedades bioquímicas de las aguas del Mediterráneo en general, y del Mediterráneo Occidental en particular, por ser ésta la cuenca en la que se encuentran las aguas mediterráneas españolas. El capítulo 2 describe el sistema de muestreo del proyecto RADMED (Series Temporales de Datos Oceanográficos en el Mediterráneo), del Instituto Español de Oceanografía.

Tras estos dos capítulos de carácter introductorio, se dedican tres capítulos (los capítulos 3, 4 y 5) al análisis de una serie de variables que pueden servir como indicadores del estado de los ecosistemas marinos que albergan las aguas mediterráneas desde la provincia de Málaga hasta Barcelona, incluyendo las Islas Baleares. Para realizar esta descripción se ha dividido la zona de estudio en tres grandes regiones: El Mar de Alborán (capítulo 3), Cabo de Palos y Mar Balear, tanto la parte peninsular frente a las costas del Cabo San Antonio como la parte insular (capítulo 4), y las aguas de Cataluña (capítulo 5).

Los capítulos 3, 4 y 5 tienen la misma estructura. Cada uno se inicia con una introducción de la zona analizada. Aunque esta introducción puede resultar repetitiva al contener mucha de la información ya incluida en el capítulo 1, el motivo de tal inclusión es doble. Por una parte se aporta información específica de cada zona que no se detalla en la introducción general del capítulo 1. Por otra, se pretende que cada capítulo pueda leerse de forma independiente, de tal manera que el lector que solo esté interesado en obtener información acerca de una de las regiones en las que se ha dividido el presente informe, pueda hacerlo leyendo solo el correspondiente capítulo. Tras esta introducción se hace una descripción de las condiciones meteorológicas, seguida de un estudio de la temperatura y salinidad de las masas de agua que circulan en cada área geográfica. Se continúa con el estudio de las distribuciones de clorofila-a, nutrientes y oxígeno disuelto. Posteriormente se analizan las abundancias de los principales grupos micro-fitoplanctónicos, así como las abundancias de células nano y picoplanctónicas, y se finaliza cada capítulo con información relativa a la abundancia de los principales grupos que conforman el meso-zooplankton en los casos en los que se dispone de dicha información.

Además del análisis de todas las propiedades mencionadas en el párrafo anterior, el cual se realiza, como es habitual, describiendo y discutiendo sus correspondientes gráficos, el principal objetivo de este trabajo es el de aportar las tablas con las estadísticas que permitan la descripción del comportamiento de cada variable en cada región del Mediterráneo español, de tal

forma que puedan ser consultadas por investigadores, gestores o cualquier persona interesada. Sin embargo, el volumen de esta información es muy grande y podría hacer muy tediosa la lectura de este trabajo. Por esta razón estas tablas se han colocado al final de cada capítulo, en lugar de intercaladas entre el texto. De esta forma están a disposición del lector interesado, mientras que quienes quieran hacer una lectura más directa y ligera pueden leer el capítulo sin detenerse en dichas tablas. También hay que señalar que en esta parte final de los capítulos no se presentan las tablas y estadísticas de todas las estaciones muestreadas en el proyecto RADMED, porque sería inviable su inclusión en este informe, pero dicha información ha sido procesada y el Instituto Español de Oceanografía dispone de ella en caso de que sea necesaria.

El presente informe concluye en el capítulo 6 con un análisis de tendencias a largo plazo para aquellas series que tienen la longitud suficiente para dicho estudio. Este capítulo es una actualización de informes previos realizados por el Instituto Español de Oceanografía en 2008 y 2010 y muestra algunas de las alteraciones que el Cambio Climático está provocando en el Mediterráneo.

## Capítulo 1. Introducción



## 1. 1 El marco geográfico

En primer lugar, para aquellos lectores que no estén familiarizados con el Mar Mediterráneo, debemos situarlo, mostrando algunos de los accidentes geográficos más importantes que serán mencionados a lo largo de este texto.

Las aguas mediterráneas españolas se extienden desde el límite oriental del Estrecho de Gibraltar hasta la frontera española con Francia, en Portbou (provincia de Girona), incluyendo las aguas que rodean el Archipiélago Balear. Estas aguas se encuentran dentro de lo que se considera el Mediterráneo Occidental, o Cuenca Occidental, que es una de las dos grandes cuencas en las que se divide este mar (la otra sería el Mediterráneo o Cuenca Oriental). Si no consideramos el Estrecho de Gibraltar como parte del Mediterráneo, la Cuenca Occidental se extiende desde la línea imaginaria que une Punta Europa con Punta Almina (Fig. 1.1) hasta la línea que une Cabo Bon, en Túnez, con el Cabo Lilibeo, en la Isla de Sicilia.

Si hablamos del Mediterráneo en su conjunto, diremos que es un mar semicerrado, cuya única conexión natural con el resto de los océanos del planeta se produce a través del Estrecho de Gibraltar. Como veremos más adelante, esta conexión, junto con las características climáticas del Mediterráneo, determinan sus características físicas y biogeoquímicas.

Dentro del Mediterráneo Occidental se encuentra la Cuenca Argelino-Provenzal (Fig. 1.1), así como algunos mares que se muestran en la figura 1.1 de acuerdo con la definición de sus nombres y límites propuestos por la Organización Hidrográfica Internacional. Cabe destacar por su importancia dentro de las aguas españolas el Mar de Alborán, que se extiende desde el extremo oriental del Estrecho de Gibraltar hasta la línea que une el Cabo de Gata (Almería) con el Cabo Figalo en Argelia, y el Mar Balear, que se extiende desde el Cabo de San Antonio hasta el sur de la Isla de Formentera (Cabo Berbería), desde aquí hasta la Isla de Cabrera, la Isla del Aire, al sur de Menorca, y desde el cabo Favartix, al norte de Menorca, hasta el Cabo San Sebastián en la provincia de Girona.

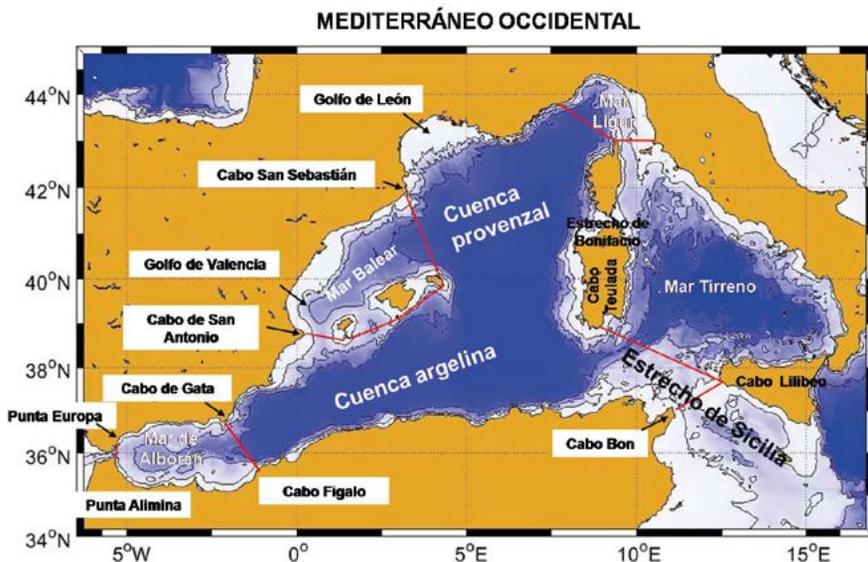


Figura 1.1. Cuencas en las que se divide el Mediterráneo Occidental.

## 1.2. El forzamiento climático y la circulación termohalina

Tan importante como definir el marco geográfico en el que se encuentran las aguas mediterráneas españolas, es describir su marco oceanográfico, es decir, las principales características físicas, químicas y biológicas de estas aguas, su circulación y los factores que las determinan. Solo de esta forma podremos entender los resultados obtenidos a partir de los sistemas o programas de monitorización que se mostrarán en este trabajo.

De forma muy resumida podríamos decir que la circulación del Mediterráneo y las características de sus masas de agua son el resultado del déficit hídrico del Mediterráneo, de la pérdida neta de calor hacia la atmósfera que sufre a través de su superficie y del intercambio de agua con el Océano Atlántico a través de Gibraltar.

El Mediterráneo es una cuenca de concentración, es decir, presenta un déficit hídrico debido a que la evaporación supera al agua dulce procedente de la lluvia y de los aportes de los ríos (ver por ejemplo, Criado-Aldeanueva et al., 2012; Ludwig et al., 2009; Struglia et al., 2004; Boutkir y Barnier, 2000; Tixeront, 1970, para una revisión de los valores de precipitación, evaporación y aportes anuales de ríos). En principio, y debido a este déficit de agua dulce, el Mediterráneo debería perder en torno a un metro de altura al año. Sin embargo, esto no ocurre debido a la conexión con el Atlántico. Pero la situación es algo más compleja. Debido a esta evaporación neta (exceso de la evaporación sobre los aportes de lluvias y ríos) las aguas que entran en el Mediterráneo a través de Gibraltar van haciéndose progresivamente más saladas y, en consecuencia, más densas. En verano, la superficie del mar absorbe calor de tal forma que el aumento de temperatura compensa el efecto de la salinidad sobre la densidad de las aguas. Sin embargo en invierno, los fríos y secos vientos continentales que soplan en el sector septentrional del Mediterráneo (Golfo de León, Adriático, norte del Egeo y sur de Rodas principalmente) producen un enfriamiento de las aguas que ya han aumentado considerablemente su salinidad. Ahora los dos factores actúan de forma conjunta sobre la densidad: el aumento de la salinidad y el enfriamiento de las aguas. Las aguas más densas situadas en la superficie del mar se mezclan con las aguas que se encuentran por debajo de ellas hundiéndose hasta llegar a la profundidad en la que alcanzan el equilibrio (encuentran aguas de igual densidad). Al mezclarse las aguas superficiales con las que se encuentran por debajo de ellas, se produce una homogenización de las distintas propiedades del agua. Si este proceso de mezcla violenta alcanza desde la superficie del mar hasta profundidades intermedias (150-300 m) decimos que se trata de un proceso de formación de aguas intermedias (Lacombe y Tchernia, 1972). Si por el contrario se mezcla y homogeniza toda la columna de agua desde la superficie hasta el fondo (2000 - 2500 m), decimos que se trata de un proceso de formación de aguas profundas (Fig. 1.2, Stommel, 1972; Anati y Stommel, 1970; MEDOC Group, 1970).

Estas aguas intermedias y profundas que se forman en invierno en el Mediterráneo son, según acabamos de ver, más saladas, más frías y consecuentemente más densas que las aguas que entran a través de Gibraltar procedentes del Océano Atlántico. Esta diferencia de densidad es responsable de que circulen hacia el Estrecho de Gibraltar por donde finalmente salen hacia el Atlántico.

Si se promedia el flujo de calor entre la superficie del Mediterráneo y la atmósfera a lo largo de todo el año y para toda la superficie del mar, el resultado es que el Mediterráneo pierde calor a un ritmo de unos  $5 \text{ W/m}^2$  (ver Criado-Aldeanueva et al., 2012; Ruiz et al., 2008 para

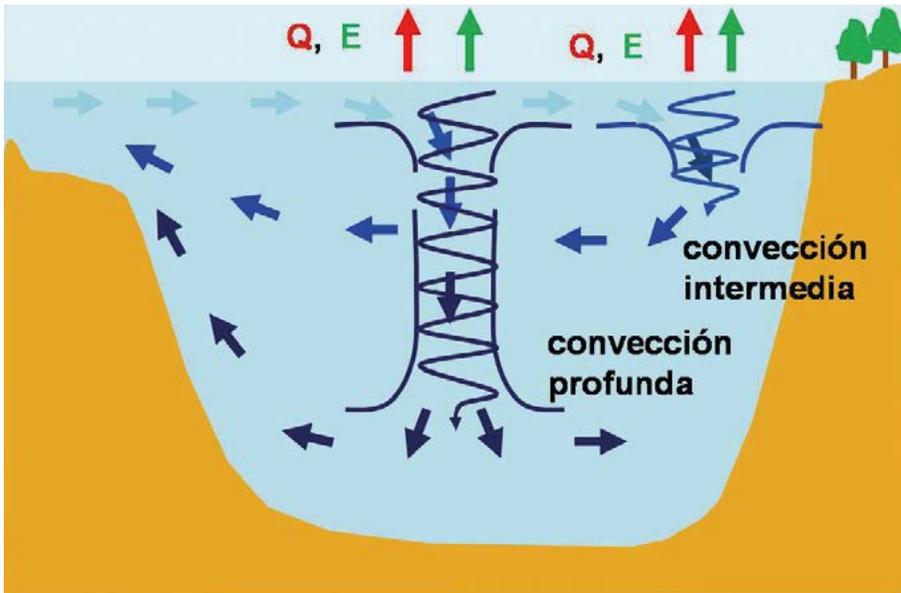


Figura 1.2. Esquema de la formación de aguas intermedias y profundas

una revisión de los flujos de calor en el Mediterráneo). Si admitimos que el Mediterráneo, en promedio y a lo largo de los años, se encuentra en un estado de equilibrio, tenemos que considerar que se establece un balance entre la evaporación neta, la pérdida de calor a través de la superficie y los flujos de agua, sal y calor intercambiados a través de Gibraltar. Este balance puede resumirse de la siguiente forma:

El volumen de agua que entra en superficie procedente del Atlántico es igual al volumen de agua que sale en profundidad a través del Estrecho más la evaporación neta del Mediterráneo. De esta forma se establece un balance de agua o volumen. En segundo lugar, el agua que entra procedente del Atlántico es menos salada que el agua que sale desde el Mediterráneo. Sin embargo, al ser mayor el volumen del agua entrante que el del agua saliente, la cantidad de sal intercambiada es la misma. Finalmente, el agua de la Corriente Atlántica es más cálida que la de la corriente mediterránea, y por tanto se produce un transporte neto de calor hacia el interior del Mediterráneo. Este transporte de calor compensa las pérdidas de  $5 \text{ W/m}^2$  que se producen a través de la superficie del mar (Bethoux, 1979).

Esta circulación de agua entrante, su transformación en aguas más densas y su circulación en sentido inverso hacia el Atlántico es lo que se conoce como circulación termohalina (inducida por el cambio de temperatura y salinidad) del Mediterráneo. Esta circulación termohalina es similar a la que se produce a escala planetaria sobre los océanos del mundo, lo que ha llevado a considerar al Mediterráneo como un océano en miniatura o un laboratorio natural (bethoux et al., 1999).

### 1.3. Masas de agua y circulación en el Mediterráneo Occidental

Como ya hemos comentado, las aguas del Atlántico fluyen en superficie a través del Estrecho de Gibraltar. La primera limitación que condiciona las características de las aguas que circulan en el Mediterráneo es la profundidad del Estrecho. En el umbral de Camarinal, situado entre Punta Camarinal (al Oeste de Bolonia, Cádiz) y Punta Malabata (Tánger, Marruecos), la máxima profundidad es de unos 300 m. En consecuencia, las características de las aguas entrantes en el Mediterráneo serán aproximadamente las mismas que tienen las aguas del Atlántico en sus primeros 300 m (Fig. 1.3). Nos referimos a esta masa de agua, que circula en la parte más superficial del Mediterráneo, como Agua Atlántica (AA).

La primera cuenca que encuentran estas aguas una vez en el Mediterráneo es el Mar de Alborán. A su salida del Estrecho, la Corriente Atlántica toma una orientación nordeste, acercándose a las costas españolas a la altura de la Punta de Calaburras, al oeste de la localidad de Fuengirola (Fig. 1.4). Esta corriente describe un giro anticiclónico (en el sentido de las agujas del reloj) en la parte occidental de Alborán y un segundo giro anticiclónico en la parte oriental de Alborán (al este del Cabo Tres Forcas, Fig. 1.4, Viúdez et al., 1996; Parrilla y Kinder, 1987; Parrilla, 1984).

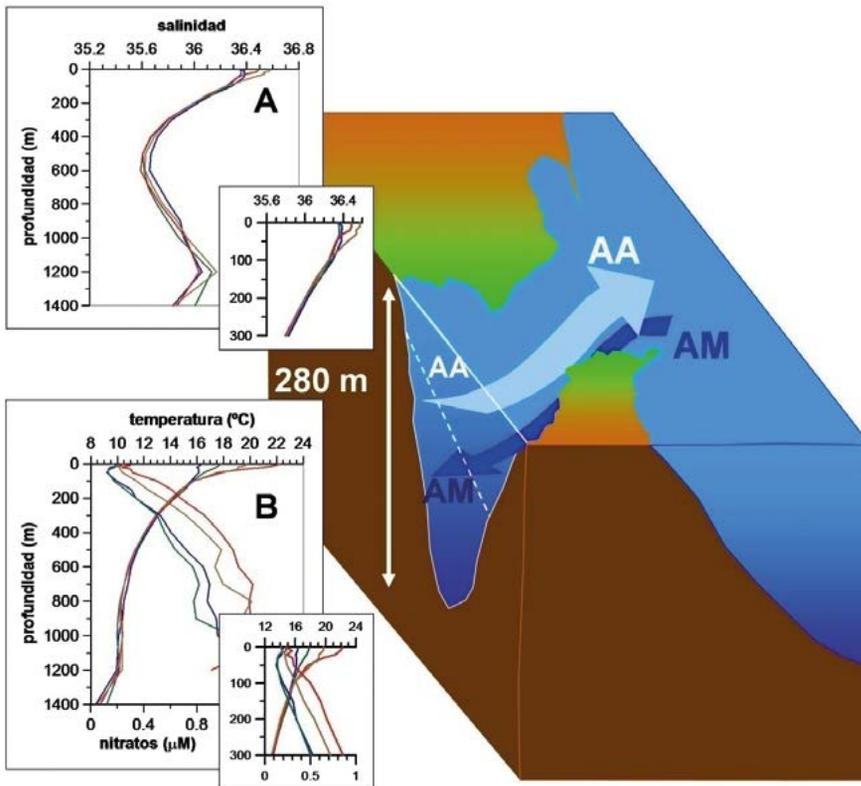


Figura 1.3. Esquema de circulación a través del Estrecho de Gibraltar. Figura 1.3A, perfiles estacionales climatológicos de salinidad en el Golfo de Cádiz. Se incluye detalle de los 300 m superiores de la columna de agua. Figura 1.3B, perfiles estacionales climatológicos de temperatura y concentración de nitratos en el Golfo de Cádiz. Se incluye detalle de los 300 m superiores de la columna de agua.

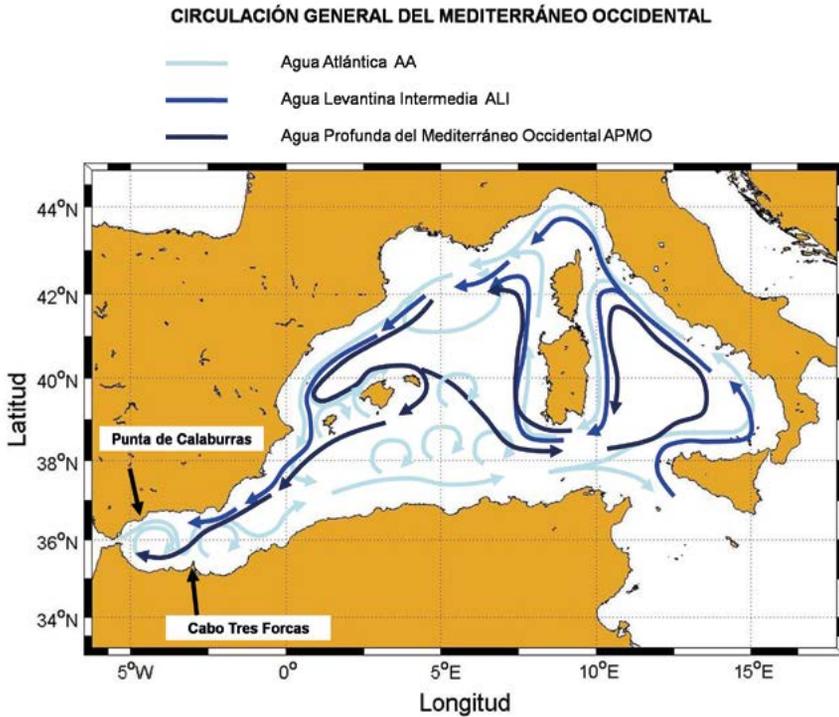


Figura 1.4. Esquema general de la circulación del Mediterráneo Occidental

Tras describir este segundo giro anticiclónico la corriente continúa a lo largo del talud continental de Argelia recibiendo el nombre de Corriente Argelina. Esta corriente es inestable y de ella se desprenden frecuentemente giros ciclónicos (contrarios a las agujas del reloj) y anticiclónicos. Estos últimos tienen una mayor duración y constituyen un mecanismo importante de transporte de aguas atlánticas hacia el norte de la cuenca a través de los canales baleares: el Canal de Ibiza, entre la península e Ibiza, y el Canal de Mallorca, entre Ibiza y Mallorca (Millot, 1999). La Corriente Argelina se bifurca al sur de Cerdeña de tal forma que una rama se dirige hacia el Estrecho de Sicilia para finalmente pasar al Mediterráneo Oriental y otra rama entra en el Tirreno donde describe un giro ciclónico. Una parte de esta corriente sale del Tirreno a través del Canal de Córcega hacia el Mar Ligur, mientras que otra sale del Tirreno al sur de Cerdeña para girar hacia el norte hasta unirse a la corriente que atraviesa el Canal de Córcega. Ambas ramas, al unirse, forman la corriente que inicialmente se denominó del Mar Ligur. Posteriormente se conoció que esta corriente continuaba hacia el oeste a lo largo del talud continental de la costa francesa y hasta las costas catalanas recibiendo el nombre actual de Corriente Septentrional. Finalmente, gira hacia el sur a lo largo del talud continental de la costa peninsular española (Millot, 1999). Al llegar al Canal de Ibiza, una parte prosigue hacia el sur para terminar girando al este y completar un circuito ciclónico en el Mediterráneo Occidental. Otra parte cambia su orientación hacia el nordeste, al norte de las Islas Baleares, formando la Corriente Balear (Ruiz et al., 2009; Pinot y Ganachaud, 1999; Pinot et al., 1995).

Aunque nuestro interés se centra en el Mediterráneo Occidental, en el cual se enmarcan las aguas españolas objeto del presente estudio, no podemos entender su dinámica sin conocer algo de lo que acontece en el Mediterráneo Oriental, al este del Estrecho de Sicilia.

La rama del AA que entra en el Mediterráneo Oriental a través del Estrecho de Sicilia, va haciéndose cada vez más salada debido a la intensa evaporación a la que está sometida, de tal forma que en verano, al sur de la Isla de Rodas, o frente a las costas de Israel y Siria, la salinidad de estas aguas ha podido incrementarse desde los 36,2 o 36,3 ups que tenía en el Estrecho de Gibraltar, hasta 39,2 ups. Este aumento de la salinidad conllevaría un importante incremento de la densidad de estas aguas, sin embargo, el aumento de temperatura que se produce en verano compensa tal aumento de salinidad. En invierno se produce un importante enfriamiento de las aguas superficiales debido a vientos muy fríos y secos que soplan desde el continente durante las tormentas invernales. La elevada salinidad de las aguas superficiales, combinada con el descenso de la temperatura, ocasiona un incremento de la densidad de estas aguas. Al ser las aguas superficiales más densas que aquellas que se extienden por debajo de la superficie, se produce una situación de inestabilidad que conduce a la mezcla de la columna de agua. Esta columna de agua totalmente mezclada desde la superficie hasta los 200 o 300 m de profundidad, y con valores de temperatura y salinidad de alrededor de 15 °C y 38,9 ups respectivamente, recibe el nombre de Agua Levantina Intermedia (ALI, Malanotte-Rizzoli et al., 2003; Nittis y Lascaratos, 1999, Wüst, 1961).

Una vez se relajan las severas condiciones invernales, estas aguas más densas se hunden y extienden por todo el Mediterráneo Oriental, siendo reemplazadas en superficie por AA que sigue fluyendo desde la Cuenca Occidental.

El ALI fluye hacia el oeste, y a medida que realiza este viaje va alterando sus características debido a las mezclas con el AA que fluye sobre ella en dirección contraria. Así, en el Canal de Sicilia su temperatura y salinidad están en torno a 14 °C y 38,75 ups, y ya en la Cuenca Occidental estos valores siguen descendiendo hasta 13,2 °C y 38,5 ups en el Mar de Alborán. No obstante, antes de cruzar el Canal de Sicilia, el ALI se ve envuelta en un nuevo proceso de formación de masas de agua. Parte del ALI se adentra en el Adriático, donde la intensidad de los vientos invernales es mayor que en la Cuenca Levantina y el descenso de la temperatura de las aguas superficiales es más intenso. Aunque el proceso es algo más complicado e involucra tanto a la parte norte del Adriático, más somera y con fuerte influencia de los aportes de los ríos, como a la parte sur del Adriático, simplemente diremos aquí que el resultado es la mezcla de toda la columna de agua, desde la superficie hasta unos 1200 m, que es la máxima profundidad alcanzada en el Adriático Sur, hasta alcanzar valores de 13 °C y 38,5 ups. Esta agua recibe el nombre de Agua Profunda del Adriático, y tras pasar el Estrecho de Otranto se hunde y extiende por toda la Cuenca Oriental. Al hundirse, esta agua se mezcla con el ALI y adquiere sus propiedades finales: unos 13,3 °C y 38,63 ups.

Pero volvamos a la parte occidental del Mediterráneo que es el objeto de nuestro interés. El ALI, situada aproximadamente entre 150 y 300 m de profundidad, atraviesa el Canal de Sicilia hacia el oeste, y tal y como muestra la línea azul oscura de la figura 1.4, sigue una circulación similar a la del AA que ocupa la capa más superficial. Finalmente, al llegar al Mar de Alborán, se encamina hacia el Estrecho de Gibraltar para salir hacia el Atlántico. Sin embargo, antes de salir, y tal y como ocurría en el Mediterráneo Oriental, esta masa de agua participa en un nuevo proceso de convección profunda y formación de nuevas masas de agua.

La zona del Mar Ligur y, sobre todo, la zona situada al sur del Golfo de León, se caracterizan por una circulación ciclónica. Este tipo de circulación produce la elevación de las masas de agua en el centro del giro. De esta forma las aguas levantinas se acercan a la superficie. Las intensas y frecuentes tormentas invernales en esta zona, asociadas nuevamente a vientos fríos y secos de origen continental, producen un aumento de la salinidad y un descenso de la temperatura de las aguas superficiales que llegan a alcanzar la densidad del ALI que se sitúa justo por debajo de ellas. Así, en una fase inicial que se denomina de pre-condicionamiento, el AA y el ALI se llegan a mezclar homogeneizándose los primeros 400 o 500 m de la columna de agua. A finales de invierno, la persistencia de estas fuertes tormentas hace que continúe el enfriamiento de estas aguas hasta que, finalmente, llegan a mezclarse con las aguas más profundas. Así, llega a homogeneizarse toda la columna de agua, desde la superficie hasta el fondo del mar (2000 o 2500 m en esta región) y se forma lo que se denomina Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (APMOc) con valores de temperatura y salinidad en torno a los 12,7-12,9 °C y 38,4 ups (Smith et al., 2008; Leaman and Schott, 1991; MEDOC Group, 1970). Esta agua se hunde y extiende por todo el Mediterráneo Occidental siguiendo la habitual circulación ciclónica dentro de la cuenca para finalmente salir por el Estrecho de Gibraltar (línea negra en la Figura 1.4). Hay que resaltar que una vez en el Estrecho, se produce una fuerte mezcla entre el ALI y el APMOc de tal manera que es difícil diferenciar las propiedades de ambas masas de agua.

Aunque se ofrecerán más detalles sobre las características oceanográficas de cada una de las zonas del Mediterráneo español en las que se centra el presente estudio, de momento la breve descripción de la circulación y las masas de agua del Mediterráneo que acabamos de realizar nos indica que el Mediterráneo Occidental es un mar en el que se distinguen tres capas: Una capa superior de AA que entra a través del Estrecho de Gibraltar con baja salinidad, otra capa intermedia situada entre los 150 y 600 m, ocupada por el ALI y que procede del Mediterráneo Oriental, y una capa profunda que se extiende por debajo del agua levantina hasta el fondo del mar.

## 1.4. Propiedades químicas y biológicas del Mediterráneo Occidental

El Mar Mediterráneo tiene un carácter oligotrófico que se acentúa de oeste a este y también de norte a sur (Powley et al., 2017; Siokou-Frangou et al., 2010; D'Ortenzio and Ribera D'Alcalá, 2009; Bethoux et al., 2002, 1998). El origen de esta oligotrofia está precisamente en la circulación termohalina que acabamos de describir brevemente. Las aguas superficiales que entran desde el Atlántico a través del Estrecho de Gibraltar están empobrecidas en nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos) debido al consumo por parte del fitoplancton en las capas superiores bien iluminadas. Por el contrario, las aguas mediterráneas que salen en forma de corriente profunda hacia el Atlántico, tienen elevadas concentraciones de nutrientes, de tal forma que el transporte de nitratos, fosfatos y silicatos resulta negativo para el Mediterráneo, es decir, se produce una pérdida neta. Si aceptamos que, en primera aproximación, el Mediterráneo se encuentra en equilibrio, deben existir fuentes externas de nutrientes que cierren el balance. Estas fuentes parecen ser los aportes de los ríos, así como las deposiciones de polvo atmosférico, e incluso la fijación de nitrógeno a cargo de algunas bacterias autótrofas (Bethoux et al., 1998, Macías et al., 2018; 2014).

El Mediterráneo se caracteriza por la existencia de dos periodos claramente diferenciados: una época estratificada, desde mediados de primavera a finales de otoño, y una segunda etapa en invierno en la que se produce la mezcla de la parte superior de la columna de agua. Durante el primero de estos dos periodos los nutrientes son escasos o están agotados en las capas superficiales y las comunidades fitoplanctónicas están dominadas por la fracción de menor tamaño, es decir, el picoplancton (Siokou-Frangou et al., 2010; Arín et al., 2005; Estrada, 1985) tanto eucariota como procariota (bacterias fotoautótrofas de los géneros *Synechococcus* y *Prochlorococcus*). Durante este periodo estratificado es prácticamente ubicua la presencia de un Máximo Profundo de Clorofila (MPC) sobre la base de la termoclina (Segura-Noguera et al., 2016; Lavigne et al., 2015; Estrada, 1996, 1985). La intensidad de este máximo decrece y su posición se hace más profunda a medida que nos desplazamos hacia el este y hacia el sur del Mediterráneo. Aunque la formación de este máximo de clorofila se debe en parte a la fotoaclimatación de las células fotoautótrofas a las bajas condiciones de luz en aguas sub-superficiales, e incluso a la subducción de detritus o células desde capas superiores, se ha observado que, en general, este máximo coincide con una mayor abundancia de células fitoplanctónicas y son el resultado de un crecimiento *in situ* y un aumento de la producción primaria (Estrada, 1985). Este máximo suele ir acompañado de un máximo de oxígeno disuelto a la misma profundidad que el MPC o en posiciones ligeramente más someras.

Desde las capas superficiales donde los nutrientes están prácticamente agotados durante la época estratificada, éstos aumentan con la profundidad debido a los procesos de oxidación llevados a cabo por las bacterias nitrificantes, alcanzándose valores máximos de alrededor de 9  $\mu\text{M}$  para los nitratos y 0,45  $\mu\text{M}$  para los fosfatos coincidiendo con la profundidad en la que se sitúa el núcleo del ALI (entre los 200 y 400 m, dependiendo de la zona del Mediterráneo). Por debajo de esta profundidad y hasta el fondo se produce un ligero descenso de estas concentraciones hasta valores en torno a 8-8,5  $\mu\text{M}$  y 0,4  $\mu\text{M}$  para los nitratos y fosfatos respectivamente (Schroeder et al., 2010). Estos valores máximos asociado al ALI, y ligados además a un mínimo de oxígeno disuelto, son producidos por la remineralización de la materia orgánica hundida durante el proceso de formación del ALI (Balbín et al., 2014), así como por aquella recibida a lo largo de su trayectoria desde la zona próxima a la Isla de Rodas hasta el Mediterráneo Occidental. Sin embargo, en el caso de los silicatos no ha sido observado este valor máximo y simplemente aumentan desde la superficie hasta el fondo de la cuenca donde alcanzan concentraciones en torno a 8  $\mu\text{M}$ . La ausencia de un máximo de silicatos en las aguas intermedias se ha asociado a menores tasas de remineralización (García-Martínez et al., 2018a, Minas et al., 1991).

A partir de finales de otoño y, sobre todo durante el invierno, las tormentas producen una mezcla de la capa superior de la columna de agua inyectando nutrientes en la capa fótica. Como resultado, se produce una proliferación fitoplanctónica en otoño y principio de primavera, mientras que la mezcla profunda en invierno puede ocasionar una limitación del crecimiento fitoplanctónico por falta de luz. Estas proliferaciones (“*bloom*” en la literatura en inglés), en otoño y a principios de primavera se caracterizan por un aumento en la proporción de células grandes tales como diatomeas. Al mismo tiempo, las elevadas concentraciones fitoplanctónicas pueden apreciarse en superficie siendo más homogénea la distribución vertical de nutrientes y clorofila a lo largo de columna de agua, llegando incluso a desaparecer el MPC. A medida que avanza la primavera se desarrolla la termoclina estacional y desciende la frecuencia e intensidad de las tormentas. En consecuencia se inhibe el aporte de nutrientes desde las capas profundas hacia la capa fótica y, a medida que éstos son consumidos por el fitoplancton, se

vuelve a la situación estival descrita anteriormente, con predominio de las células pequeñas y de la producción regenerada, basada en el consumo de amonio, sobre la producción nueva, basada en la utilización de nitratos.

Sin embargo, diversos trabajos han mostrado que este patrón, generalmente aceptado, puede presentar importantes variaciones dependiendo de la zona concreta del Mediterráneo que consideremos (D'Ortenzio y Ribera d'Alcalá, 2009). A pesar de su carácter oligotrófico, el Mediterráneo parece presentar tasas de producción primaria más elevadas de lo esperado, lo que se ha denominado la "paradoja mediterránea" (Estrada, 1996; Sournia, 1973). La explicación de esta paradoja parece estar en altas tasas de producción regenerada y en la existencia de mecanismos capaces de fertilizar la capa fótica y disminuir la oligotrofia general de este mar en algunas zonas. Uno de estos mecanismos sería la formación de aguas profundas e intermedias, capaces de aportar grandes cantidades de nutrientes a las capas superficiales de la columna de agua. Estos procesos se producirían en la zona noroccidental del Mediterráneo, frente al Golfo de León y el Mar Ligur, en el sur del Adriático, en el Egeo, o al sur de la Isla de Rodas. Otro de los procesos responsables de la fertilización de ciertas áreas del Mediterráneo sería la existencia de frentes y estructuras de mesoescala tales como giros de circulación ciclónica, los cuales favorecen la circulación vertical de las aguas y, consecuentemente, el aporte de nutrientes a la capa fótica. Entre estos frentes y estructuras destacarían el del sector noroccidental del Mar de Alborán, el frente Almería-Orán, en la parte más oriental de esta cuenca, el frente sobre el talud continental frente a las costas catalanas, y el frente a lo largo de la parte septentrional de las Islas Baleares. Estos dos últimos frentes están asociados a la extensión hacia el sur de la Corriente Septentrional que recorre el Mar Ligur y el Golfo de León, y a su continuación hacia el este a lo largo de la denominada Corriente Balear. Otra zona frontal importante se observa al norte del Mar Egeo, y estaría generada por el encuentro de las aguas poco saladas procedentes del Mar Negro con las aguas más saladas del Egeo. Finalmente, otro factor capaz de disminuir la oligotrofia del Mediterráneo son los aportes de nutrientes ocasionados por ríos tales como el Ródano, en la plataforma continental del Golfo de León, el Po en el Adriático, el Ebro en la plataforma continental catalana, o el Nilo en las costas de Egipto. Estos aportes de nutrientes pueden llegar a generar procesos de eutrofización (Macías et al., 2018) y consecuentemente zonas de hipoxia en áreas próximas a la desembocadura de estos ríos. Otra zona eutrófica sería la del Golfo de Gabes, en Túnez, tal y como reflejan las altas concentraciones de clorofila medidas desde satélite. Sin embargo, en este caso no está claro si se trata del resultado de vertidos urbanos e industriales, o es simplemente un problema de calibración de las medidas de satélite en aguas muy someras.

Esta gran variedad de procesos han llevado a algunos autores a establecer diferentes regiones en el Mediterráneo según el momento y la intensidad de la proliferación o "bloom" primaveral, así como de la forma de los perfiles verticales de clorofila. De esta forma se han caracterizado zonas con un fuerte *bloom* a finales de invierno seguido de un periodo estratificado durante la primavera, verano y parte del otoño, otras zonas donde no se observan fuertes proliferaciones fitoplanctónicas durante todo el año, etc.

Las aguas mediterráneas españolas abarcan una zona amplia del Mediterráneo Occidental cubriendo prácticamente todo su rango de latitud, desde el Mar de Alborán, en la parte más meridional, hasta las aguas catalanas próximas al Golfo de León y a las zonas de formación de aguas profundas. Entre estos extremos el Archipiélago Balear constituye una zona de transición entre las aguas más meridionales, de mayor influencia atlántica, y las aguas situadas al norte de las

islas donde las aguas atlánticas han sufrido una modificación más severa tras recorrer todo el Mediterráneo Occidental. Los Canales Baleares, entre las islas de Ibiza, Mallorca y Menorca constituyen zonas de intercambio de aguas con diferentes características. En consecuencia, cabe esperar que las aguas mediterráneas que rodean la costa peninsular e insular española estén afectadas por una gran variedad de fenómenos que modulen sus propiedades físicas, químicas y biológicas de forma similar a la que hemos descrito para todo el Mediterráneo Occidental.

## Capítulo 2. El proyecto de monitorización medioambiental RADMED



El proyecto RADMED: “Series temporales de datos oceanográficos en el Mediterráneo” surge en el año 2007 con el objeto de unificar y extender otros proyectos anteriores del Instituto Español de Oceanografía (IEO) dedicados a la monitorización medioambiental de las aguas mediterráneas españolas.

En 1992 empezó el proyecto ECOMÁLAGA que se encargaba del seguimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas que rodean la Bahía de Málaga. Inicialmente, los muestreos se limitaban a la plataforma continental situándose las estaciones más profundas en la ruptura de la plataforma con profundidades en torno a los 200 m. En el año 2000 se incluyeron algunas estaciones sobre el talud continental. Las campañas se realizaban de forma trimestral, (una por cada estación del año), e incluían perfiles de temperatura y salinidad con batisondas CTD (del inglés Conductivity-Temperature-Depth), tomas de muestras de agua para la medida de la concentración de oxígeno disuelto, nutrientes inorgánicos (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos), clorofila-a, abundancia de células micro-fitoplanctónicas, y arrastres con redes Bongo de 250  $\mu\text{m}$  de luz de malla para el estudio de la abundancia y composición taxonómica del meso-zooplancton.

En 1994 empezó un programa similar a ECOMÁLAGA en las aguas de la plataforma continental alrededor de Cabo de Palos, en la comunidad autónoma de Murcia: ECOMURCIA. En este caso no se incluía la toma de muestras de agua para el análisis de las poblaciones micro-fitoplanctónicas ni se realizaban arrastres para el estudio del meso-zooplancton.

También en 1994 se inició el proyecto ECOBALEARES, en el cual se muestreaba un transecto formado por tres estaciones oceanográficas situadas al sur de la Bahía de Palma de Mallorca. El muestreo era inicialmente mensual pasando a ser trimestral a partir del año 2000. En este caso sí se incluían muestras de agua para el estudio del micro-fitoplancton, así como arrastres para la obtención de muestras meso-zooplanctónicas.

Finalmente, en 1996 comenzó el proyecto CIRBAL, dedicado al estudio de la circulación y las masas de agua en los Canales Baleares. El muestreo era trimestral y estaba más orientado hacia la oceanografía física, de tal forma que en sus estaciones se realizaban fundamentalmente perfiles de temperatura y salinidad con batisondas CTD, aunque en algunos casos también se tomaban muestras de agua para el análisis de las concentraciones de nutrientes y clorofila-a.

En 2007, como ya indicamos, todos los proyectos anteriores se integraron en un único programa multidisciplinar dedicado a la monitorización de la plataforma y talud continental de las aguas mediterráneas españolas, incluyendo algunas estaciones profundas. De forma general, las estaciones oceanográficas que conforman el proyecto RADMED se distribuyen en forma de radiales o transectos con una orientación más o menos perpendicular a la costa. Estos transectos incluyen la práctica totalidad de las estaciones pertenecientes a los ya descritos proyectos ECOMÁLAGA, ECOMURCIA, ECOBALEARES y CIRBAL, a los que se añadieron algunas estaciones nuevas para extender el seguimiento de las aguas mediterráneas hacia el talud continental y hacia las aguas más profundas. También se incluyeron radiales nuevas para la monitorización de las aguas situadas en la plataforma y talud continental de Cataluña, concretamente frente a la desembocadura del Ebro y frente a la ciudad de Barcelona. Igualmente se incluyó un transecto al nordeste de la Isla de Menorca y una estación profunda al sur de la Isla de Cabrera. La figura 2.1 muestra la situación de todas las estaciones muestreadas.

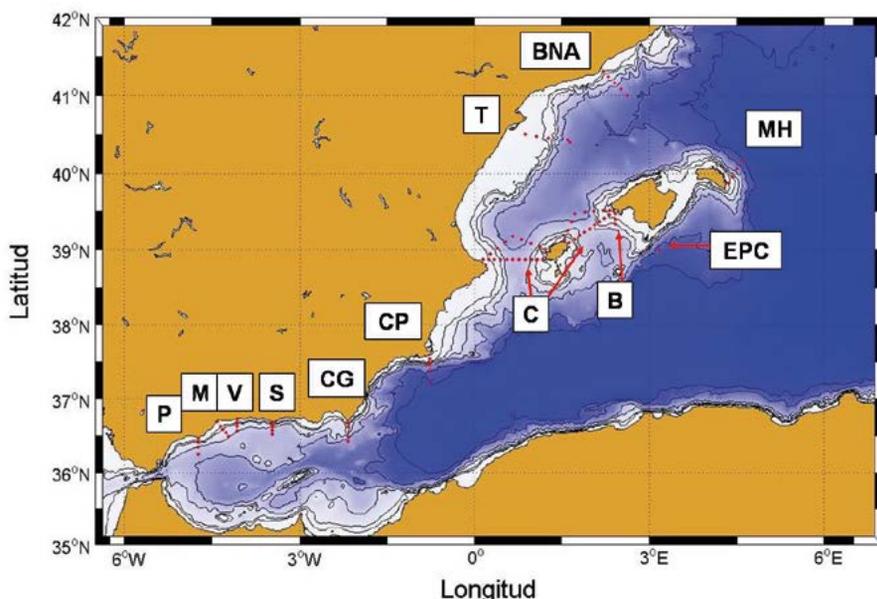


Figura 2.1. Mapa de las estaciones muestreadas en las campañas RADMED

Todas las estaciones son visitadas trimestralmente, una vez por estación del año. Dentro de cada radial, las estaciones se nombran con la letra correspondiente a su radial más un número en orden creciente desde costa hacia mar abierto. Así, por ejemplo, en el Mar de Alborán se monitorizan cinco radiales: Cabo Pino (P), Málaga (M), Caleta de Vélez (V), Cabo Sacratif (S) y Cabo de Gata (CG). La estación más próxima a la costa dentro de la radial de Cabo Pino se nombra como P1, mientras que la más exterior en este caso sería P4. En la zona del levante español se sitúa la radial CP, al sur de Cabo de Palos. Las estaciones correspondientes a esta radial, desde costa hacia mar abierto, van de la CP1 hasta la CP5. En los Canales de Ibiza y Mallorca se sitúan 37 estaciones correspondientes a las estaciones muestreadas anteriormente en el proyecto CIRBAL. Las estaciones C1 a C10 forman la base del triángulo situado entre Mallorca e Ibiza. Las estaciones C11 a C21 forman la base del triángulo entre Ibiza y la costa peninsular. Las estaciones C22 a C29 forman la parte norte del triángulo que ocupa el Canal de Ibiza, y las estaciones C30 a C37 conforman la parte norte del triángulo correspondiente al Canal de Mallorca. Las estaciones B1 a B3 forman el transecto B, al sur de la Isla de Mallorca, siendo éstas las antiguas estaciones del proyecto ECOBALEARES. En el contexto del presente proyecto RADMED se ha incluido la estación EPC: Estación Profunda de Cabrera, con el objeto de tener una estación que permitiese muestrear las propiedades físicas de las masas de agua mediterráneas de esta región hasta los 2300 m de profundidad. También se incluyó en 2007 el transecto MH (Mahón), con cuatro estaciones al nordeste de la Isla de Menorca, y los transectos T y BNA frente a la desembocadura del Ebro (Tarragona) y frente a Barcelona, con 4 y 5 estaciones respectivamente.

En todas las estaciones se obtienen perfiles de temperatura y salinidad mediante una batisonda CTD modelo SBE 911 instalada en una roseta modelo SBE 32. La roseta está equipada con doce botellas Niskin. El CTD está equipado con un sensor de oxígeno disuelto modelo SBE43. Además de las calibraciones periódicas llevadas a cabo por el fabricante, al principio y al final de cada campaña (si ésta dura más de una semana) se toman muestras de agua a diferentes profundidades o solo al principio de la campaña (si la duración es menor) para realizar una

calibración del sensor de conductividad (salinidad), así como del sensor de oxígeno disuelto. Las medidas de salinidad para las calibraciones se realizan en el laboratorio mediante un autoanalizador modelo Guildline 8400 Autosal, y las determinaciones del oxígeno disuelto se realizan mediante valoración por el método Winkler (Strickland and Parsons, 1972).

En todas las estaciones se toman muestras de agua para la determinación de la concentración de clorofila-a a 0, 10, 20, 50, 75 y 100 m. En las estaciones donde no se alcanzan los 100 m, las muestras se toman en las citadas profundidades discretas hasta la máxima profundidad de la estación. Para la determinación de nutrientes inorgánicos se muestrean las profundidades de 0, 10, 20, 50, 75, 100, 200, 300, 500, 700, 1000 m y fondo (o hasta la máxima profundidad para estaciones más someras). Para la determinación de las concentraciones de nutrientes se recoge agua de las botellas Niskin en viales de 12 ml que son congelados a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en el laboratorio. Las concentraciones de nitratos, nitritos y silicatos se determinan por el método de Armstrong et al. (1967) modificado por Grasshof (1969). Las concentraciones de fosfatos se determinan por el método de Treguer y Le Corre (1975). Todos estos métodos han sido adaptados para el caso de aguas oligotróficas y son realizados mediante un autoanalizador Technicon AAIII y QuAAtro Marine SEAL 25 Analytical. Para la determinación de la concentración de clorofila-a, se filtra 1l de agua en cada profundidad a través de filtros Whatmann GF/F de 0,7 micras de poro. Los filtros son congelados y preservados a oscuras a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en laboratorio por fluorimetría (Holm-Hansen et al., 1965), usando un espectro-fluorómetro Turner 10AU previamente calibrado con clorofila-a pura.

Las estaciones etiquetadas como "2" dentro de cada radial se sitúan dentro de la plataforma continental y se consideran representativas de las condiciones medioambientales en la plataforma. En todas las estaciones 2 se toman muestras de agua a las profundidades discretas anteriormente citadas (0, 10, 20, 50, 75 y 100 m) para el análisis del micro-fitoplancton ( $> 20\text{ }\mu\text{m}$ ). Las muestras se toman en botes de 150 ml y se fijan con una disolución de lugol ácido, siendo almacenadas en oscuridad hasta su análisis en el laboratorio. El recuento de células se realiza usando un microscopio invertido tras la sedimentación de un volumen de muestra que puede variar dependiendo de la concentración de células (Utermöhl, 1958). En primer lugar se cuentan las células correspondientes a todo el fondo de la cámara de sedimentación usando un aumento de 50X. A continuación se realiza un recuento sobre dos transectos del fondo de la cámara de sedimentación con un aumento de 100X. Finalmente se repite el recuento sobre un transecto con un aumento de 200X. Las determinaciones se realizan a nivel de género en casi todos los casos, y de especie cuando resulta posible. Finalmente los resultados son agregados construyéndose series temporales para tres grandes grupos: diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados. En estas series temporales no se analizan los cocolitofóridos. El motivo es que este grupo sufre una rápida disolución en lugol ácido. Sí se ha conseguido una buena conservación de estas muestras en una disolución débil de formaldehído tamponada con hexametilentetramina (Thomas, 1997; Sourmia, 1978). Sin embargo, esto supondría la toma de muestras por duplicado en cada estación y en cada profundidad, utilizando dos métodos de fijación según vayan a estudiarse los demás grupos o los cocolitofóridos. De momento, la falta de espacio a bordo y, sobre todo, de personal cualificado durante las campañas y para el análisis en el laboratorio, impide duplicar las muestras. Igualmente sería necesario muestrear tanto las poblaciones de la plataforma continental como las del talud. Nuevamente la gran demanda de tiempo de análisis y personal que conlleva el estudio del micro-fitoplancton impiden realizar este estudio, por lo que, por el momento, se limita a las estaciones 2 de plataforma.

En el caso de las fracciones más pequeñas, es decir, el nano ( $2\text{-}20\text{ }\mu\text{m}$ ) y el picoplancton ( $0,2\text{-}2\text{ }\mu\text{m}$ ), el análisis se realiza mediante citometría de flujo, siendo menor la demanda de tiempo.

Por esta razón se toman muestras en las estaciones 2 y 4 de cada radial y en las profundidades discretas ya mencionadas (hasta un máximo de 100 m). Las muestras se toman en criotubos de 5 ml, son fijadas con 200  $\mu$ l de una solución de glutaraldehído al 50 % y congeladas a  $-80^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en laboratorio. Dicho análisis se realiza mediante un citómetro de flujo FACSCalibur (Becton Dickinson). Las células nano y piceocariotas, así como las pico-procariotas pertenecientes a los géneros *Synechococcus* y *Prochlorococcus* son determinadas a partir de sus propiedades específicas de auto-fluorescencia y las diferencias de dispersión lateral (Gasol, 1999).

Los protocolos de muestreo del proyecto RADMED (López-Jurado et al., 2015; [www.repositorio.ieo.es/e-ieo/handle/10508/1762](http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/handle/10508/1762)) establecen que en las estaciones 2 (plataforma) y 4 (talud) de cada radial se realicen arrastres oblicuos con redes BONGO de 100 y 250  $\mu\text{m}$  de luz de malla para el estudio del micro y meso-zooplankton. Las redes están equipadas con flujómetros para determinar el volumen filtrado. Los arrastres se realizan desde los 100 m de profundidad hasta la superficie cuando la profundidad de la estación supera los 100 m, y desde el fondo cuando éste es menor. Inmediatamente tras la obtención de la muestra, éstas son separadas en dos fracciones mediante un divisor de plancton tipo Folsom para el análisis taxonómico y la determinación del peso seco. Las sub-muestras para estudios taxonómicos son conservadas en una solución de formaldehído al 4 %, tamponada con hexametilentetramina. Las muestras son determinadas a nivel de grandes grupos: copépodos, apendicularias, cladóceros, doliólidos, ostrácodos, quetognatos, sifonóforos y escifozoos y las abundancias se expresan como individuos por metro cúbico. Las muestras para la determinación de la biomasa zooplancónica (peso seco) son congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Estas muestras son filtradas mediante filtros Whatman GF/C de 1,2  $\mu\text{m}$  de poro. Los filtros son secados en un horno a  $60^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas y almacenados en un desecador durante 1 hora. Los filtros son pesados y la biomasa es calculada como la diferencia entre el peso inicial y final del filtro. Dicha biomasa es expresada en  $\text{mg}/\text{m}^3$  (Harris et al., 2000; Lovegrove, 1966).

La tabla 2.1 muestra la posición y profundidad de todas las estaciones correspondientes al proyecto RADMED, así como el tipo de muestreo realizado en cada una de ellas. Además de incluirse esta tabla para la completitud del presente trabajo, se pretende que el lector sepa cuál es el tipo de información disponible en cada una de las zonas del Mediterráneo español y pueda solicitarla en caso necesario.

Es importante resaltar que el mantenimiento de un sistema de monitorización marina, con una periodicidad estacional sobre una región tan extensa como son las aguas mediterráneas españolas, presenta innumerables dificultades. Éstas incluyen desde el mal tiempo que impide realizar los trabajos previstos, hasta la falta de disponibilidad de buques oceanográficos en las épocas establecidas, las averías en la instrumentación, o la falta de personal. Además, el proyecto RADMED se ha ido construyendo poco a poco desde 1992, cuando comenzó ECOMÁLAGA, el primero de los programas de monitorización marina del IEO en el Mediterráneo, hasta 2007 cuando todos los programas anteriores se unificaron. De forma gradual se han ido añadiendo estaciones oceanográficas que completasen la cobertura espacial del proyecto y se han incluido en el muestreo nuevas variables que han permitido una mejor descripción del estado medioambiental de los ecosistemas marinos del Mediterráneo español. Por todo ello, cada una de las variables que conforman el muestreo del proyecto RADMED tiene una cobertura temporal diferente y presenta huecos en diferentes periodos, dependiendo de las dificultades propias de cada una de estas variables (disponibilidad de equipos, personal, etc.). Aunque el personal del proyecto RADMED trabaja para ir poco a poco subsanando estas deficiencias, la escasez de datos en algunos casos es una constante a la que se aludirá con frecuencia en los sucesivos capítulos. Por ello, las tabla 2.2 a 2.9 muestran la disponibilidad de datos para cada variable, año y estación del año.

Tabla 2.1. Posición de las estaciones muestreadas en el proyecto RADMED

Radial	Long. (grad.)	Lon. (min.)	Lat. (grad.)	Lat. (min.)	Estación	Prof.	Profundidades de muestreo	Muestreo
P	-4	-44.3580	36	28.2000	P1	30	0-10-20	N-C
	-4	-44.4960	36	25.4280	P2	130	0-10-20-50-75-	N-C-FM-FC-Z
M	-4	-44.5320	36	21.0960	P3	530	100-fondo	N-C
	-4	-44.4960	36	15.0000	P4	870	0-10-20-50-75-100-200-300-fondo	N-C
	-4	-24.3480	36	41.7600	M1	20	0-10-20-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C-FC-Z
	-4	-21.2160	36	38.3160	M2	75	0-10-20	N-C
	-4	-18.6180	36	35.5980	M3	200	0-10-20-50-75-100-200	N-C-FM-FC-Z
V	-4	-15.8280	36	32.5380	M4	350	0-10-20-50-75-100-200-fondo	N-C
	-4	-13.1220	36	29.4900	M5	500	0-10-20-50-75-100-200-300-500	N-C-FC-Z
	-4	-3.9900	36	44.1180	V1	20	0-10-20	N-C
	-4	-3.8460	36	41.2500	V2	75	0-10-20-50-75	N-C-FM-FC-Z
	-4	-3.9000	36	38.2800	V3	300	0-10-20-50-75-100-200-300	N-C
S	-4	-3.9000	36	34.2000	V4	490	0-10-20-50-75-100-200-300-fondo	N-C-FC-Z
	-3	-28.0920	36	40.7460	S1	200	0-10-20-50-75-100-200	N-C
	-3	-28.0920	36	39.3480	S2	300	0-10-20-50-75-100-200-300	N-C-FM-FC-Z
	-3	-28.0920	36	37.4220	S3	500	0-10-20-50-75-100-200-300-500	N-C
	-3	-28.0920	36	34.6140	S4	650	0-10-20-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C-FC-Z
CG	-3	-28.0920	36	31.7220	S5	750	0-10-20-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C
	-2	-9.9120	36	42.1800	CG1	50	0-10-20-50	N-C
	-2	-9.9120	36	40.6500	CG2	75	0-10-20-50-75	N-C-FM-FC-Z
	-2	-9.9120	36	37.1520	CG3	100	0-10-20-50-75-100	N-C

Continuación Tabla 2.1. Posición de las estaciones muestreadas en el proyecto RADMED

Radial	Long. (grad.)	Lon. (min.)	Lat. (grad.)	Lat. (min.)	Estación	Prof.	Profundidades de muestreo	Muestreo
	-2	-9.9120	36	29.8260	CG4	700	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700	N-C-FC-Z
	-2	-9.9120	36	25.3320	CG5	1130	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700-1000-fondo	N-C
CP	0	-45.4500	37	33.0120	CP1	50	0-10-20-50	N-C
	0	-45.4500	37	29.7900	CP2	75	0-10-20-50-75	N-C-FM-FC-Z
	0	-45.4500	37	27.3660	CP3	600	0-10-20-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C
	0	-45.4500	37	22.3680	CP4	2100	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700-1000-fondo	N-C-FC-Z
B	2	25.6020	39	28.6020	B1	75	0-25-50-75	N-C-FM-FC-Z
	2	25.6020	39	24.1020	B2	100	0-25-50-75-100	N-C-FM-FC-Z
	2	25.6020	39	20.5020	B3	200	0-25-50-75-100-200	N-C-FM-FC-Z
C	2	24.0000	39	30.0000	1	78		
	2	19.0020	39	27.1980	2	95	0-25-50-75-fondo	N-C
	2	13.9980	39	24.7980	3	117		
	2	9.0000	39	22.0020	4	130	0-25-50-75-100-fondo	N-C
	2	4.0020	39	19.3980	5	479		
	1	58.8000	39	16.6020	6	585	0-25-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C
	1	53.5980	39	13.8000	7	638		
	1	48.4980	39	11.2020	8	500	0-25-50-75-100-200-300-500	N-C
	1	43.2000	39	8.2020	9	290		
	1	37.9020	39	5.4000	10	78	0-25-50-75	N-C
	1	10.2000	38	52.2000	11	106	0-25-50	N-C
	1	4.0020	38	52.2000	12	125	0-25-50-75-100-fondo	N-C
	0	58.8000	38	52.2000	13	450		
	0	52.2000	38	52.2000	14	660	0-25-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C
	0	45.4020	38	52.2000	15	840		
	0	39.4020	38	52.2000	16	750	0-25-50-75-100-200-300-500-fondo	N-C

Continuación Tabla 2.1. Posición de las estaciones muestreadas en el proyecto RADMED

Radial	Long. (grad.)	Lon. (min.)	Lat. (grad.)	Lat. (min.)	Esta- ción	Prof.	Profundidades de muestreo	Muestreo
	0	33.3000	38	52.2000	17	670		
	0	27.0000	38	52.2000	18	300	0-25-50-75-100-200-300	N-C-FC-Z
	0	20.5980	38	52.2000	19	120	0-25-50-75-100-fondo	N-C
	0	14.5980	38	52.2000	20	95	0-25-50-75-fondo	N-C-FM-FC-Z
	0	8.8020	38	52.2000	21	30	0-25	N-C
	0	16.2000	38	56.7000	22	123		
	0	23.8020	39	1.3980	23	500		
	0	31.5000	39	6.0000	24	1070	1000-fondo	S
	0	39.1020	39	10.6980	25	1260	1000-1100-1200-fondo	S
	0	48.4020	39	7.9980	26	1120	1000-fondo	S
	0	57.4980	39	5.2020	27	817		
	1	6.4980	39	2.4000	28	285		
	1	12.1980	39	0.5400	29	110	0-25-50	N-C
	1	32.8020	39	8.2020	30	89		
	1	36.4980	39	15.0000	31	525		
	1	40.2000	39	21.7980	32	915		
	1	43.9980	39	28.6020	33	1373	1000-1100-1200-fondo	S
	1	53.8020	39	29.5020	34	1231	1000-1100-1200	S
	2	3.4020	39	30.0000	35	557		
	2	13.0020	39	30.7980	36	108		
	2	19.6980	39	31.2000	37	89		
MH	4	21.4980	39	52.0020	Mh1	70	0-25-50-fondo	N-C
	4	25.0020	39	57.0000	Mh2	180	0-25-50-75-100-fondo	N-C-FM-FC-Z
	4	30.0000	40	3.4980	Mh3	1500	0-25-50-75-100-200-300-500-700-1000-fondo	N-C
	4	34.9620	40	10.0020	Mh4	2500	0-25-50-75-100-200-300-500-700-1000-1500-fondo	N-C-FC-Z-S

Continuación Tabla 2.1. Posición de las estaciones muestreadas en el proyecto RADMED

Radial	Long. (grad.)	Lon. (min.)	Lat. (grad.)	Lat. (min.)	Estación	Prof.	Profundidades de muestreo	Muestreo
EPC	3	10.2600	39	0.0000	317	2315	0-25-50-75-100-200-300-500-700-1000-1500-fondo	N-C
T	0	52.2480	40	30.1980	T1	50	0-10-20-50	N-C
	1	3.8820	40	28.7700	T2	75	0-10-20-50-75	N-C-FM-FC-Z
	1	15.8280	40	27.3900	T3	100	0-10-20-50-75-100	N-C
BNA	1	36.0000	40	25.9020	T4	950	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700-fondo	N-C-FC-Z
	2	12.6000	41	19.2420	BNA1	75	0-10-20-50-75	N-C
	2	18.1320	41	15.0000	BNA2	295	0-10-20-50-75-100-200-fondo	N-C-FM-FC-Z
	2	24.6480	41	10.0000	BNA3	700	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700	N-C
	2	31.1700	41	4.9980	BNA4	1320	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700-1000-fondo	N-C-FC-Z
2	37.6800	41	0.0000	BNA5	1670	0-10-20-50-75-100-200-300-500-700-1000-fondo	N-C	

Tabla 2.2 Datos disponibles de la estaciones 2 (plataforma continental) de en las radiales de Cabo Pino (P), Málaga (M) y Vélez (V). Cada año se divide en cuatro cuadrículas correspondientes a las cuatro campañas teóricas: invierno, primavera, verano y otoño. Para cada una de las variables se sombrea en gris aquellas campañas en las que hay disponibilidad de datos de dicha variable. Los huecos en blanco pueden deberse a fallos en la instrumentación, falta de personal para el muestreo y/o análisis o pérdidas de las muestras. TS hace referencia a temperatura y salinidad (obtenidos con sonda CTD), N corresponde a nutrientes inorgánicos (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos), O es oxígeno, Cl clorofila-a, M abundancia micro-fitoplanctónica medida mediante microscopía óptica invertida, CIT abundancia de células pico y nanoplanctónicas medidas por citometría de flujo, Z.A. abundancia meso-zoo-planctónica y Z.B. biomasa meso-zooplanctónica (peso seco).

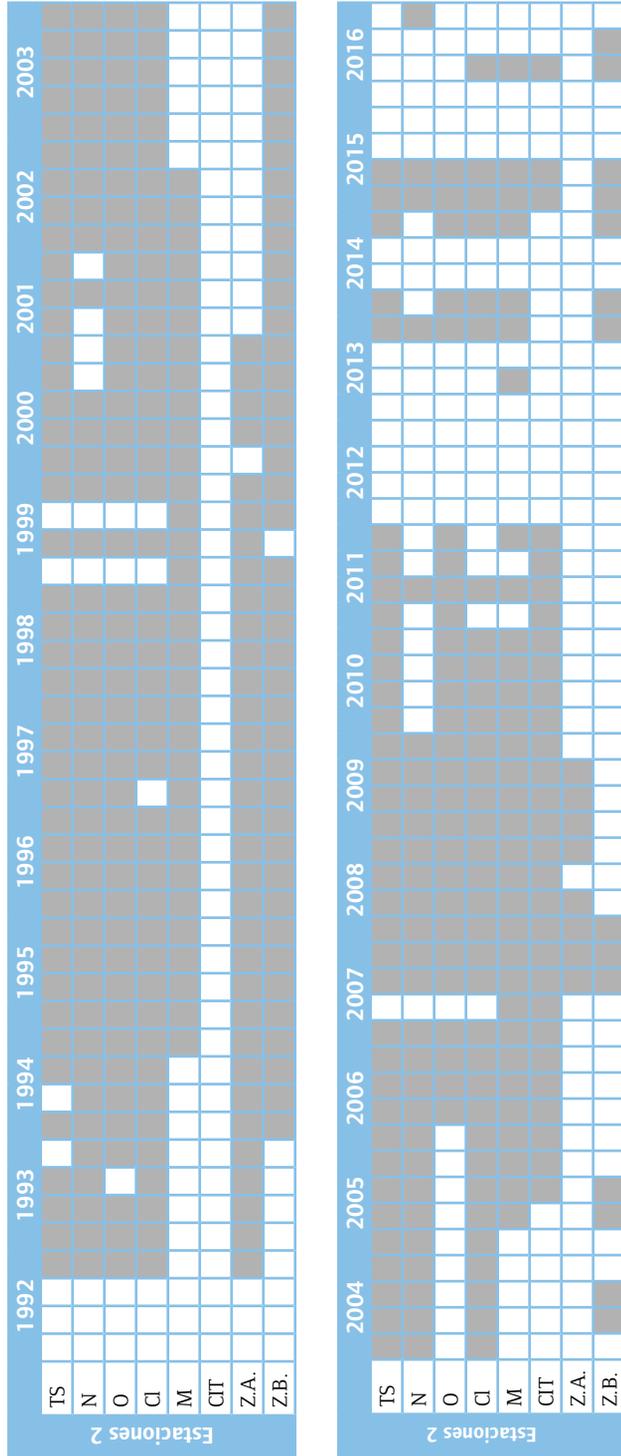


Tabla 2.3 Datos disponibles de la estaciones 4 de las radiales P, M y V, así como para las estaciones 2 y 4 de las radiales de Cabo Sacratif (S) y Cabo de Gata (CG).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS													
N													
O													
Cl													
M													
CIT													
Z.A.													
Z.B.													

Tabla 2.4. Datos disponibles de la estaciones 2 y 4 de la radial de Cabo de Palos

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS														
N														
O														
Cl														
M														
CIT														
Z.A.														
Z.B.														

Tabla 2.5. Datos disponibles de la estaciones 20 y 18 de la parte sur del Canal de Ibiza

Estaciones 20 y 18		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TS												
N												
O												
CI												
M												
CIT												
Z.A.												
Z.B.												

Estaciones 20 y 18		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS											
N											
O											
CI											
M											
CIT											
Z.A.											
Z.B.											

Tabla 2.6. Datos disponibles de la estación 2 de la radial de Baleares

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
N											
O											
Cl	■	■									
M											
CIT											
Z.A.											
Z.B.											

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
N			■	■	■			■	■			
O												
Cl			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
M						■	■	■	■	■	■	■
CIT			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Z.A.					■							
Z.B.			■							■	■	■

Tabla 2.7. Datos disponibles de la estaciones 2 y 4 de la radial de Mahón

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS	■			■	■	■	■			
N		■	■				■		■	■
O										
Cl		■	■	■	■		■	■	■	■
M			■	■	■	■	■	■	■	
CIT		■	■	■	■	■			■	■
Z.A.			■							
Z.B.							■		■	■

Tabla 2.8 Datos disponibles de la estaciones 2 y 4 de la radial de Tarragona.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS		■	■	■	■	■		■	■	
N		■	■	■					■	■
O			■	■						
Cl		■	■	■	■		■	■	■	■
M		■	■	■	■	■	■	■	■	
CIT		■	■	■	■	■			■	■
Z.A.			■	■						
Z.B.		■						■	■	■

Tabla 2.9. Datos disponibles de la estaciones 2 y 4 de la radial de Barcelona

Estaciones BNA2 y BNA4		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TS											
N											
O											
Cl											
M											
CIT											
Z.A.											
Z.B.											

# El Estado Medioambiental del Mediterráneo Español



En los siguientes capítulos se hace una descripción de la distribución espacial de una serie de variables que pueden servir para determinar cuál es el estado actual de los ecosistemas marinos que albergan las aguas mediterráneas españolas. Uno de los objetivos principales de estos capítulos, así como del propio proyecto RADMED, es el de establecer cuáles son los valores medios que representan a dichas variables en cada zona del Mediterráneo español y cada estación del año, así como los rangos dentro de los cuales pueden variar. Por esta razón, además de las gráficas y las discusiones que las acompañan, se adjuntan tablas que presentan las estadísticas que describen el estado medioambiental de las aguas mediterráneas y que pueden servir de consulta y referencia para futuros trabajos. La información oceanográfica que se presenta, obtenida a partir de observaciones in situ, se ha completado con información meteorológica obtenida a partir de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

La descripción de las distintas zonas que conforman el Mediterráneo español se realiza desde el sur hacia el norte, empezando por el Mar de Alborán, para continuar con la zona del levante español situada entre Cabo de Palos (comunidad de Murcia) y Cabo San Antonio (Alicante, Comunidad Valenciana), y las Islas Baleares. Finalizamos estos capítulos de carácter descriptivo con los resultados correspondientes a las radiales de Tarragona y Barcelona en las aguas de Cataluña. En este caso también se completa la información recogida dentro del marco del proyecto RADMED con aquella procedente de la estación de l'Estartit, en la provincia de Girona, operada por el Institut de Ciències del Mar (ICM/CSIC).



## Capítulo 3. El Mar de Alborán: Desde Cabo Pino hasta Cabo de Gata



La primera de las regiones que analizamos es el Mar de Alborán, que se extiende desde el límite oriental del Estrecho de Gibraltar (línea que une Punta Europa, al norte, con Punta Almina, al sur) hasta la línea que une Cabo de Gata, en la provincia de Almería, con el Cabo Figalo, en Argelia. La figura 3.1 muestra las estaciones visitadas en el proyecto RADMED dentro de las radiales correspondientes a la parte más occidental del Mar de Alborán: La radial de Cabo Pino (P), situada frente al puerto del mismo nombre, al oeste de la Punta de Calaburras, la radial de Málaga (M) y la radial de Caleta de Vélez (V). La figura 3.2 muestra la posición de las estaciones correspondientes a la radial de Sacaratif (S), frente al Cabo del mismo nombre, y la radial de Cabo de Gata (CG).

En la figura 3.1 se ha incluido un esquema de la circulación superficial del Mar de Alborán (ver por ejemplo Viúdez et al., 1996; Parrilla y Kinder, 1987; Parrilla, 1984). En este esquema se muestra la entrada de la Corriente Atlántica a través del Estrecho de Gibraltar (línea azul). Esta corriente, a su salida del estrecho, se orienta hacia el noreste, para posteriormente girar hacia el

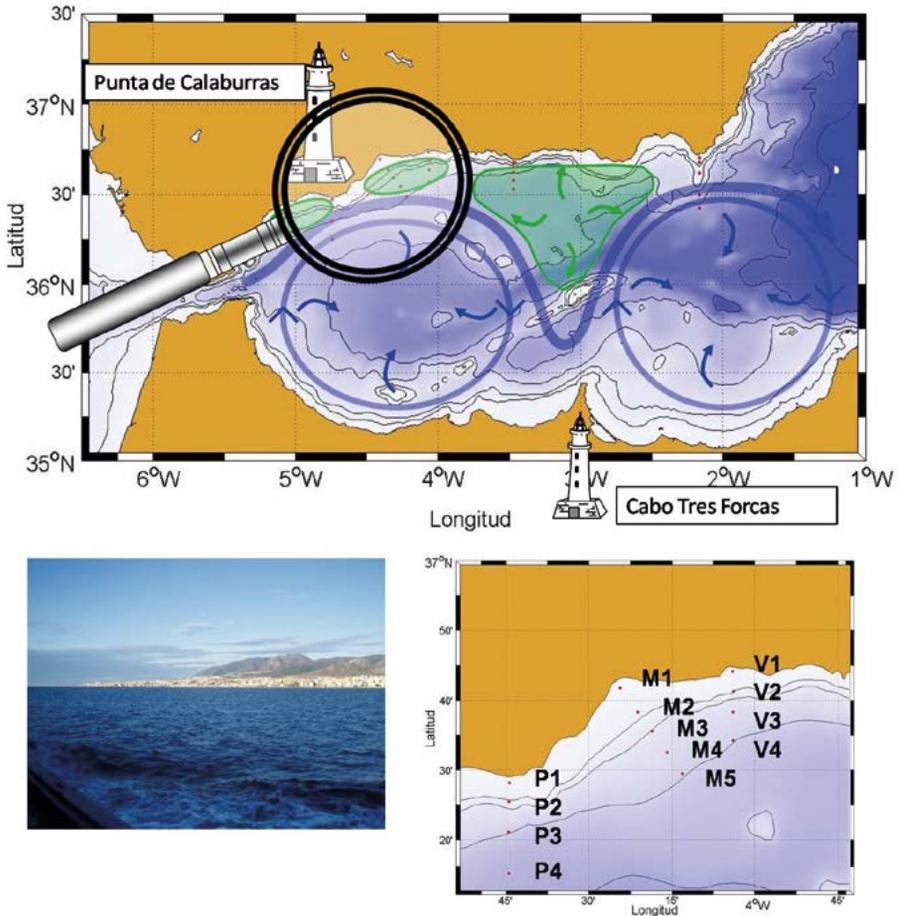


Figura 3.1. Mapa del Mar de Alborán mostrando las principales características de su circulación superficial. Imagen de las costas malagueñas durante una campaña RADMED y detalle de las estaciones de muestreo correspondientes a las radiales de Cabo Pino, Málaga y Vélez.

sudeste describiendo un amplio giro anticiclónico (en el sentido de movimiento de las agujas del reloj) que ocupa la parte occidental del Mar de Alborán. Tras incidir contra la costa africana, la Corriente Atlántica vuelve a girar hacia el nordeste a la altura del Cabo Tres Forcas, y finalmente describe un nuevo giro anticiclónico que ocupa la parte oriental del Mar de Alborán (círculos azules). El Agua Atlántica (AA) que alimenta la corriente y los giros anticiclónicos que acabamos de describir, y que ocupa la parte superior de la columna de agua en el Mar de Alborán, está poco modificada, es decir, tiene características bastante parecidas a las que esta misma masa de agua presenta en el Golfo de Cádiz. Su espesor es variable, dependiendo de la dinámica de la zona. Así, en el interior de los giros anticiclónicos se produce un hundimiento y acumulación del AA, por lo que la capa superficial puede tener más de 200 m de profundidad. Debajo de ella se encuentran las aguas más saladas y frías de origen mediterráneo (Agua Levantina Intermedia, ALI, Agua Occidental Intermedia, AOI y Agua Profunda del Mediterráneo Occidental, APMOC, ver Vargas-Yáñez et al. (2017) para una revisión más extensa de las masas de agua en el Mediterráneo Occidental). Por el contrario, sobre el contorno norte de la Corriente Atlántica, o a su izquierda, según el sentido de avance de dicha corriente, se produce una elevación de las masas de agua profundas, generándose un pronunciado frente termohalino que sitúa la interfaz de separación entre las aguas atlánticas y mediterráneas cerca de la superficie.

El espesor de la capa de AA a lo largo del llamado frente de Alborán (Viúdez et al., 1996; Tintoré et al., 1991), en la parte occidental, y de su continuación, el frente Almería-Orán (Tintoré et al., 1988), puede ser bastante pequeño, en torno a los 75 o incluso 50 m (Cano y Gil, 1984; Parrilla, 1984).

Otro factor que afecta a la distribución vertical de aguas atlánticas y mediterráneas son las zonas de circulación ciclónica (en contra del sentido del movimiento de las agujas del reloj) que frecuentemente se forman entre Punta Europa y Calaburras, frente a la bahía de Málaga, y en el sector nororiental del Mar de Alborán, y que han sido señaladas en verde en la figura 3.1 (García-Lafuente et al., 1998; Cano, 1978).

En el interior de estas estructuras ciclónicas se produce el fenómeno inverso al que se aprecia en los giros anticiclónicos. Es decir, hay una divergencia superficial y un ascenso de las aguas sub-superficiales y profundas, de tal forma que la interfaz de separación entre las aguas atlánticas y mediterráneas, al igual que en los frentes de Alborán y de Almería-Orán, se encuentra más próxima a la superficie.

La circulación del Mar de Alborán no solo influye sobre las propiedades de las masas de agua y las distribuciones de temperatura y salinidad (que se abordarán con mayor detalle en los siguientes epígrafes), sino que tiene gran importancia en las distribuciones de las propiedades químicas de las aguas y en las poblaciones fito y zooplanctónicas. El interior de las zonas de circulación anticiclónica son áreas de hundimiento de aguas superficiales, lo que inhibe el aporte de nutrientes a las capas superficiales bien iluminadas (capa fótica). Se trata habitualmente de zonas con valores bajos de clorofila, que reflejan la escasa biomasa fitoplanctónica existente y el predominio de la fracción de tamaño celular más pequeña del fitoplancton (picoplancton,  $< 2 \mu\text{m}$  de Diámetro Esférico Equivalente, DEE, Reul et al., 2005; Rodríguez et al., 1998). La escasa producción primaria de estas zonas es principalmente regenerada y sostiene una baja biomasa zooplanctónica. Por el contrario, las zonas frontales y el interior de los giros ciclónicos facilitan el ascenso de las aguas profundas hacia la superficie, y por tanto el aporte de nutrientes a la capa fótica. Se trata de zonas con una mayor producción primaria, una mayor importancia de

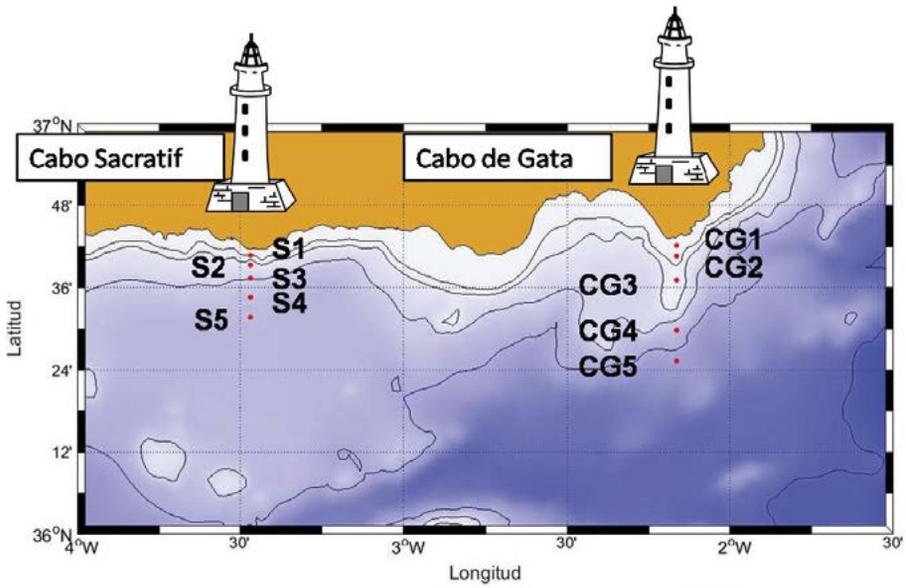


Figura 3.2. Estaciones de las radiales de Cabo Sacratif y Cabo de Gata. Fotografía de la zona de Cabo de Gata tomada durante una campaña RADMED.

la producción nueva, el dominio del fitoplancton de mayor tamaño celular (microplancton > 20  $\mu\text{m}$  DEE), una mayor abundancia de diatomeas y una biomasa zooplanctónica más elevada.

Finalmente, hay que considerar los posibles efectos del viento. Además del papel fertilizante que tienen los procesos de mezcla asociados a las tormentas invernales, los frecuentes episodios de vientos de poniente (procedentes del oeste) pueden ocasionar afloramientos de aguas profundas (Vargas-Yáñez et al., 2010a).

### 3.1 Condiciones meteorológicas

Se obtuvieron datos horarios de temperatura del aire y dirección e intensidad del viento en las localidades de Fuengirola, Málaga, y Almería (fuente AEMET). A partir de los datos horarios se obtuvo el vector diario medio del viento, determinándose la velocidad media diaria en km/h y la dirección media de procedencia. En adelante, se considerarán como invierno los meses de enero, febrero y marzo, la primavera será los meses de abril, mayo y junio, el verano, julio, agosto y septiembre, y finalmente el otoño corresponderá a los meses de octubre, noviembre y diciembre. Para cada una de las estaciones del año se calculó la frecuencia relativa, expresada en tanto por ciento, de la procedencia de los vientos diarios y su intensidad. La figura 3.3 muestra las rosas de los vientos para las tres localidades.

En la región más occidental de nuestra zona de estudio, Fuengirola, los vientos de componente oeste son más frecuentes en invierno, primavera y otoño, pero hay que señalar que las tormentas más fuertes, es decir, con vientos superiores a 30 km/h (color rojo), suelen ser del sudeste. En primavera se alternan los vientos de poniente, (tanto del noroeste como del sudoeste), con los del sudeste, pero la intensidad disminuye considerablemente, siendo la velocidad media del viento inferior a 10 km/h en la mayoría de los casos. Finalmente, en verano hay un aumento de la frecuencia relativa de los vientos de levante (componente este) que se alternan con los ponientes. Una situación parecida se observa en Málaga, donde los vientos de componente oeste predominan claramente en invierno y otoño. La primavera corresponde a una situación de transición en la que se alternan los vientos del oeste y del este, y en verano hay un predominio de los vientos de levante. Llama la atención en el caso de la estación de Málaga que los vientos están claramente polarizados en el eje noroeste-sudeste, sin duda como resultado del relieve de esta zona. En esta localidad las mayores velocidades del viento (> 30 km/h) coinciden con vientos del noroeste, que habitualmente se conocen en esta localidad como "terrales". Finalmente, en Almería las direcciones principales del viento son del sudoeste, noroeste y nordeste en invierno y otoño, mientras que en primavera y verano el viento está polarizado en el eje sudoeste-nordeste. En este caso, los episodios de altas velocidades (> 30 km/h) ocurren con igual probabilidad en cualquiera de las direcciones citadas y son más frecuentes que en las localidades anteriores. En general, y para todo el Mar de Alborán, puede decirse que hay un predominio de los vientos de componente oeste el cual se suaviza en los meses de verano con un incremento de la frecuencia relativa de los levantes.

A partir de los datos horarios de temperatura del aire se construyeron series de valores medios diarios, así como de temperaturas máximas y mínimas diarias. Usando estas series se obtuvieron los valores medios correspondientes a cada mes del año. La figura 3.4 muestra estos valores climatológicos para las estaciones de Fuengirola, Málaga y Almería. En general, los valores son bastante similares en las tres localidades con los valores más bajos en enero, cuando las temperaturas mínimas oscilan entre los 8,3 °C de Málaga y los 11,4 °C de Fuengirola y las máximas están en torno a los 16,3-16,5 °C en Almería y Málaga y los 16,9 °C en Fuengirola. Las temperaturas más altas se registran en agosto en las tres localidades. Las mínimas de agosto se encuentran entre los 22,2 °C de Málaga y los 23,6 °C de Almería, mientras que las máximas más altas corresponden a Málaga y Almería, con valores de 30,4 y 30,6 °C respectivamente, siendo algo más suaves en Fuengirola con un valor máximo medio de 28,6 °C.

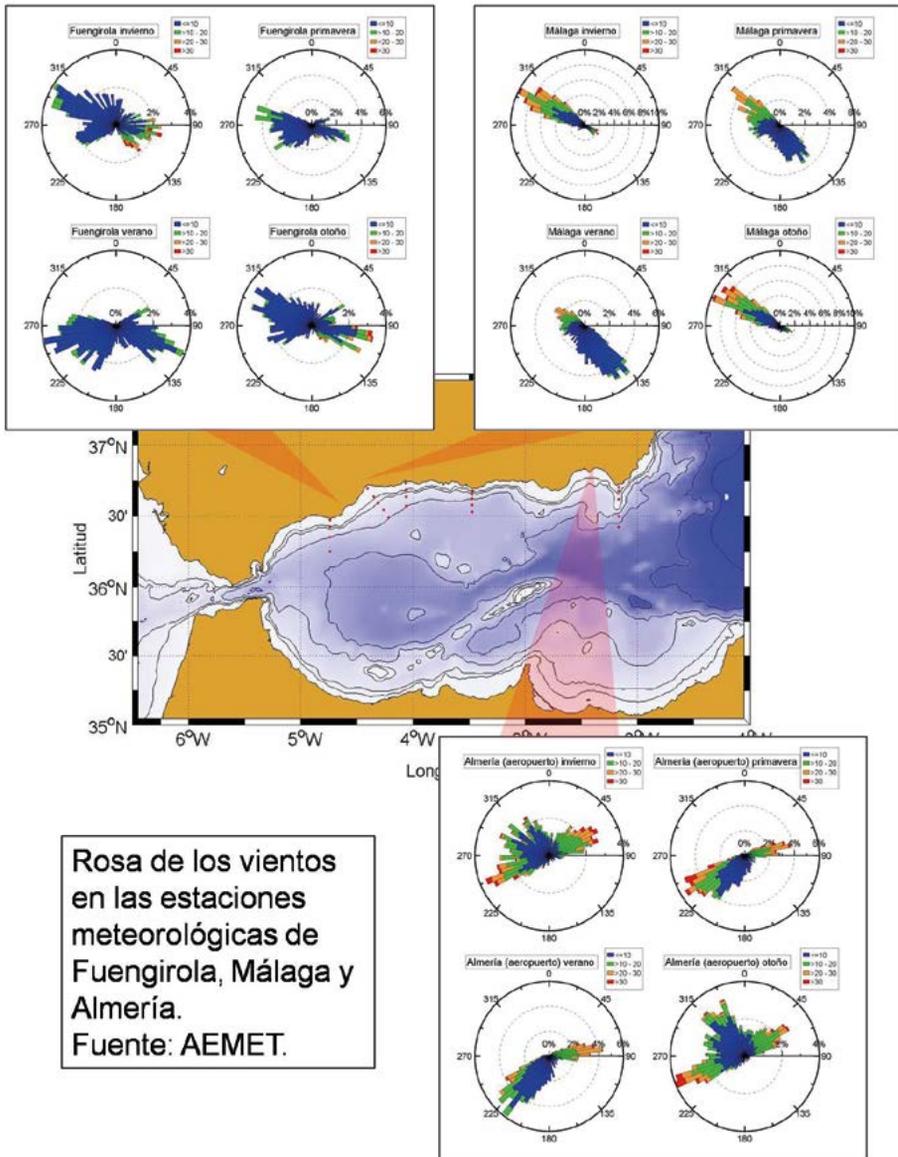


Figura 3.3. Rosas de los vientos para las estaciones meteorológicas de Fuengirola, Málaga y Almería representando qué porcentajes de los vientos medios diarios corresponden a cada dirección de procedencia. Además, los colores indican el porcentaje de dichos vientos con una intensidad menor de 10 km/h (azul), de entre 10 y 20 km/h (verde), de entre 20 y 30 km/h (naranja) y de más de 30 km/h (rojo). Para cada localidad se muestran las estadísticas de invierno (esquina superior izquierda), primavera (superior derecha), verano (esquina inferior izquierda), y otoño (esquina inferior derecha).

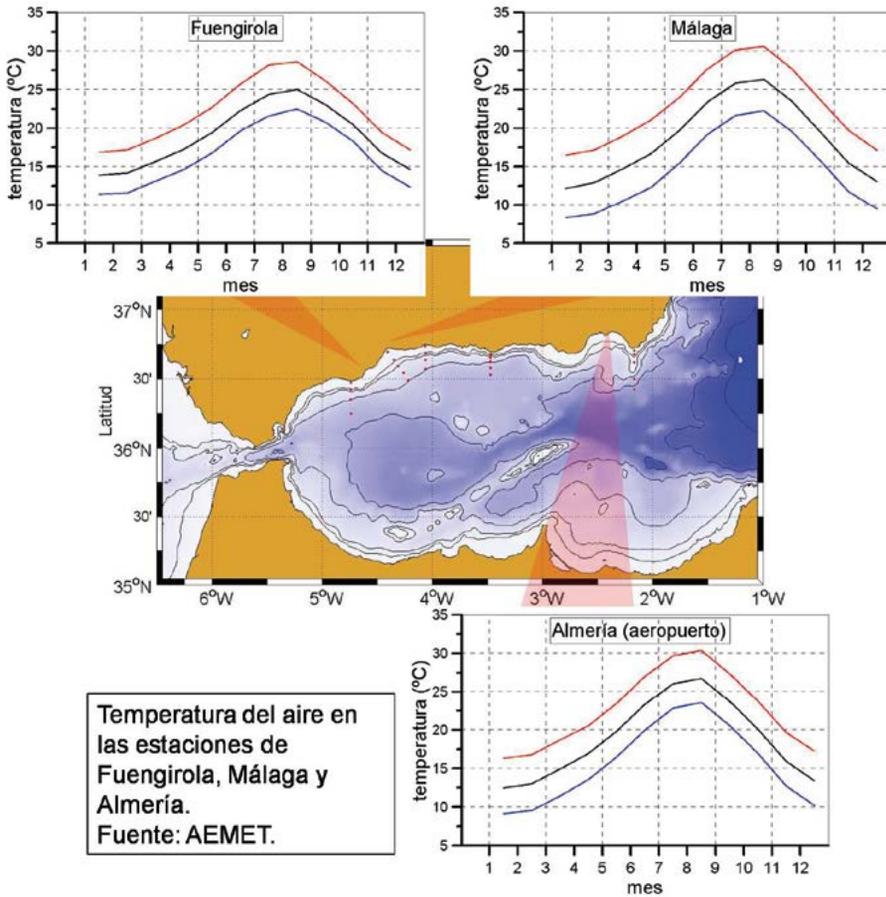


Figura 3.4. Valores medios mensuales para las temperaturas mínimas diarias (azul), máximas (rojo) y las temperaturas medias diarias (negro) en las localidades de Fuengirola, Málaga y Almería.

### 3.2 Masas de agua

Como ya se ha comentado en la introducción de este capítulo, la capa de agua más superficial del Mediterráneo está ocupada por el AA que entra a través del Estrecho de Gibraltar. Por debajo de este AA se encuentran las masas de agua formadas en el Mediterráneo, el Agua Levantina Intermedia (ALI), formada en la cuenca levantina, alrededor de la Isla de Rodas, y el Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (APMOc), formada en el Golfo de León. Aunque con un carácter más intermitente también hay que mencionar el Agua Occidental Intermedia (AOI). Las aguas atlánticas van modificando sus propiedades de temperatura y salinidad debido a las mezclas con las aguas mediterráneas y al efecto de la evaporación a medida que se adentran en el Mediterráneo. La figura 3.5 muestra un diagrama TS (temperatura potencial-salinidad) para las aguas del Golfo de Cádiz, en el que señalan los valores para las diferentes masas de agua ya explicadas y descritas.

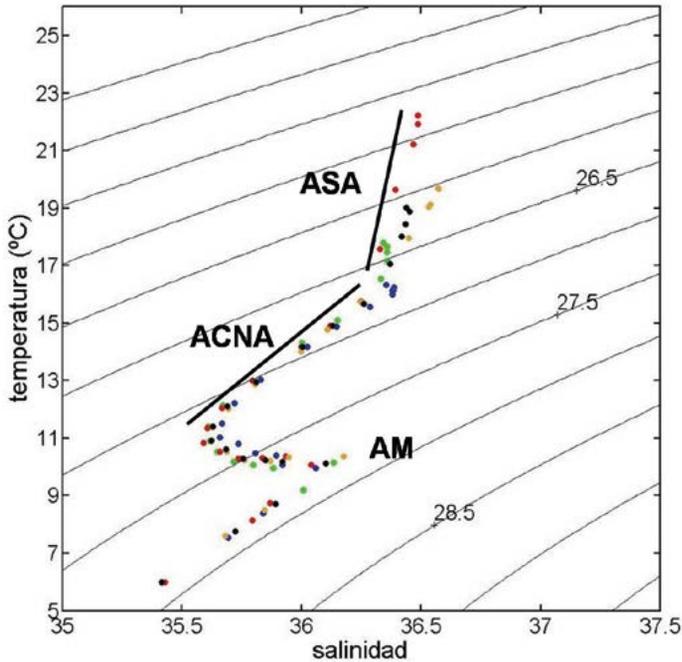


Figura 3.5. Diagrama TS representando la temperatura potencial frente a la salinidad en el Golfo de Cádiz. Los puntos azules representan los valores climatológicos correspondientes al invierno, los verdes a la primavera, rojo para el verano y marrón claro para el otoño. Los puntos negros corresponden a los valores climatológicos medios anuales. ASA: Agua Superficial Atlántica, ACNA: Agua Central Nor-Atlántica, AM: Agua Mediterránea.

Los puntos azules corresponden al diagrama TS climatológico de invierno, obtenido a partir de todos los perfiles de temperatura y salinidad contenidos en la base de datos MEDAR/MEDATLAS (MEDAR Group, 2002) desde el año 1945 al año 2000. El descenso de temperatura y salinidad desde la superficie hasta aproximadamente los 600 m de profundidad donde se alcanzan valores de 11 °C y 35,66 ups corresponde a las características propias del Agua Central Nor-Atlántica. Antes de continuar aclararemos que la mayoría de las medidas de salinidad presentadas en este trabajo se basan en la escala práctica de salinidad, en la cual la salinidad es un número adimensional, por obtenerse a partir de un cociente de conductividades. Sin embargo, es frecuente usar el término ups (unidad práctica de salinidad) cuando se usa esta escala y así se hará a lo largo de este trabajo.

A partir de los 600 m de profundidad se aprecia un aumento de la salinidad que corresponde a la influencia del agua mediterránea que sale a través del Estrecho de Gibraltar. El agua que entra a través del estrecho está limitada por su máxima profundidad en el Umbral de Camarinal que es de 300 m aproximadamente. Teniendo en cuenta la presencia de la corriente de agua mediterránea que sale a través del umbral, la profundidad máxima del AA entrante es menor, de unos 150 o 200 m (Minas et al., 1991). En consecuencia, las características TS de la capa superficial en la parte más occidental del Mediterráneo serán las de la parte superior del segmento marcado en la figura 3.5 como ACNA (Agua Central Nor-Atlántica) y Agua Superficial Atlántica (ASA), o más precisamente, una mezcla de ellas. Si consideramos las demás estacio-

nes del año, la parte del ACNA que se encuentra en la superficie, en contacto con la atmósfera, sufre un calentamiento a partir de primavera (puntos verdes en la Figura 3.5), que se acentúa en verano (puntos rojos), de tal manera que el diagrama TS presenta un tramo casi vertical que indica el aumento de la temperatura, y un ligero aumento de la salinidad. Esta parte del diagrama TS recibe el nombre de Agua Superficial Atlántica (ASA).

La figura 3.6 muestra un diagrama TS promediado para invierno (azul), primavera (verde), verano (rojo) y otoño (marrón claro) calculado a partir de los datos de ECOMÁLAGA y RADMED desde 1992 a 2015. Si debajo del AA se encuentra el APMOc, señalada mediante un punto en el diagrama TS de la figura 3.6, las propiedades de temperatura y salinidad de la columna de agua serán el resultado de la mezcla entre el AA y el APMOc. Los puntos se situarán en el diagrama TS a lo largo de una recta que denominamos recta de mezcla. Los puntos más próximos a las características del ACNA tienen una mayor proporción de esta masa de agua, y los puntos más próximos al APMOc tienen mayor proporción de agua mediterránea. Un punto con una salinidad de 37,5 ups, que es el valor medio entre los 36,5 ups del AA a su entrada en Gibraltar y los 38,5 ups, próximos al valor del APMOc, estaría situado en la interfaz o punto de separación del AA que circula hacia el interior del Mediterráneo y las aguas mediterráneas que circulan hacia el oeste. Las desviaciones en la parte más mediterránea del diagrama, por encima de la recta de mezcla, indican la presencia del ALI. Las desviaciones por debajo de dicha recta, caracterizadas por valores de temperatura muy bajos, inferiores a 13 °C, indican la presencia del AOI. Se trata de un agua muy fría que se produce por el enfriamiento invernal sobre la plataforma del Mar Ligur, Golfo de León y Mar Balear. Al tratarse de aguas de plataforma no tienen una salinidad elevada debido a la influencia de aguas continentales y a que no están influenciadas por el ALI que circula a mayor profundidad sobre el talud continental.

Si los valores superficiales del AA en el interior del Mar de Alborán están más desplazados hacia la derecha, indicarán que las aguas superficiales del Mar de Alborán han sufrido una mayor modificación por mezclas con las aguas mediterráneas.

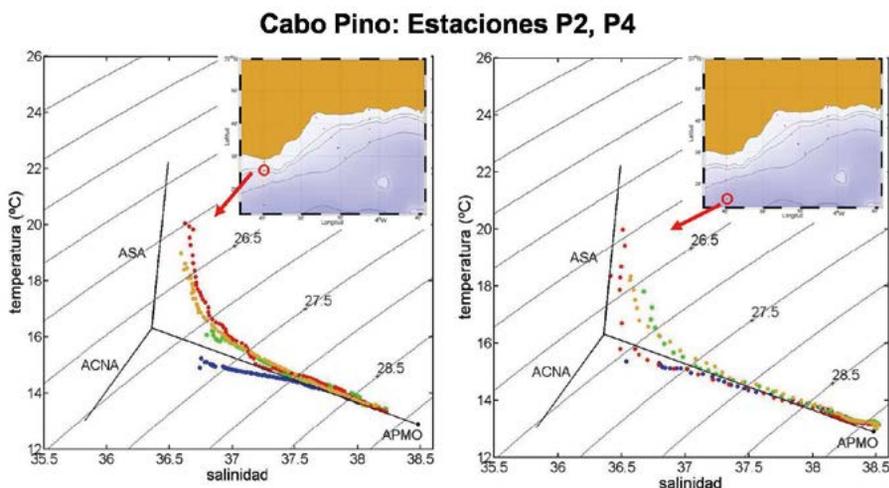


Figura 3.6. Diagramas TS medios para el invierno (azul), primavera (verde), verano (rojo) y otoño (marrón claro) obtenidos a partir de todos los perfiles de temperatura potencial y salinidad obtenidos en las campañas RADMED en las estaciones P2 y P4 de la radial de Cabo Pino.

La figura 3.6 muestra claramente la mayor influencia de las aguas atlánticas en la estación P4 más expuesta a la Corriente Atlántica que bordea el giro anticiclónico de la parte occidental de Alborán (ver figura 3.1). La mayor influencia del agua mediterránea hacia costa en la estación P2 indica la elevación de las aguas mediterráneas a la izquierda de la corriente según el sentido de avance de la misma y la formación del frente de Alborán.

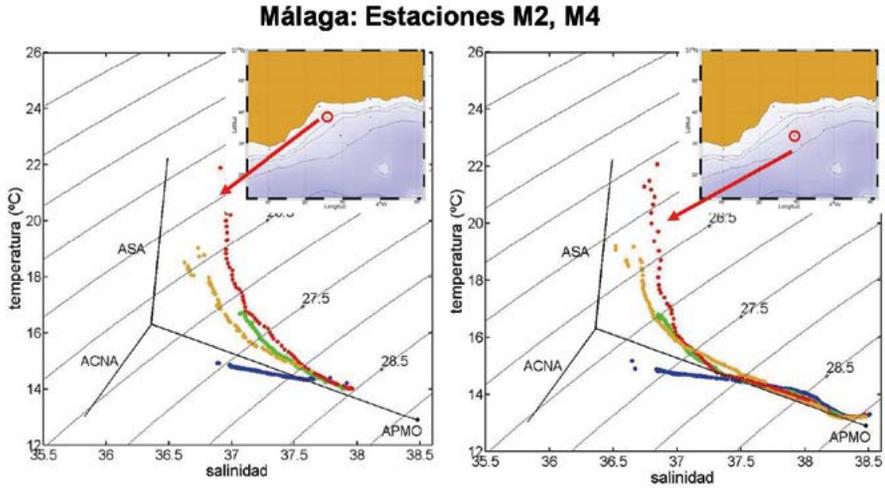


Figura 3.7. Igual que la figura 3.6, pero para la radial de Málaga.

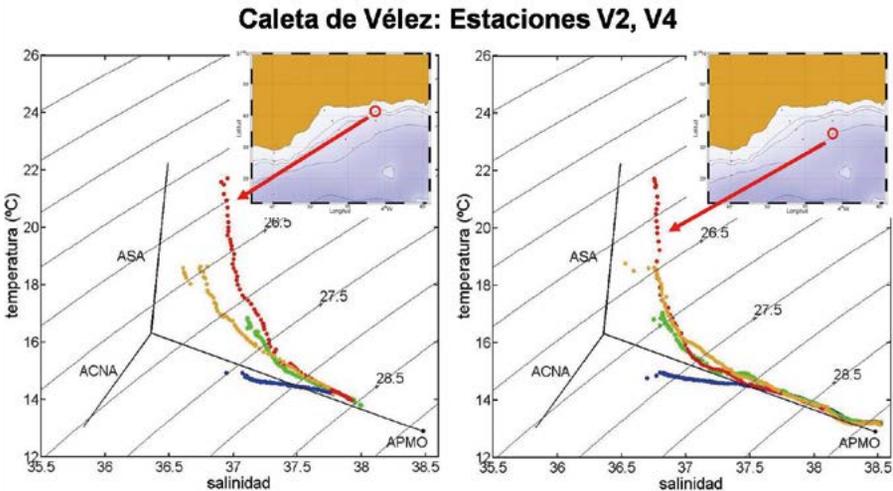


Figura 3.8. Igual que la figura 3.6, pero para la radial de Vélez.

Las figuras 3.7 y 3.8 muestran los diagramas TS medios obtenidos a partir de las series de datos de ECOMÁLAGA y RADMED para las estaciones M2 y M4 de la radial de Málaga (Figura 3.7) y las estaciones V2 y V4 de la radial de Vélez (Figura 3.8). En ambos casos se observa el aumento de la influencia de las aguas mediterráneas en superficie, acentuándose esta influencia hacia el este (radial V, figura 3.8). Estas diferencias respecto de la radial P, a pesar de la escasa distancia

entre ellas, se explica por la dinámica de esta zona del Mar de Alborán. Mientras la radial P está expuesta a la influencia directa de la Corriente Atlántica, siendo esta influencia mayor hacia mar abierto (P4), las radiales M y V se encuentran en una zona de circulación ciclónica que eleva las aguas mediterráneas hacia la superficie.

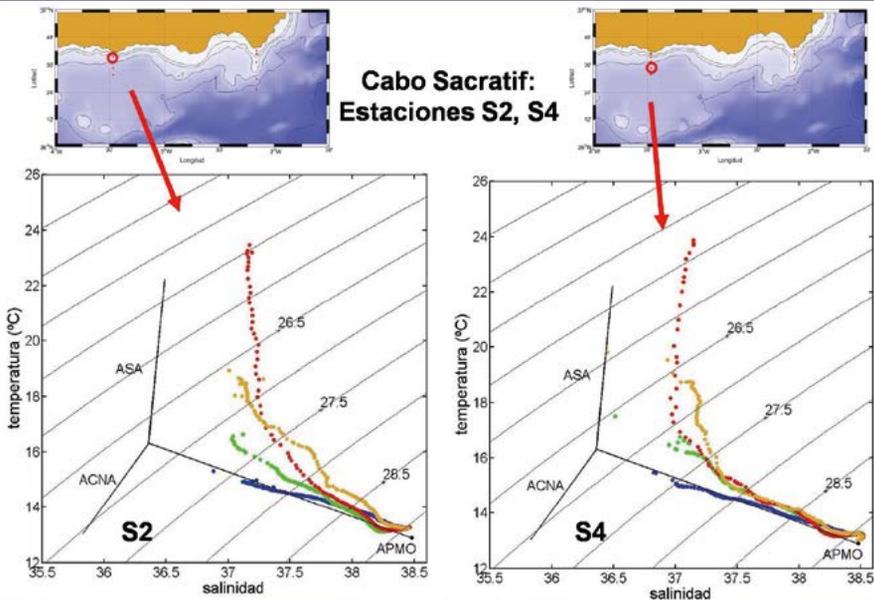


Figura 3.9. Igual que la figura 3.6, pero para la radial de Cabo Sacratif.

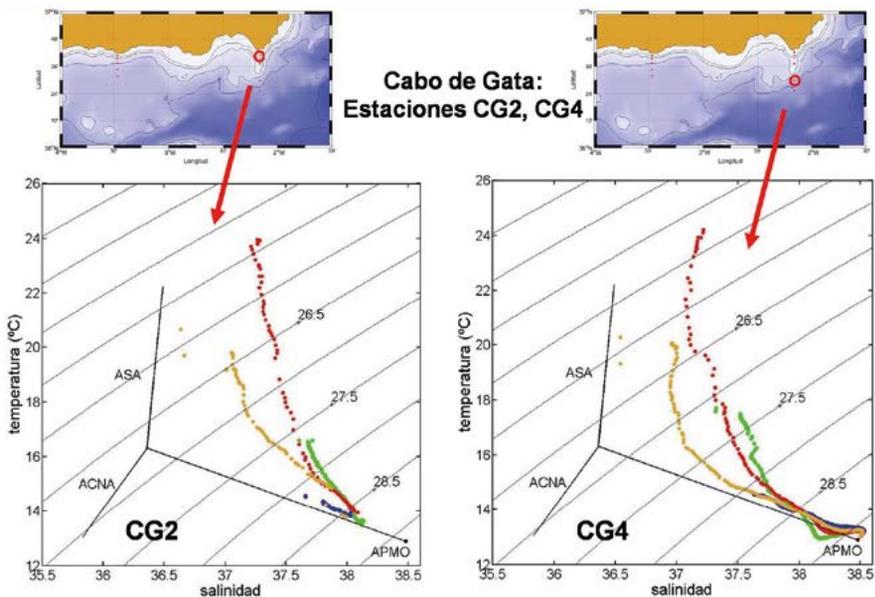


Figura 3.10. Igual que la figura 3.6, pero para la radial de Cabo de Gata.

Las figuras 3.9 y 3.10 muestran cómo aumenta la influencia del agua mediterránea hacia el este, siendo aún mayor en las estaciones de la plataforma S2 y CG2 que en las de talud, S4 y CG4. El carácter más mediterráneo de las estaciones interiores puede explicarse nuevamente por la posición de los frentes al norte de la Corriente Atlántica y las zonas de circulación ciclónica que usualmente ocupan estas zonas del Mar de Alborán (ver figura 3.1). Por otra parte, en la sección anterior se ha mostrado un predominio de los vientos de componente oeste en el Mar de Alborán durante la mayor parte del año. Estos vientos y la orientación oeste-este de la costa norte de Alborán, favorecen los procesos de afloramiento por transporte Ekman, afectando este fenómeno con mayor intensidad a la zona costera.

Otra característica que se aprecia en todos los diagramas TS mostrados, es la existencia de un claro ciclo estacional para la salinidad, siendo máxima en primavera, y decreciendo en verano para alcanzar valores mínimos en otoño. Hay dos explicaciones para este aumento de la influencia de las aguas atlánticas. En primer lugar, como se ha comentado anteriormente, el verano es la única estación del año en la que se produce un predominio de los vientos de componente este, que producen una acumulación de las aguas superficiales contra la costa, arrastrando aguas atlánticas con un menor grado de modificación. Sin embargo, como se dijo en el epígrafe anterior, en otoño se recupera la influencia de vientos de componente oeste. Podría tratarse de una cierta inercia en la dinámica del Mar de Alborán. Tras un periodo de vientos de levante en verano, la influencia del AA en las costas del norte de Alborán prevalecería durante el otoño hasta que, tras la persistencia de los vientos de componente oeste a lo largo de esta estación, volviesen a recuperarse en invierno valores más altos de salinidad asociados a una mayor influencia de las aguas mediterráneas. También podría tratarse de una cierta variabilidad en la circulación del Mar de Alborán. El esquema de circulación presentado en la figura 3.1 es el más frecuentemente descrito en la literatura, pero dista mucho de ser un esquema permanente. Muy al contrario, numerosos trabajos han mostrado que los giros anticiclónicos que ocupan las dos partes del Mar de Alborán, al oeste y este del Cabo Tres Forcas, pueden aumentar sus tamaños hasta alcanzar las costas españolas, o comprimirse hacia el sur, dejando la costa norte de Alborán ocupada por aguas de carácter más mediterráneo, e incluso podrían desaparecer, dando paso a una Corriente Atlántica que fluye pegada a la costa marroquí (Vargas-Yáñez et al., 2002). Los valores mínimos de la salinidad en la costa española durante el otoño y la máxima influencia de las aguas de carácter atlántico en dicha estación del año, podría indicar un desarrollo máximo de los giros anticiclónicos.

Las gráficas mostradas y las explicaciones que se derivan de ellas nos muestran las propiedades medias del Mar de Alborán obtenidas, no a partir de una única campaña oceanográfica o de un escaso conjunto de ellas cubriendo un ciclo estacional completo, sino de una serie que, en algunos casos, consta de más de 20 años de duración, lo que implica que pueden considerarse representativas del comportamiento medio o más probable de esta región del Mediterráneo. Pero más allá de esta descripción general, uno de los principales objetivos de este trabajo es el de aportar los valores estadísticos que puedan servir de consulta para futuros trabajos, inicialización de modelos o simplemente para contrastar futuras medidas e identificar posibles alteraciones. Con este objeto, al final del capítulo se presentan las tablas 3.1 a 3.4 con los valores medios, las desviaciones estándar y el número de medidas usadas para realizar los cálculos, para la temperatura potencial y salinidad a lo largo de la columna de agua en las estaciones P2 y P4 (tablas 3.1 y 3.2) y las estaciones CG2 y CG4, en la radial de Cabo de Gata (Almería, tablas 3.3 y 3.4). Hay que hacer notar que, estas estadísticas se calculan para todas las estaciones del proyecto RADMED. Aquí, por brevedad, sólo se presentan los valores para

las estaciones 2 y 4 de la radial más occidental y la radial más oriental del Mar de Alborán que se consideran representativas del gradiente oeste-este tanto en la plataforma como en el talud continental. Sin embargo, el principal objetivo del proyecto RADMED es la monitorización de todas las aguas mediterráneas españolas y la obtención de estadísticas representativas del estado medioambiental de dichas aguas. Por este motivo, este tipo de tablas se han calculado para todas las radiales, y se harán públicas próximamente en otro formato.

### 3.3 Distribuciones de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a.

Las figuras 3.11 y 3.12 muestran los perfiles verticales medios correspondientes al invierno (A), primavera (B), verano (C) y otoño (D) para las concentraciones de nitratos (línea marrón claro) y nitritos (línea marrón oscuro), oxígeno disuelto (línea azul) y clorofila-a (línea verde) en las estaciones P2 y P4, situadas en la parte más occidental del área de muestreo. La estación 2 representa las condiciones en la plataforma continental, mientras que la estación 4 está situada sobre el talud. Las figuras 3.13 y 3.14 muestran los mismos resultados para las estaciones CG2 y CG4 en la radial de Cabo de Gata, el extremo más oriental del Mar de Alborán. En todos los perfiles los puntos representan los valores medios obtenidos en las profundidades discretas en las que actualmente se realizan los muestreos dentro del proyecto RADMED (tabla 2.1). Dichos valores medios están calculados a partir de series temporales que en algunos casos se extienden desde 1992 a 2016. Para facilitar la visualización de la forma en la que estas variables se distribuyen a lo largo de la columna de agua, las figuras incluyen líneas continuas obtenidas mediante Interpolación Estadística Óptima (Vargas-Yañez et al., 2005; Gomis et al., 2001).

Además de estas figuras, se presentan las tablas 3.5 y 3.6 donde se muestran las estadísticas correspondientes a los valores medios, desviaciones estándar y número de datos disponibles para las estaciones 2 y 4 de la radial de Cabo Pino (P). La tabla 3.7 muestra la profundidad del disco de Secchi para las radiales P, M y V. Las tablas 3.8 y 3.9 corresponden a la misma información para la radial más oriental del Mar de Alborán: Cabo de Gata, y la tabla 3.10 muestra las profundidades del disco de Secchi en las radiales de Cabo Sacratif (S) y Cabo de Gata (CG). Volvemos a reiterar que el objetivo de presentar esta información, tal vez un poco extensa e incluso tediosa, es el de ofrecer al lector un material de referencia y consulta para futuros trabajos.

La figura 3.11 muestra que en la estación P2, tanto en invierno como en primavera, las concentraciones más altas de clorofila-a se encuentran en la superficie y a 10 m de profundidad respectivamente, coincidiendo con las concentraciones más altas de oxígeno disuelto en superficie ( $> 5,5$  ml/l) y concentraciones de nitratos y nitritos por encima de  $1 \mu\text{M}$  y  $0,2 \mu\text{M}$  respectivamente. Este máximo de clorofila se hunde hasta los 20 m en verano cuando las concentraciones de nitratos y nitritos están prácticamente agotadas en superficie. Sin embargo, estas concentraciones crecen muy rápidamente con la profundidad y a 20 m, aún en la capa fótica, ya se recuperan valores similares a las concentraciones superficiales de invierno y primavera. En otoño el máximo de clorofila vuelve a observarse en superficie. Hay que señalar que la concentración de este máximo supera siempre  $1 \text{ mg/m}^3$  y los valores superficiales también están por encima de este valor durante todo el año con la única excepción del verano, cuando son ligeramente superiores a  $0,5 \text{ mg/m}^3$ .

**Cabo Pino: Estación P2**

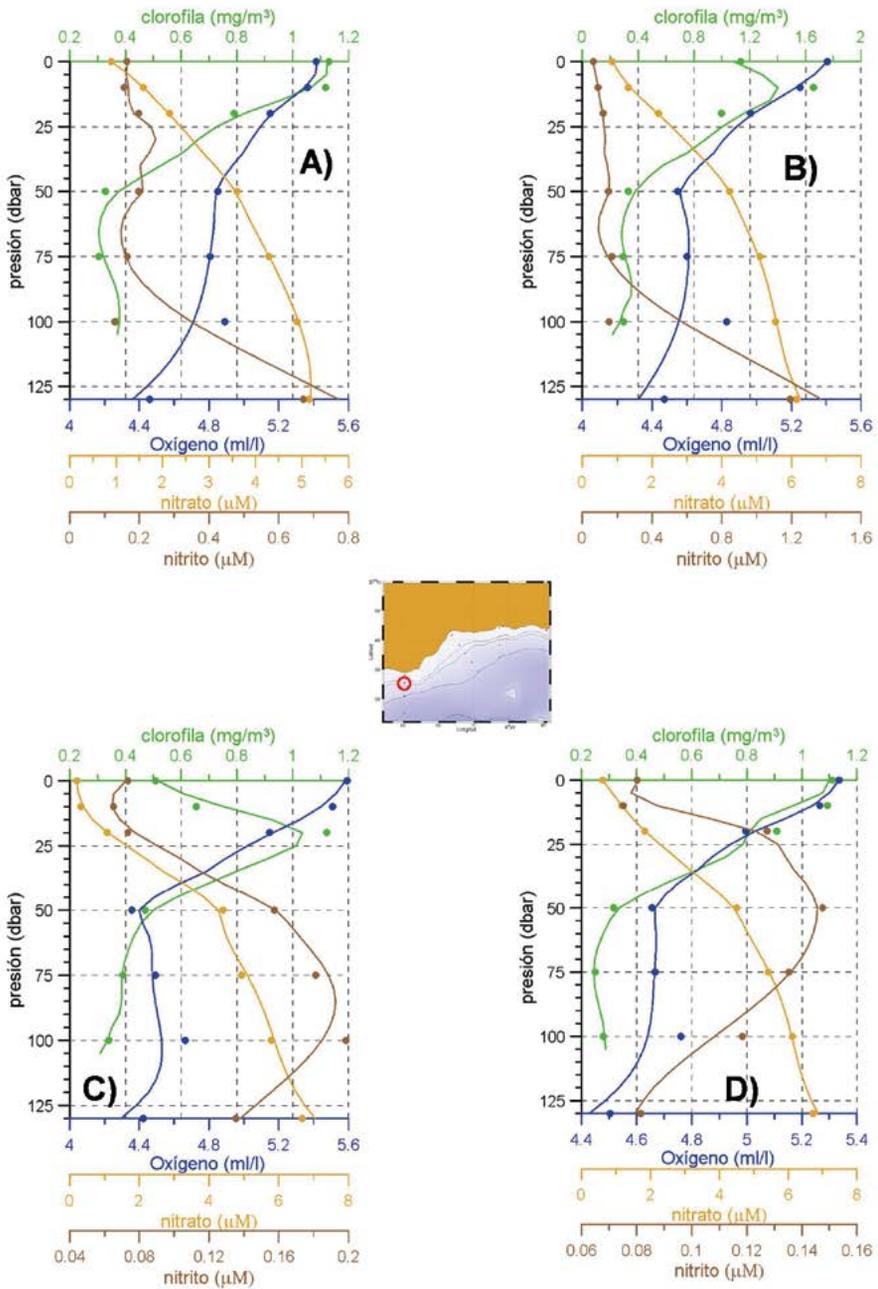


Figura 3.11. Perfiles verticales medios correspondientes a la estación P2, promediando todos los perfiles de las campañas RADMED para las concentraciones de clorofila-a (verde), oxígeno disuelto (azul), nitratos (marrón claro) y nitritos (marrón oscuro). La figura 3.11A corresponde al invierno, B a la primavera, C al verano y D al otoño.

**Cabo Pino: Estación P4**

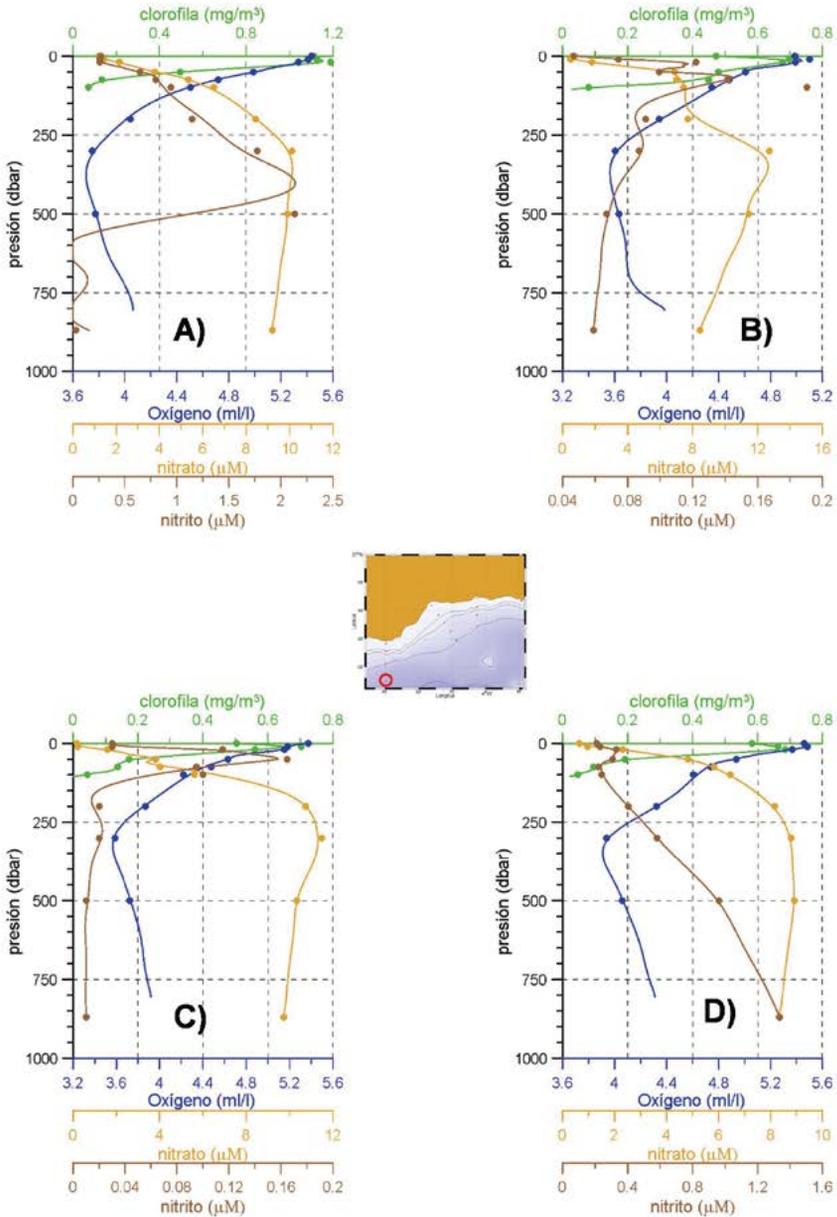


Figura 3.12. Igual que la figura 3.11, pero para la estación P4.

Los fosfatos en superficie son máximos en invierno ( $0,16 \mu\text{M}$ ), disminuyendo hasta  $0,06$  y  $0,07 \mu\text{M}$  en primavera y verano (tabla 3.5). No obstante, a  $20$  m aumentan hasta  $0,12$  y  $0,13 \mu\text{M}$  en primavera y otoño. Solamente en verano tenemos que descender hasta los  $50$  m para encontrar concentraciones superiores a  $0,1 \mu\text{M}$ . Los silicatos superficiales son más altos en invierno, de forma análoga a lo que sucede con nitratos y fosfatos, siendo mínimos en verano. No obstante, a  $20$  m de profundidad las concentraciones superan  $1 \mu\text{M}$  durante todas las estaciones del año. El oxígeno disuelto en esta estación de plataforma disminuye con la profundidad hasta el fondo, que en este caso es de  $130$  m, mientras que los nitratos, fosfatos y silicatos aumentan hacia el fondo donde oscilan según la estación del año entre  $5,16$  y  $6,71 \mu\text{M}$  (nitratos),  $0,24$  y  $0,32 \mu\text{M}$  (fosfatos) y  $1,89$  y  $3,82 \mu\text{M}$  (silicatos). Es interesante notar que tanto en verano como en otoño (Fig. 3.11C, D) se observa un máximo relativo de nitritos entre los  $50$  y  $100$  m de profundidad. Este máximo coincide con un mínimo relativo de oxígeno (posteriormente el oxígeno disuelto vuelve a aumentar hasta el fondo), y usualmente recibe el nombre de Máximo Primario de Nitritos (MPN). Otros trabajos que muestran esta característica lo asocian a una reducción incompleta de los nitratos asimilados por el fitoplancton (Lomas y Lipschultz, 2006). No obstante, Rodríguez (1982) ya observó este máximo en aguas malagueñas y lo asoció a procesos de remineralización de la materia orgánica. Esta hipótesis podría estar apoyada por el descenso del oxígeno disuelto asociado al máximo de nitritos.

La estación P4, sobre el talud continental, con una profundidad de  $870$  m, está muy próxima a la posición más habitual del chorro atlántico que entra en Alborán directamente desde el Estrecho de Gibraltar. Aunque las distribuciones de clorofila-a, oxígeno disuelto, y nutrientes son similares a las descritas para la estación de plataforma P2, existen algunas diferencias (Fig. 3.12 y tabla 3.6). Las concentraciones superficiales de clorofila son de  $0,5 \text{ mg/m}^3$  o superiores durante todo el año, correspondiendo la más alta al invierno ( $1,1 \text{ mg/m}^3$ ). Dentro de la columna de agua, el valor más alto de clorofila se alcanza a  $20$  m en invierno y otoño, y a  $10$  m en primavera y verano. De estos valores máximos de clorofila el más alto corresponde nuevamente al invierno ( $1,2 \text{ mg/m}^3$ ) siendo menos pronunciados los máximos de las restantes estaciones, con un valor de  $0,7 \text{ mg/m}^3$  tanto en primavera como en verano y otoño. El máximo de oxígeno disuelto se observa en la parte superior de la columna de agua, ligeramente por encima del de clorofila (entre  $0$  y  $10$  m de profundidad) con valores que oscilan entre  $5,1$  y  $5,5 \text{ ml/l}$ .

La mayor profundidad de la estación P4 permite apreciar con más claridad algunas propiedades de la distribución de nutrientes. Los nitratos aumentan su concentración con la profundidad hasta los  $300$  m en invierno, primavera y verano, alcanzándose valores superiores a  $10 \mu\text{M}$ . En otoño, el máximo de nitratos se encuentra a  $500$  m, con una concentración de  $8,9 \mu\text{M}$ . Después de este máximo, disminuyen ligeramente hasta el fondo donde las concentraciones varían entre  $8,3$  y  $9,7 \mu\text{M}$ . Este comportamiento es similar al de los fosfatos que alcanzan máximas concentraciones de  $0,35$  y  $0,48 \mu\text{M}$  entre los  $300$  y  $500$  m. Los silicatos no muestran este máximo a profundidades intermedias, sino que aumentan de forma continua desde la superficie hasta el fondo, donde alcanzan los valores más altos de entre  $7,1$  y  $9,9 \mu\text{M}$ . Los máximos de nitratos y fosfatos coinciden con las concentraciones mínimas de oxígeno disuelto, entre  $3,61$  y  $3,94 \text{ ml/l}$ , en torno a los  $500$  m de profundidad. Los máximos de nitratos y fosfatos y el correspondiente mínimo de oxígeno disuelto coinciden con la posición del núcleo de ALL, caracterizado por un máximo absoluto de salinidad, por encima de  $38,5$  ups, entre  $400$  y  $500$  m de profundidad. La ausencia de este máximo para los silicatos se suele explicar por una menor tasa de remineralización de estos nutrientes.

Los nitritos vuelven a presentar un máximo entre 20 y 75 m con valores que van desde 0,16  $\mu\text{M}$  a 0,33  $\mu\text{M}$  en primavera, verano y otoño. En invierno, el máximo de nitritos es diferente, situándose en la misma profundidad que los de nitratos y fosfatos. En otoño, tras el máximo relativo observado a 20 m, los nitritos vuelven a crecer con la profundidad. Este MPN coincide con un cambio en la pendiente del perfil vertical de oxígeno disuelto.

Las estadísticas correspondientes a las estaciones más occidentales de Alborán, (P2 y P4), pueden consultarse en las tablas 3.5 y 3.6 (al final del capítulo). Los perfiles de nutrientes, oxígeno y clorofila para las radiales M y V, próximas a la radial de Cabo Pino, son similares a los de esta radial y no se incluyen por brevedad. Podemos resumir que en esta zona más occidental de Alborán, las concentraciones de clorofila en la capa más superficial de la columna de agua son elevadas durante la práctica totalidad del año. De hecho, el valor más alto de clorofila se observa en superficie durante algunas estaciones del año, mientras que en otras, se sitúa a 10 o 20 m de profundidad. Así mismo, el valor máximo de oxígeno disuelto se presenta a profundidades similares o ligeramente más someras que este máximo de clorofila, indicando su origen en la actividad fotosintética, la cual inhibe el descenso del oxígeno disuelto en las aguas superficiales durante el verano, cuando las aguas más cálidas disminuyen la solubilidad de los gases. En numerosos trabajos dedicados al análisis de las concentraciones de clorofila a lo largo de la columna de agua en el Mediterráneo, se describe un aumento de las concentraciones en las aguas superficiales durante el invierno o principios de primavera como consecuencia del aporte de nutrientes a la capa fótica durante las mezclas invernales. A medida que los nutrientes son consumidos en las capas superficiales por el fitoplancton, los valores más altos de clorofila empiezan a registrarse a mayores profundidades, desarrollándose lo que se denomina un Máximo Profundo de Clorofila (MPC) cuya profundidad, así como su intensidad van aumentando y disminuyendo respectivamente a medida que transcurre la primavera y el verano y los nutrientes se agotan en las capas superiores de la columna de agua. Igualmente, este MPC se debilita y se hace más profundo a medida que nos desplazamos hacia el este y sur del Mediterráneo donde la oligotrofia de este mar se acentúa (Lavigne et al., 2015; Bethoux et al., 1998; Estrada, 1996). Las figuras correspondientes a la radial de Cabo Pino (Fig. 3.11 y 3.12), y las tablas 3.5 y 3.6, muestran que en el sector más occidental de Alborán no puede hablarse propiamente de un MPC, ya que con frecuencia los valores más altos se encuentran en la superficie, y cuando no es así, sería más apropiado hablar de un máximo sub-superficial de clorofila, por situarse éste entre los 10 y 20 m de profundidad. Esta diferencia respecto de otras zonas del Mediterráneo se explica por las elevadas concentraciones de nutrientes en las capas más superficiales durante todo el año. Aunque los valores más altos de nitratos y fosfatos en superficie se producen en invierno, como consecuencia de las tormentas invernales y las mezclas asociadas a ellas, y posteriormente se produce un descenso hasta alcanzar valores superficiales mínimos en verano, hay que notar que a 20 m de profundidad encontramos concentraciones superiores a 1  $\mu\text{M}$  y 0,1  $\mu\text{M}$  para los nitratos y fosfatos respectivamente.

Estas altas concentraciones de clorofila y nutrientes se van relajando hacia el este dentro del Mar de Alborán (radial de Cabo de Gata, Fig. 3.13 y 3.14). En la estación CG2, las concentraciones superficiales de clorofila son nuevamente máximas en invierno, pero dicho valor es tan sólo de 0,59  $\text{mg}/\text{m}^3$ . En esta misma estación del año el valor más alto dentro de la columna de agua se observa a 10 m de profundidad (0,63  $\text{mg}/\text{m}^3$ ). A partir de la primavera y el verano, las concentraciones superficiales de clorofila decaen de forma importante, siendo del orden de 0,1  $\text{mg}/\text{m}^3$ , y se desarrolla lo que ahora sí podemos denominar un MPC, en torno a los 50 m de profundidad y con concentraciones de entre 0,3 y 0,5  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Este MPC se hace más

somero en otoño (20 m de profundidad) al mismo tiempo que su valor aumenta hasta 0,76 mg/m<sup>3</sup> y también aumenta la clorofila en superficie (0,3 mg/m<sup>3</sup>). La concentración de clorofila en el MPC de otoño, es el valor más alto dentro del ciclo estacional de la estación CG2. Este aumento otoñal de la clorofila se ha observado frecuentemente en el Mediterráneo y otras zonas templadas y se corresponde con el inicio de la actividad tormentosa. Las concentraciones de oxígeno son máximas por encima del máximo de clorofila. En este caso sí se aprecia un claro ciclo estacional del oxígeno disuelto en superficie. Éste es máximo en invierno (5,68 ml/l), cuando las aguas más frías facilitan la solubilidad de los gases y la actividad fotosintética en las capas superficiales es mayor, como indica el valor superficial de clorofila más alto del año. Por el contrario, el oxígeno disuelto en superficie es mínimo en verano (4,61 ml/l). En este caso el descenso ocasionado por la menor solubilidad en las aguas más cálidas no puede ser compensado por la actividad fotosintética en las capas superficiales que disminuye considerablemente, al contrario de lo que se observaba en Cabo Pino.

En la estación CG2, los valores más altos de nitratos en superficie se observan en otoño (0,85 μM), mientras que el resto del año los valores son muy bajos, entre 0,08 y 0,12 μM. Los fosfatos alcanzan su valor más alto en superficie en primavera (0,1 μM), siendo muy bajos el resto del año (0,01-0,03 μM). La distribución vertical de nitritos no muestra una forma clara donde pueda apreciarse la aparición del MPN. Hay que tomar en consideración que los valores medios correspondientes a algunas estaciones del año se basan en tan solo 2 o 4 valores, debido a problemas en el mantenimiento del programa de monitorización. Si la variabilidad temporal es elevada, como cabe esperar en zonas de plataforma cercanas a la costa, estos valores medios pueden no ser totalmente representativos del verdadero valor medio.

La estación de talud en la radial de Cabo de Gata (CG4) parece mostrar, a pesar del escaso número de datos, unas distribuciones verticales más suaves (Fig. 3.14 y tabla 3.9). Las concentraciones superficiales de clorofila son más altas en invierno (0,4 mg/m<sup>3</sup>), siendo muy bajas en primavera y verano, con valores de 0,1 y 0,08 mg/m<sup>3</sup>, para volver a aumentar ligeramente en otoño (0,24 mg/m<sup>3</sup>). Estos valores tan bajos coinciden con el agotamiento de los nitratos y fosfatos en superficie durante casi todo el año, con valores de entre 0,08 y 0,13 μM en el caso de los nitratos (valor máximo en otoño) y de entre 0,03 y 0,09 μM para los fosfatos. El MPC está presente todo el año en torno a los 50 m de profundidad y con una concentración bastante homogénea que oscila entre 0,45 y 0,51 mg/m<sup>3</sup>. El oxígeno disuelto es máximo por encima del máximo de clorofila, y nuevamente se observa un ciclo estacional en superficie asociado al ciclo estacional de la temperatura de las aguas superficiales. Tal y como ocurría en la radial de Cabo Pino, y como se observa en todo el Mediterráneo Occidental, los nitratos y fosfatos alcanzan un máximo y el oxígeno un mínimo en torno a los 300-500 m, coincidiendo con la posición del núcleo de ALI. Este máximo oscila entre 7,65 y 10,39 μM en el caso de los nitratos y entre 0,47 y 0,55 μM para los fosfatos. El mínimo de oxígeno está entre 3,72 y 4,3 ml/l. En esta estación se vuelve a apreciar un MPN a 75 m de profundidad en todas las estaciones del año.

**Cabo de Gata: Estación CG2**

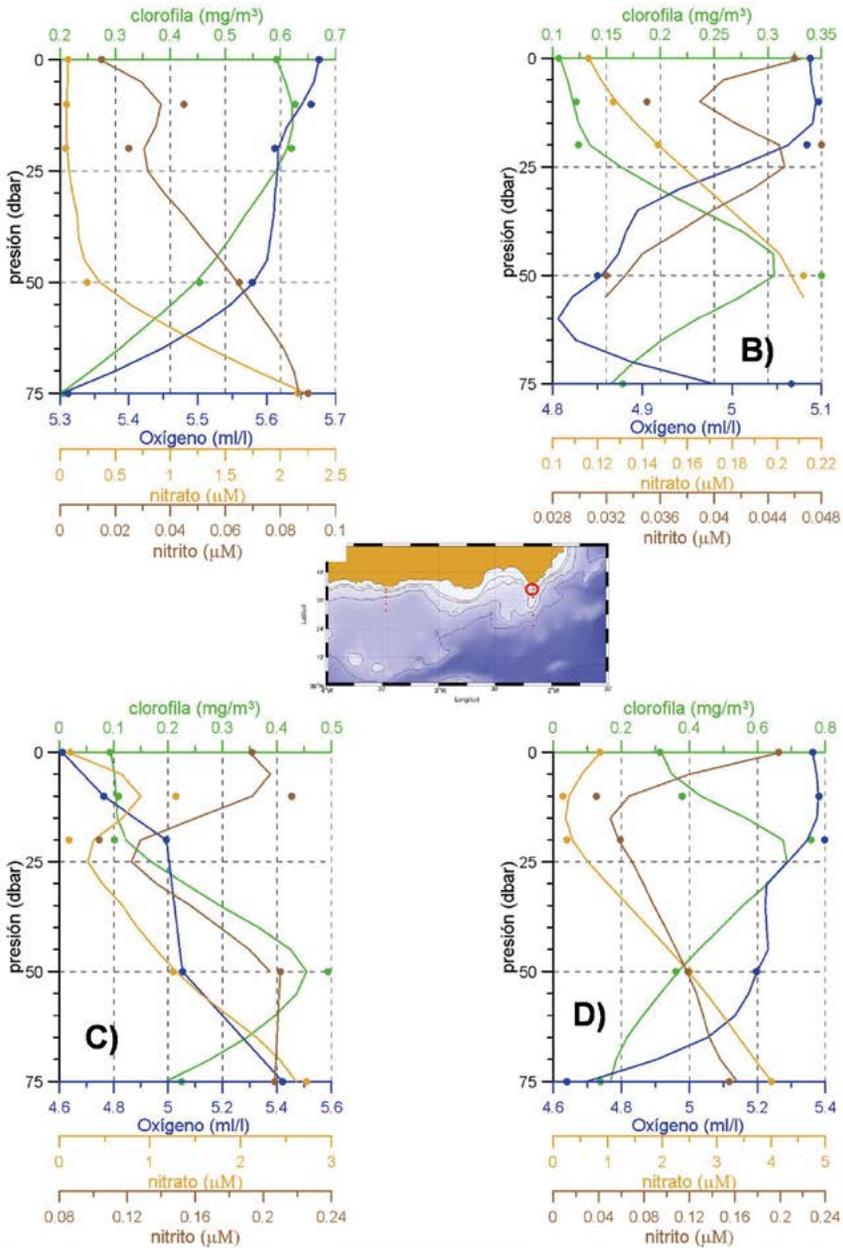


Figura 3.13. Igual que la figura 3.11, pero para la estación CG2.

**Cabo de Gata: Estación CG4**

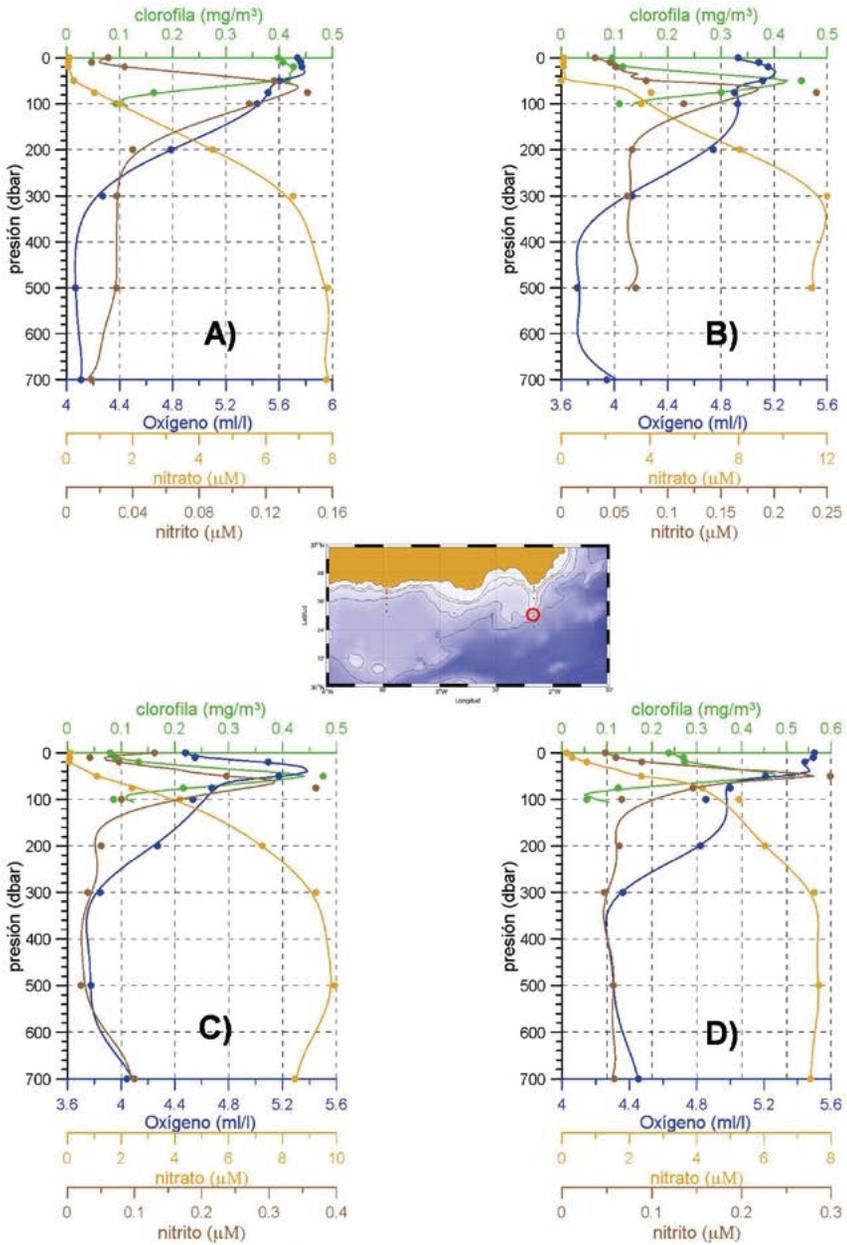


Figura 3.14. Igual que la figura 3.11, pero para la estación CG4.

Con el fin de tener una idea más aproximada de la productividad de toda la columna de agua en las distintas zonas del Mar de Alborán, se han integrado verticalmente las concentraciones de clorofila, nutrientes y oxígeno. Para poder comparar las estaciones de plataforma y de talud se han integrado tan solo los 100 m superiores de la columna de agua (o hasta la máxima profundidad en aquellas estaciones más someras). Los valores de clorofila integrada se dan en  $\text{mg}/\text{m}^2$ , los de nutrientes en  $\text{mmol}/\text{m}^2$ , y los de oxígeno en  $1/\text{m}^2$ .

Además de estos valores integrados se ha calculado la profundidad de la capa de mezcla mediante el método del umbral (De Boyer Montégut et al., 2004). La profundidad de esta capa ha sido definida como aquella en la que la diferencia de temperatura respecto de un valor de referencia (temperatura a 10 m) ha descendido  $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ . Esta variable es de gran importancia, pues ofrece información acerca de la intensidad de los procesos de mezcla invernal que inyectan nutrientes en la capa fótica, produciendo la posterior proliferación fitoplanctónica o "bloom". Muy relacionada con esta variable está la profundidad de la nutriclina, que también se ha calculado para cada estación oceanográfica a lo largo de las cuatro estaciones del año, y que se ha tomado como la profundidad a la que las concentraciones de nitrógeno (nitratos más nitritos) superan el valor  $1\ \mu\text{M}$  (Macías et al., 2008).

La línea negra discontinua en las figuras 3.15A y B muestra la posición de la capa de mezcla en las estaciones de Cabo Pino (P2 y P4). Dicha capa tiene un espesor máximo (es decir, alcanza su máxima profundidad) en invierno, con espesores de 60 m en P2 y de más de 80 m en P4. El espesor mínimo o posición más somera, se produce en verano, cuando en ambas estaciones oceanográficas se encuentra en torno a los 10 m de profundidad. La evolución de la nutriclina, estimada a partir de los perfiles mostrados en las figuras 3.11 y 3.12 (no se muestra por la claridad de los gráficos), es inversa a la de la capa de mezcla. Su profundidad es mínima (entre 5 y 12 m) en invierno, y máxima en verano cuando se hunde hasta los 28 m en la estación P2 y hasta los 22 m en P4. Hay que notar que en realidad estos valores son bajos e indican una nutriclina poco profunda.

Los valores máximos de clorofila integrada se producen en primavera en la estación P2 y en invierno en P4, siendo estos valores próximos a  $60\ \text{mg}/\text{m}^2$ . Ya se ha comentado que dentro de la columna de agua podemos encontrar un valor máximo de clorofila cuya posición suele ser más somera en invierno y primavera, cuando el aporte de nutrientes a las capas más superficiales es mayor, y más profunda en las épocas estratificadas. La concentración de clorofila en la posición del máximo está siempre por encima de  $1\ \text{mg}/\text{m}^3$  en la estación P2, y por encima de  $0,7\ \text{mg}/\text{m}^3$  en la estación P4 (tablas 3.5 y 3.6). Además, la profundidad en la que se alcanza este máximo oscila en ambas estaciones oceanográficas entre 0 y 20 m. Este resultado es coherente con la poca profundidad alcanzada por la nutriclina, incluso en la época del año de mayor estratificación, e implica que en esta parte más occidental del Mar de Alborán no podemos hablar con propiedad de un MPC, sino, en todo caso, de un máximo sub-superficial.

Los datos anteriores, en especial la escasa profundidad de la nutriclina, los altos valores de clorofila, y la posición somera del máximo de clorofila, sugieren un aporte considerable de nutrientes a la capa fótica durante todo el año. Otra indicación de esta circunstancia podría ser la ausencia de un ciclo estacional claro para el nitrógeno (nitratos más nitritos, barras marrón claro en las figuras 3.15C y D), fosfatos (barras marrón oscuro) y silicatos (línea continua marrón claro) en la estación P2. En la estación P4 sí se observa cómo el nitrógeno integrado varía a lo largo del año siguiendo la evolución de la capa de mezcla y la nutriclina, presentando

**Cabo Pino: Estaciones P2, P4**

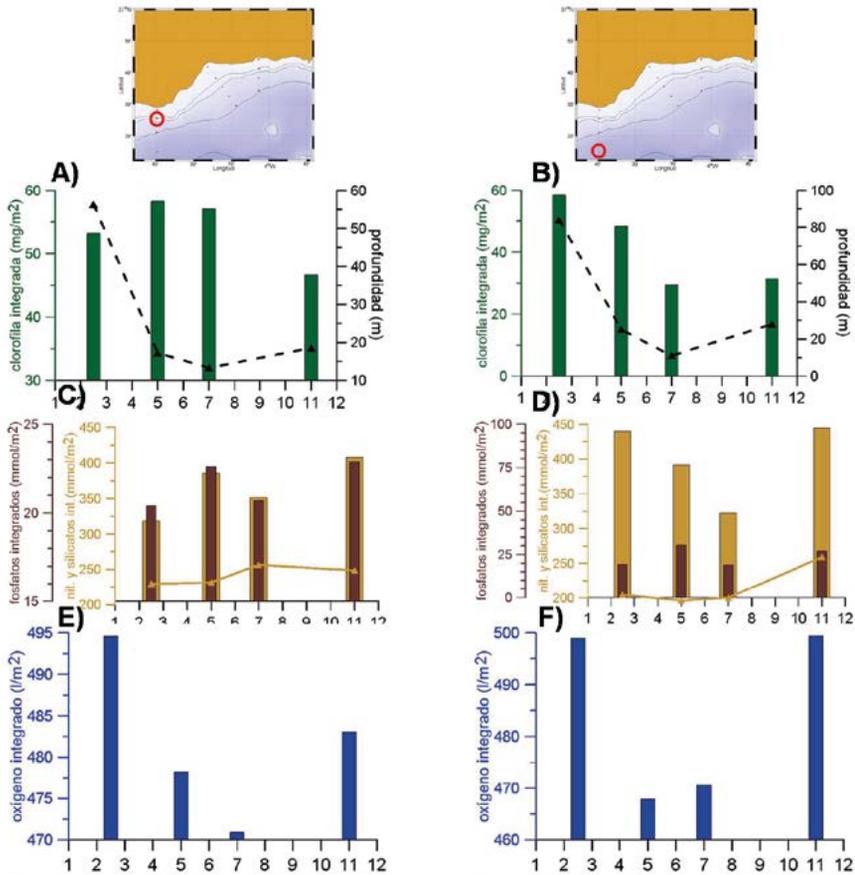


Figura 3.15. Figuras 3.15A y B. Concentraciones de clorofila-a integradas para los 100 m superiores de la columna de agua expresadas en mg/m<sup>2</sup> (barras verdes), profundidad de la capa de mezcla (línea negra discontinua). A corresponde a la estación P2 y B a la estación P4. Figuras C (estación P2) y D (estación P4). Concentraciones de nitratos más nitritos integradas para los 100 m superiores de la columna de agua expresadas en mmol/m<sup>2</sup> (barras marrón claro). Las barras marrón oscuro representan los fosfatos integrados, y las líneas marrón claro los silicatos integrados, también expresados en mmol/m<sup>2</sup>. Las figuras E (estación P2) y F (estación P4) representan las concentraciones de oxígeno disuelto integradas para los 100 m superiores de la columna de agua y expresadas en l/m<sup>2</sup>.

valores máximos en invierno (~ 450 mmol/m<sup>2</sup>) y decreciendo a valores mínimos en verano (> 300 mmol/m<sup>2</sup>), para nuevamente crecer en otoño. Los fosfatos y silicatos integrados no presentan una estacionalidad tan clara, con valores que oscilan en torno a los 20-25 mmol/m<sup>2</sup> para el caso de los fosfatos, y los 200-250 mmol/m<sup>2</sup> para los silicatos.

Finalmente, las figuras 3.15E y F presentan la concentración de oxígeno integrada (barras azules). Cabe destacar, que si bien no se observaba un ciclo estacional en las concentraciones superficiales de oxígeno, (como cabía esperar por los cambios de solubilidad que experimenta

la capa superficial del agua), ahora sí se aprecia un claro ciclo estacional en el oxígeno integrado verticalmente, con valores máximos en invierno que decrecen en primavera y verano para volver a aumentar en otoño. Esta estacionalidad debe estar causada por el ciclo de producción primaria que se desprende de la evolución de la clorofila integrada. Sin embargo, la disminución brusca en primavera de la concentración de oxígeno no parece corresponderse con los valores elevados de clorofila en esa estación del año. La explicación podría estar en procesos de oxidación de las altas tasas de producción primaria de esta zona del Mar de Alborán, o de las aguas advectadas desde el Estrecho de Gibraltar, que llevan a la formación de un extra-mínimo de oxígeno (Minas et al., 1991) o a procesos de advección y mezcla vertical que de momento no podemos resolver con la información disponible.

La figura 3.16 muestra las concentraciones de clorofila, nitratos, nitritos, silicatos y oxígeno integradas para la columna de agua, así como la profundidad de la capa de mezcla para las estaciones CG2 y CG4. La clorofila integrada es máxima en invierno, decreciendo durante la primavera y el verano para luego volver a aumentar en otoño. Esta tendencia general a lo largo del ciclo estacional se ve reflejada en los valores integrados de oxígeno disuelto. Solo llama la atención que los valores de clorofila y oxígeno son menores en primavera que en verano en el caso de la estación CG2.

El comportamiento del espesor de la capa de mezcla sí es el esperado, con valores máximos en invierno, ocasionados por las mezclas invernales, un descenso en primavera, y valores mínimos, es decir, máxima estratificación, en verano. Posteriormente, en otoño la capa de mezcla comienza de nuevo a hacerse más profunda. Aunque este comportamiento puede parecer similar al observado en la parte occidental de Alborán, debe notarse que los valores de la clorofila integrada son mucho menores. Así, el valor máximo invernal no llega a 40 mg/m<sup>2</sup> en CG2, y apenas supera los 30 mg/m<sup>2</sup> en CG4. Los valores más bajos alcanzados en verano están en torno a 15 mg/m<sup>2</sup> en CG2. Por el contrario, los valores más altos observados en Cabo Pino estaban en torno a los 60 mg/m<sup>2</sup>, y los más bajos eran de 35 mg/m<sup>2</sup> en P4. Si se comparan las concentraciones integradas de nutrientes en las figuras 3.15 y 3.16, también se aprecia un descenso notable de las mismas en Cabo de Gata respecto de los valores de Cabo Pino. Este descenso de los nutrientes y la menor productividad de la columna de agua que se desprende de estas concentraciones integradas de clorofila más bajas, indican un aumento de la oligotrofia del Mar de Alborán de oeste a este. Una de las consecuencias de este gradiente es que en Cabo de Gata sí se puede hablar de un MPC que se desarrolla en primavera y verano en la estación CG2, con una profundidad de 50 m. En la estación CG4 el MPC se observa durante todo el año a 50 m, siendo esta profundidad similar a la observada en otras partes del Mediterráneo como el Mar Balear (Arín et al., 2005; Estrada, 1996). Al contrario de lo que ocurría en Cabo Pino, la baja productividad de las aguas en superficie no puede enmascarar el ciclo estacional del oxígeno disuelto ligado a los cambios de solubilidad de los gases con la temperatura. Así, la concentración de oxígeno disuelto en superficie es de 5,68 y 5,74 ml/l en CG2 y CG4 durante el invierno, disminuyendo hasta 4,61 y 4,48 ml/l en verano.

### Cabo de Gata: Estaciones CG2, CG4

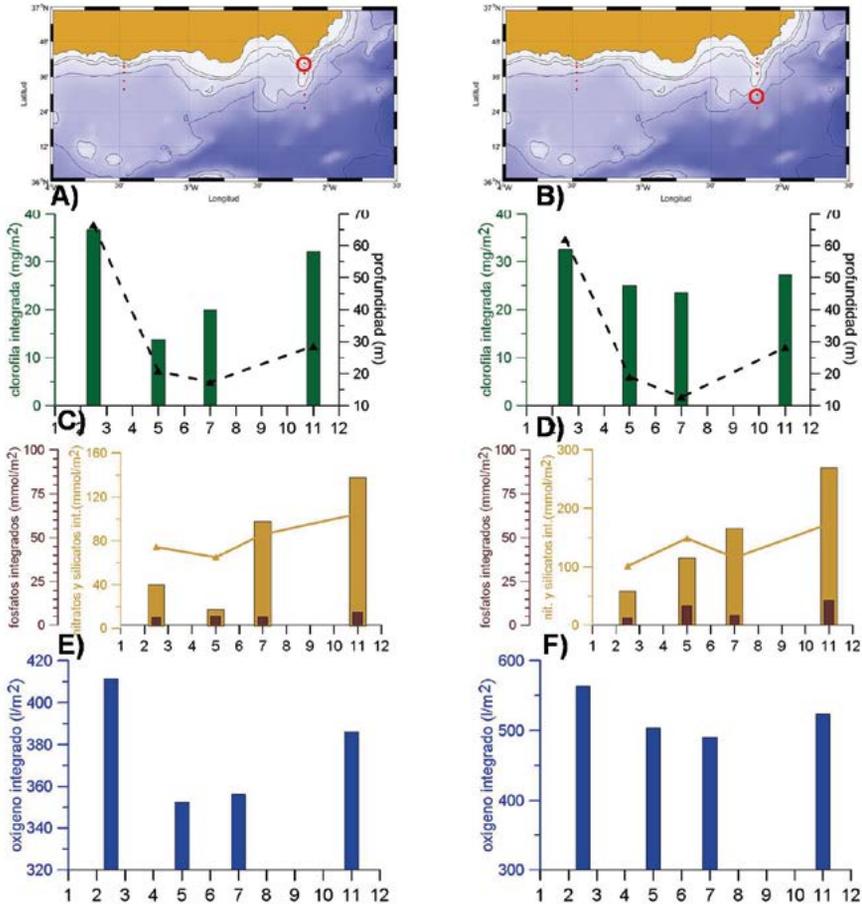


Figura 3.16. Igual que la figura 3.15, pero para las estaciones CG2 y CG4 de la radial de Cabo de Gata.

## 3.4 Distribuciones fitoplanctónicas

### 3.4.1 Micro-fitoplancton

Como ya se explicó en el capítulo 2, la fracción de mayor tamaño del fitoplancton, aquella mayor de 20  $\mu\text{m}$  de DEE (micro-fitoplancton), solo se muestrea a lo largo de los primeros 100 m de la columna de agua en las estaciones 2, es decir, las situadas sobre la plataforma continental. Se analizan las abundancias de tres grandes grupos: diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados, considerándose tres grupos con características tróficas diferenciadas (Latasa et al., 2016, 2010). No se analiza el grupo de los cocolitofóridos por necesitar de una conservación diferente, lo que aumentaría enormemente el número de muestras, ya de por sí muy elevado para el micro-fitoplancton.

Para describir la distribución vertical usaremos, al igual que se hizo en el epígrafe anterior, la estación P2, en el extremo occidental de la zona de muestreo en el Mar de Alborán, y la estación CG2 en el extremo oriental. Las estadísticas correspondientes se presentan en las tablas 3.11 y 3.12.

Las figuras 3.17 y 3.18 muestran las distribuciones verticales de las abundancias medias para el micro, nano y pico-fitoplancton. Aunque la fracción más pequeña del fitoplancton (nano y picoplancton) se abordará en el siguiente epígrafe, aquí describimos la estructura de estas figuras para todos los rangos de tamaño.

La figura 3.17A, muestra los perfiles verticales medios de abundancias de los distintos grupos del micro-fitoplancton: diatomeas (línea verde), dinoflagelados (línea roja) y pequeños flagelados (línea marrón claro) en invierno, mientras que la figura 3.17B muestra los perfiles verticales medios de las abundancias de células nanoeucariotas (2-20  $\mu\text{m}$  DEE, línea negra), piceoeucariotas (0,2-2  $\mu\text{m}$  DEE, línea gris), y células picoprocariontas de los géneros *Prochlorococcus* (azul) y *Synechococcus* (roja). En el caso del nano y picoplancton, los análisis se realizan por citometría de flujo (ver capítulo 2), por lo que el tiempo necesario para el análisis de las muestras hace viable el muestreo tanto de una estación representativa de las condiciones de la plataforma continental (estación 2 de cada radial) como de las condiciones predominantes sobre el talud (estación 4 de cada radial). Así, en la figura 3.17B, las líneas continuas corresponden a la estación P2, sobre la plataforma, y las líneas discontinuas a la estación P4, sobre el talud continental. Las figuras 3.17C y D presentan los perfiles verticales medios del micro-fitoplancton (3.17C) y el pico y nanoplancton (3.17D) correspondientes a la primavera. Las figuras 3.17E, F corresponden al verano, y las figuras 3.17G, H al otoño.

En relación a la fracción de mayor tamaño del fitoplancton en la estación P2, hay que resaltar que tanto en primavera como en verano y otoño, las diatomeas constituyen el grupo más abundante. Tan solo en invierno los pequeños flagelados son el grupo más abundante en los 30 m superiores de la columna de agua, siendo las diatomeas el grupo dominante a 50 m. En esta estación del año las abundancias de ambos grupos no alcanzan las 100 cel./ml. En primavera se produce un considerable aumento de la abundancia de diatomeas que alcanzan valores próximos a las 400 cel./ml. Las abundancias más altas se producen en superficie, obteniéndose aún valores medios muy altos a 10 m, (> 300 cel./ml), que van decreciendo con la profundidad. Los pequeños flagelados también experimentan un ligero aumento superando las 100 cel./ml a 10 m de profundidad. Si consideramos el comportamiento más frecuentemente descrito en el Mediterráneo, en verano se producen condiciones de fuerte estratificación, lo que conduce de forma general a condiciones oligotróficas, bajas abundancias fitoplanctónicas, el desarrollo de un MPC y el predominio de la fracción más pequeña de tamaño del fitoplancton. Sin embargo, en la estación P2 se siguen observando concentraciones apreciables de diatomeas (~300 cel./ml), alcanzándose estos valores en superficie. Finalmente en otoño, las abundancias más altas se observan a 20 m de profundidad, no pudiéndose hablar de un máximo profundo, sino, como ocurría en el caso de la clorofila (ver sección 3.3), de un máximo sub-superficial. Este máximo otoñal de diatomeas supera las 100 cel./ml. También se aprecia un máximo para la abundancia de pequeños flagelados a 20 m, siendo su abundancia ligeramente inferior a la de las diatomeas (Fig. 3.17G). Los dinoflagelados presentan abundancias bajas durante todo el año y a lo largo de toda la columna de agua. Los valores medios más elevados observados a lo largo del ciclo estacional llegan a 21 cel./ml en invierno en superficie, y los más bajos son de 1 cel./ml a 100 m en otoño (tabla 3.11). Hay que hacer notar que este rango de entre 1 y 21 cel./ml se refiere

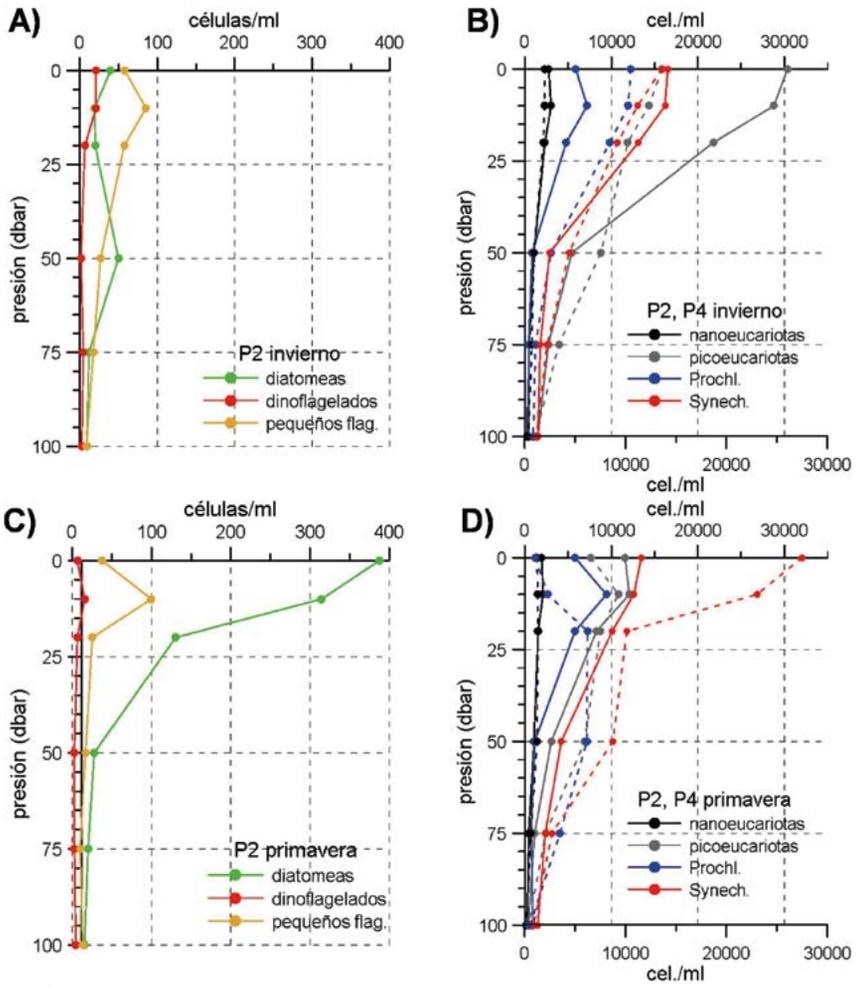


Figura 3.17.

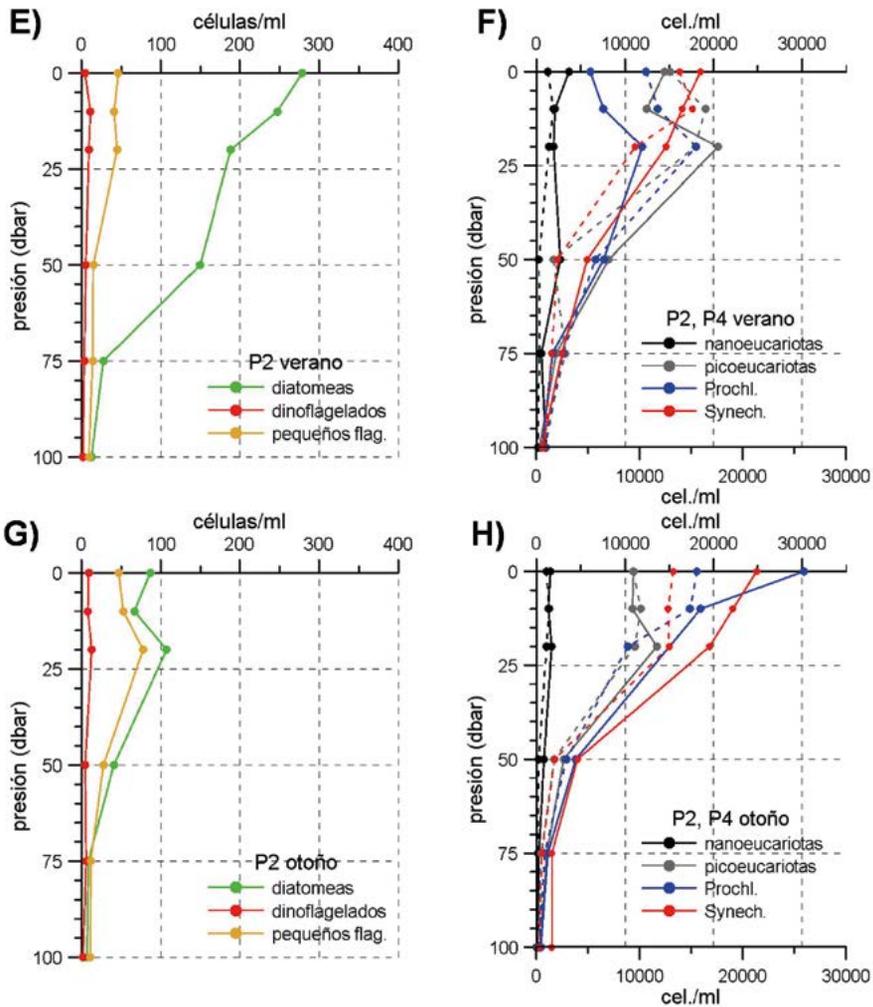


Figura 3.17. Figura 3.17A presenta los perfiles medios verticales de invierno de abundancias de diatomeas (verde), dinoflagelados (rojo) y pequeños flagelados (marrón claro) obtenidos usando todos los perfiles del proyecto RADMED en la estación P2. La figura 3.17B presenta los perfiles verticales medios de invierno para el nanoplancton eucariota en la estación P2 (línea negra continua), el picoplancton eucariota (línea gris continua), bacterias del género *Prochlorococcus* (línea azul continua) y bacterias del género *Synechococcus* (línea roja continua). Las líneas discontinuas corresponden a la misma estación del año (invierno) y los mismos grupos fitoplanctónicos, pero para la estación P4. Todas las abundancias se expresan en células por mililitro (cel./ml). Las figuras C, D son iguales pero para la primavera, las figuras E, F corresponden al verano, y las figuras G, H al otoño.

a las distribuciones verticales promediadas para cada estación del año. La tabla 3.11 muestra junto a estos valores medios y desviaciones estándar, los rangos calculados como los valores más bajos y más altos de abundancias registrados a lo largo de toda la serie temporal.

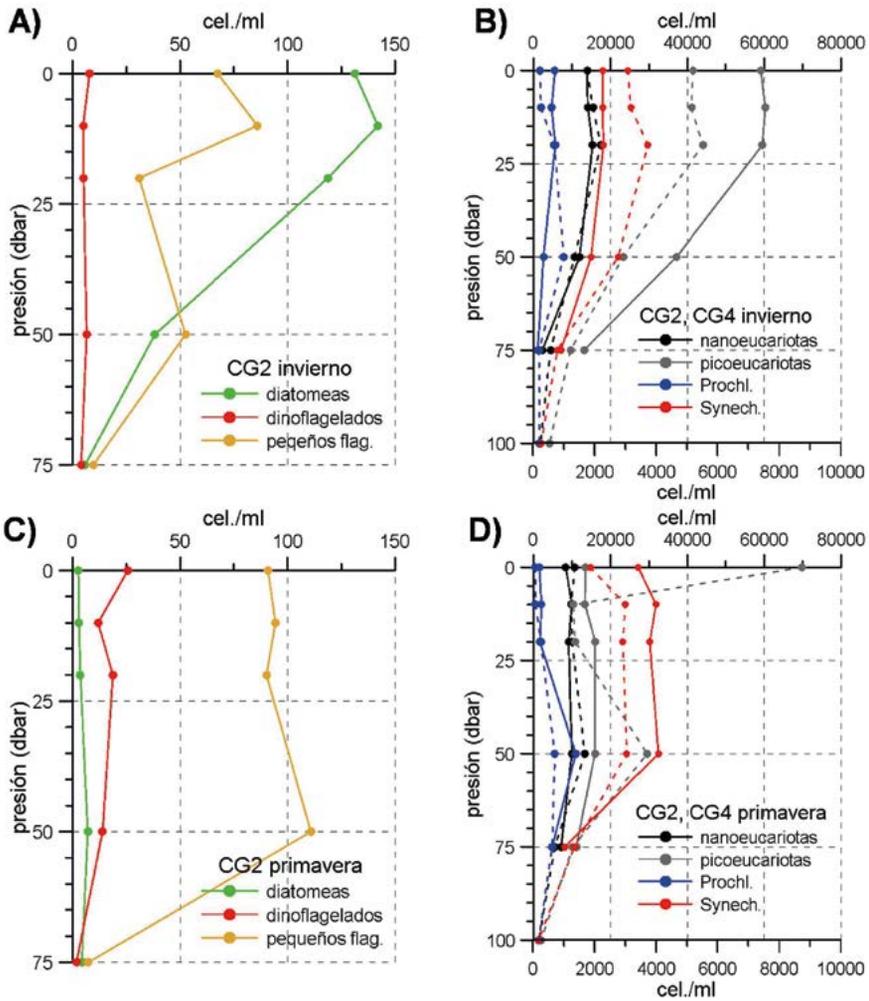


Figura 3.18.

Las estaciones de plataforma continental M2 y V2 situadas cerca de la radial P, es decir, en la parte occidental del Mar de Alborán, presentan un comportamiento similar al descrito para la estación P2 ( no se muestran estos resultados por brevedad). Sin embargo, esta alta abundancia de células micro-fitoplanctónicas, así como el predominio de las diatomeas durante la mayor parte del año, va relajándose a medida que nos desplazamos hacia el este. Para ilustrar esta situación que afecta tanto a la radial de Sacratif (no mostrada), como a la de Cabo de Gata, se muestran en la figura 3.18 los perfiles verticales medios de abundancias micro, nano y pico-fitoplanctónicas para las estaciones CG2 y CG4. Estas figuras siguen la misma organización y criterios de color usados para la figura 3.17. En primer lugar, hay que señalar que las abundancias micro-fitoplanctónicas más altas se producen en invierno, siendo ésta la única época del año en la que las diatomeas son el grupo dominante. Además, esta abundancia máxima, que se produce a 10 m de profundidad, no alcanza las 150 cel./ml, lejos de las casi

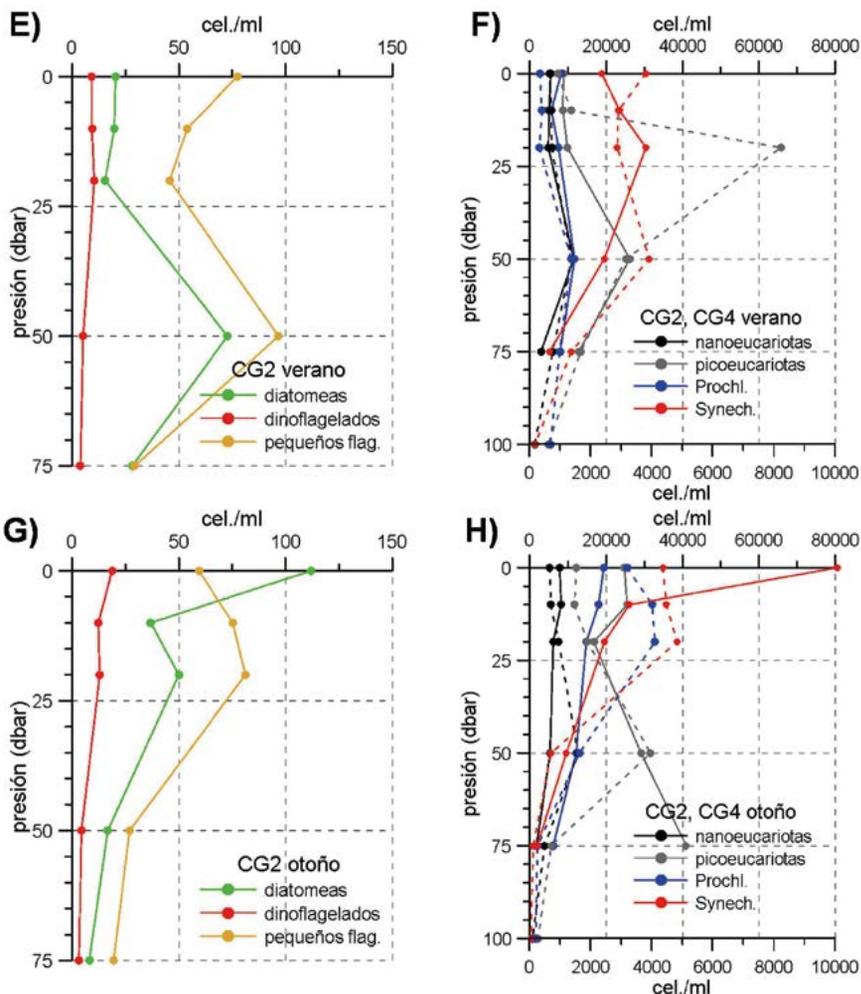


Figura 3.18. Igual que la figura 3.17, pero para las estaciones CG2 y CG4 de la radial de Cabo de Gata.

400 cel./ml alcanzadas en primavera en la estación P2. El resto del año son los pequeños flagelados el grupo más abundante, presentando máximos a 50 m en primavera e invierno (profundidades habituales del máximo profundo de clorofila en la época estratificada en otras zonas del Mediterráneo, Estrada et al., 2014, Estrada, 1996), y a 20 m en otoño.

Las diferencias existentes en la composición relativa del micro-fitoplancton entre las estaciones más occidentales (Cabo Pino, Málaga y Vélez) y las más orientales (Sacratif y Cabo de Gata) pueden apreciarse más claramente en las figuras 3.19 a 3.22. En estas figuras se muestran las abundancias relativas de cada uno de los tres grupos analizados, integradas verticalmente sobre los 100 m superiores de la columna de agua (o la máxima profundidad en las estaciones más someras). La figura 3.19 corresponde al invierno, la figura 3.20 a la primavera, 3.21 al

verano y 3.22 al otoño. Las abundancias integradas verticalmente se obtienen el cel./m2 y las figuras 3.19 a 3.22 muestran el porcentaje que representa cada grupo. El verde más claro corresponde a las diatomeas, el tono intermedio es para los dinoflagelados, y el verde más oscuro corresponde a los pequeños flagelados.

Las diatomeas son el grupo más abundante durante las cuatro estaciones del año en la estación M2, frente a la ciudad de Málaga, mientras que presentan las abundancias más altas en P2 durante la primavera, verano y otoño, siendo superadas por los pequeños flagelados solo en invierno. En la estación V2 también son el grupo más abundante durante la mayor parte del año (invierno, primavera y verano) pasando a una segunda posición en otoño, cuando los pequeños flagelados son el grupo más abundante.

Contrariamente a este dominio de las diatomeas, los pequeños flagelados son el grupo más abundante en las estaciones S2 y CG2 desde la primavera al otoño, siendo las diatomeas el grupo más numeroso solo durante el invierno. Los dinoflagelados, en general, presentan abundancias relativas bajas y variables a lo largo de todo el ciclo estacional y de toda la plataforma norte del Mar de Alborán.

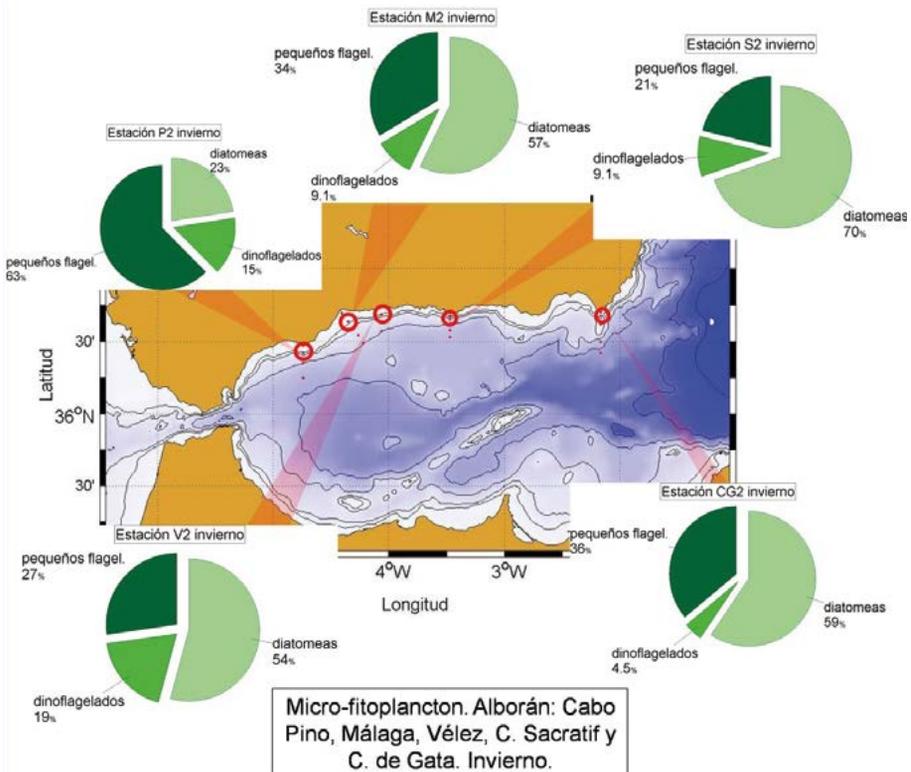


Figura 3.19. Importancia relativa durante el invierno de los grupos micro-fitoplanctónicos: diatomeas (verde claro), dinoflagelados (verde) y pequeños flagelados (verde oscuro) para las estaciones de la plataforma continental del Mar de Alborán: P2, M2, V2, S2 y CG2.

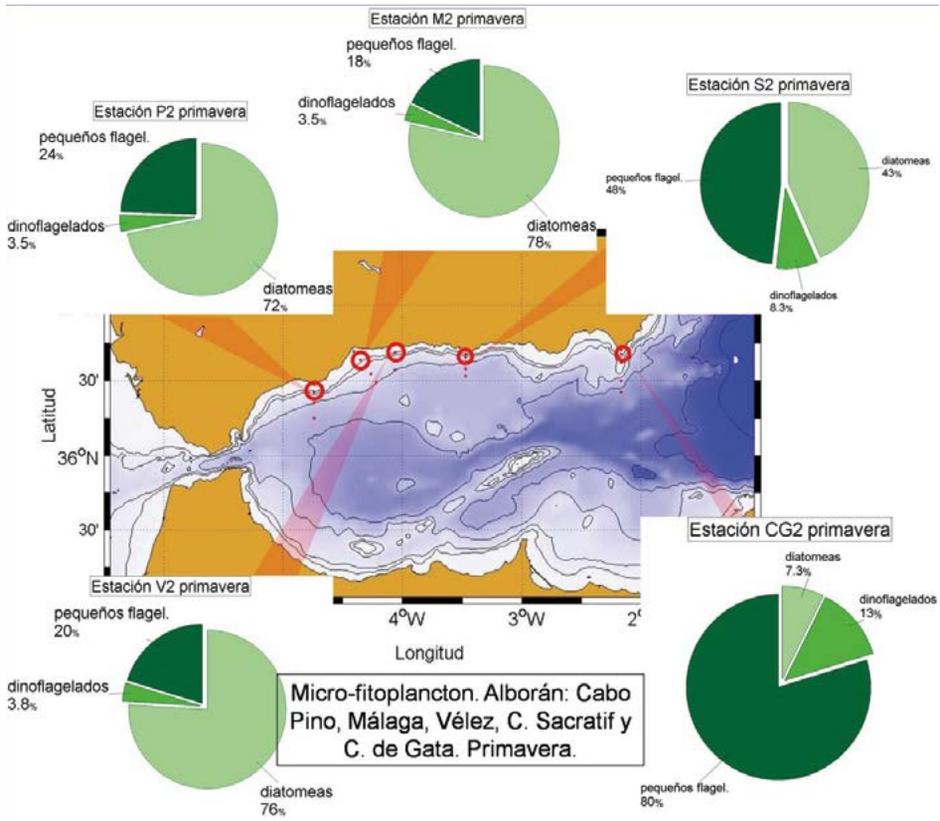


Figura 3.20. Igual que la figura 3.19, pero para la primavera.

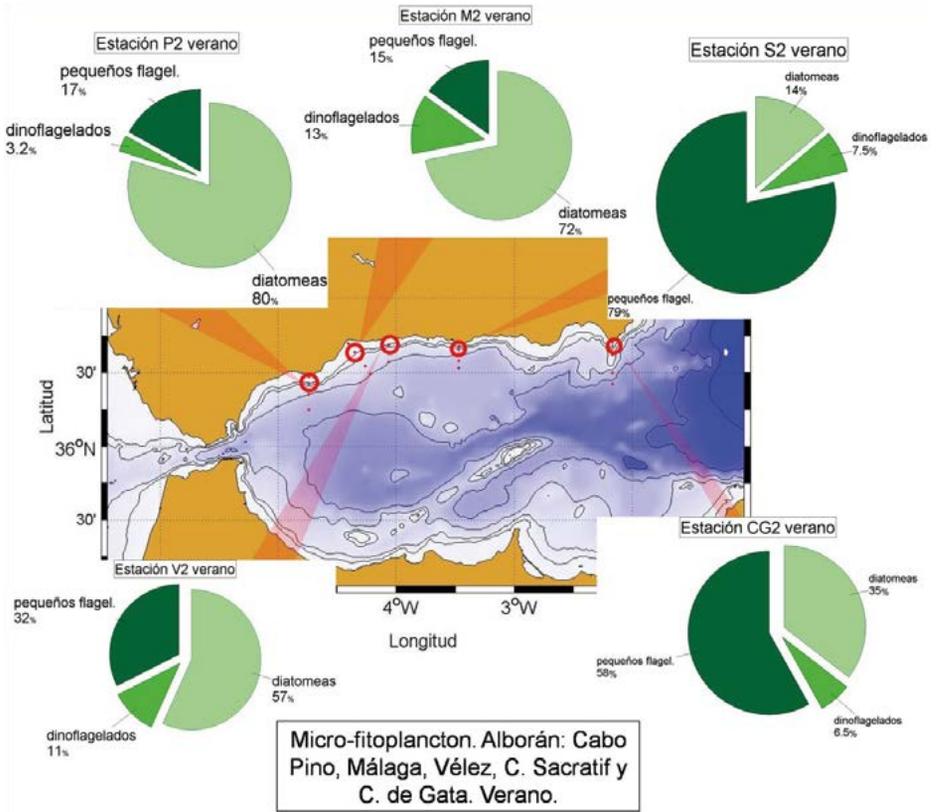


Figura 3.21. Igual que la figura 3.19, pero para el verano.

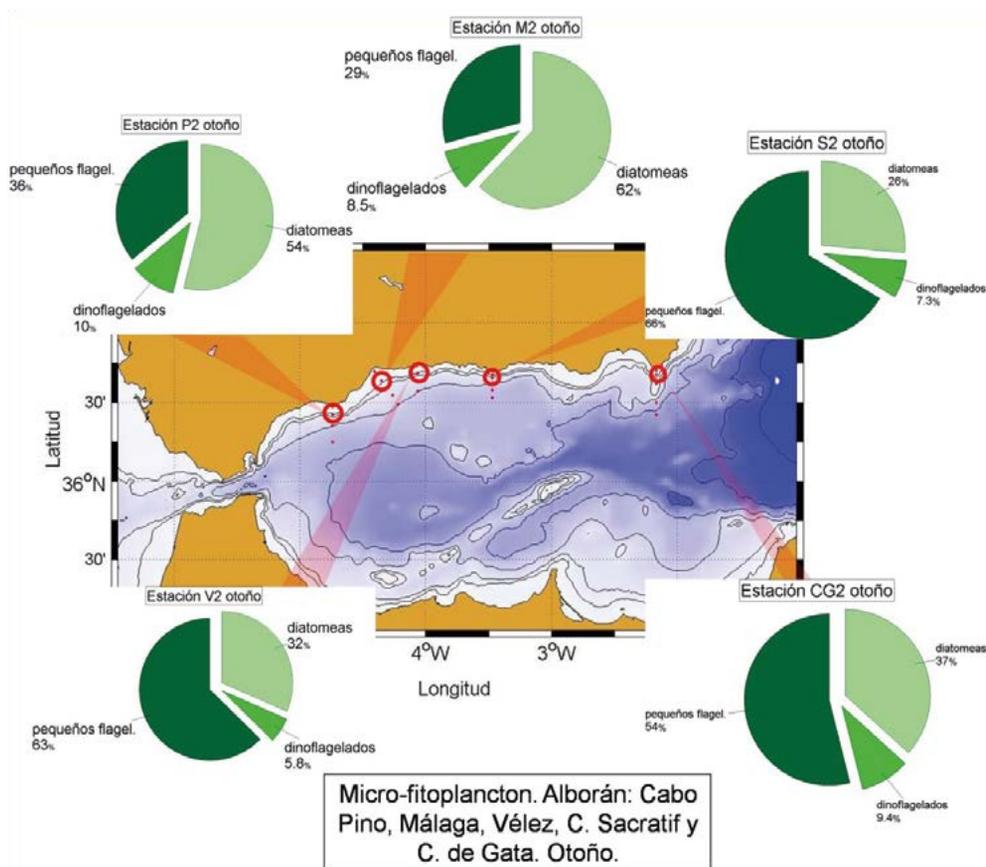


Figura 3.22. Igual que la figura 3.19, pero para el otoño.

Además de los cambios en las abundancias relativas de los distintos grupos micro-fitoplanctónicos, también existen diferencias estacionales y geográficas en el número total de células fitoplanctónicas. En la estación P2, el número total de células, integrando verticalmente y sumando los tres grupos, es mínimo en invierno ( $335 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>) y alcanza su valor máximo en verano ( $890 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>). En primavera también se observan altas abundancias, con un valor de  $799 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>. Si promediamos las cuatro estaciones del año se obtiene un valor de  $627 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>. En la estación CG2, el valor mínimo se alcanza en verano ( $333 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>), mientras que la abundancia máxima corresponde al invierno ( $712 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>). La media anual es de  $480 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup>, lo que indica un descenso de las abundancias micro-fitoplanctónicas desde el oeste hacia el este.

### 3.4.2 Nano y picoplancton

En cuanto a la fracción más pequeña del fitoplancton, es decir, el nano y picofitoplancton, el grupo menos abundante en las estaciones P2 y P4 durante todas las estaciones del año corresponde al nanoplancton eucariota, cuyas abundancias medias son bastante homogéneas a lo largo de todo el año y de toda la columna de agua con valores que oscilan entre 1000 y 3000 cel./ml. Nuevamente hay que hacer notar que éste es el rango en el que oscilan los valores promediados estacionalmente para toda la serie temporal. Los valores puntuales que pueden obtenerse en una campaña concreta presentan un rango de variación mayor (ver tablas 3.13 a 3.16). El picoplancton procariota (bacterias fotoautótrofas de los géneros *Prochlorococcus* y *Synechococcus*) presenta abundancias mucho más altas que en ocasiones alcanzan las 30.000 cel./ml. El picoplancton eucariota muestra abundancias similares a las de los procariotas. En las estaciones P2 y P4, *Synechococcus* alcanza los valores más altos siempre en la superficie, decreciendo luego con la profundidad. La única excepción corresponde al perfil medio de verano en la estación P4, donde el máximo se alcanza a 10 m de profundidad, una posición también muy somera dentro de la columna de agua.

En las estaciones CG2 y CG4 se observa un patrón similar al descrito para las estaciones P2 y P4, con abundancias del orden de  $10^3$  cel./ml para el nanoplancton eucariota, y del orden de  $10^4$  cel./ml para el picoplancton tanto eucariota como procariota. *Synechococcus* suele presentar las abundancias más altas en superficie, aunque en algunos casos, como en primavera, estos valores se mantienen de forma aproximadamente homogénea hasta los 50 m de profundidad. *Prochlorococcus* y el picoplancton eucariota presentan en ocasiones máximos a 50 m de profundidad, por ejemplo en primavera y verano. Hay que indicar que las escalas usadas para las estaciones de la radial P y la radial CG se han cambiado para poder mostrar más claramente la forma de los perfiles verticales en cada caso. Así, la escala correspondiente a Cabo de Gata alcanza las 80.000 cel./ml. Sin embargo, hay que señalar que esto se debe a algunos valores puntuales, como la abundancia media de *Synechococcus* en superficie en CG2 en otoño, o la del picoplancton eucariota a 20 m en esa misma estación del año. El resto de las estaciones del año los valores máximos están en torno a las 30.000 cel./ml como ocurría en las estaciones de Cabo Pino.

## 3.5 Abundancia y biomasa meso-zooplancónicas

A partir de las muestras tomadas con las mallas de 250  $\mu\text{m}$ , en las campañas ECOMÁLAGA primero (radiales P, M y V) y RADMED, a partir de 2007, se han determinado las abundancias del meso-zooplankton hasta el nivel de grandes grupos: copépodos, apendicularias, cladóceros, doliólidos, quetognatos, sifonóforos, ostrácodos y escifozoos. Las abundancias, expresadas en individuos por metro cúbico, junto con las desviaciones estándar y los rangos de variabilidad, es decir, el valor mínimo y máximo registrados en toda la serie temporal, así como el número de campañas analizadas, se muestran en las tablas 3.17 y 3.18 para las estaciones P2 y CG2. No se presentan las tablas correspondientes a las estaciones M2 y V2, para evitar una excesiva longitud de este capítulo, habiéndose elegido nuevamente la estación P2 como representativa de las condiciones en la parte occidental de Alborán y la estación CG2 como ejemplo de las aguas más oligotróficas situadas hacia el este. Hay que aclarar que las estadísticas correspondientes a las estaciones S2 y CG2 (radiales de Cabo Sacratif y Cabo de Gata respectivamente) no pueden considerarse como robustas. El motivo es que estas estaciones empezaron a muestrearse en el año 2007 bajo el paraguas del proyecto RADMED. Numerosos problemas técnicos, así como de

disponibilidad de personal, hacen que cada una de las estaciones del año estén representadas por dos o incluso un solo valor. Es cierto que numerosos trabajos analizan las distribuciones fito o zooplanctónicas de zonas más o menos extensas del mar utilizando los datos obtenidos a partir de un único ciclo estacional (Latasa et al., 2016, 2010; Ramírez et al., 2005; Reul et al., 2005, Salat et al., 2002; L’Helguen et al., 2002). Sin embargo, en este caso las estadísticas obtenidas no tienen la misma validez que las de las estaciones P2, M2, y V2, muestreadas con anterioridad en el proyecto ECOMÁLAGA y de las que se dispone de series temporales más largas. A pesar de ello, se ha incluido la tabla 3.18 con las abundancias correspondientes a la estación CG2 y las correspondientes representaciones gráficas de las abundancias relativas de los principales grupos meso-zooplactónicos en todo el Mar de Alborán (figuras 3.23, 3.24, 3.25 y 3.26). El motivo es simplemente ofrecer una información lo más completa posible. Sin embargo, las discusiones correspondientes deben tomarse con la cautela que impone la escasez de datos.

La figura 3.23 muestra la composición relativa de la comunidad meso-zooplactónica (> 250 µm) en la plataforma norte del Mar de Alborán durante el invierno.

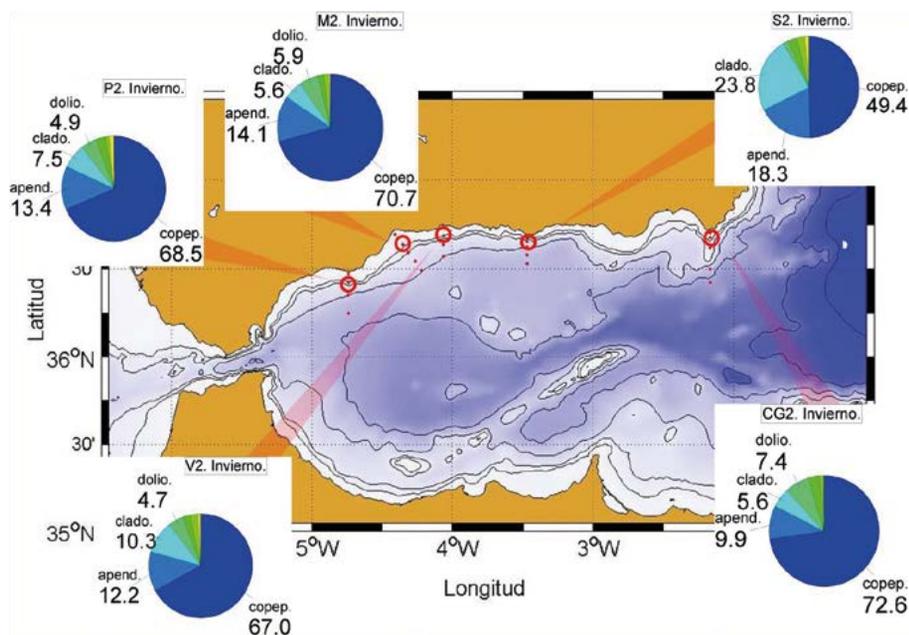


Figura 3.23. Importancia relativa de las abundancias de los principales grupos meso-zooplactónicos durante el invierno en la plataforma continental del Mar de Alborán (estaciones P2, M2, V2, S2 y CG2). Los grupos representados son: Copépodos, apendicularias, cladóceros, doliólidos, quetognatos, ostrácodos, sifonóforos y escifozoos. Por la claridad de la figura, solo se incluye el porcentaje del grupo cuando éste supera el 5 %.

Durante el invierno los copépodos son el grupo más abundante. Representan más del 50 % en todas las estaciones oceanográficas analizadas, excepto en CG2 donde representan un 49,4 %. Es decir, en invierno este grupo es más abundante que el resto de los principales grupos meso-zooplactónicos juntos. Los demás grupos con porcentajes importantes son apendicularias, cladóceros y doliólidos. El resto de los grupos tienen abundancias relativas inferiores al 5 %.

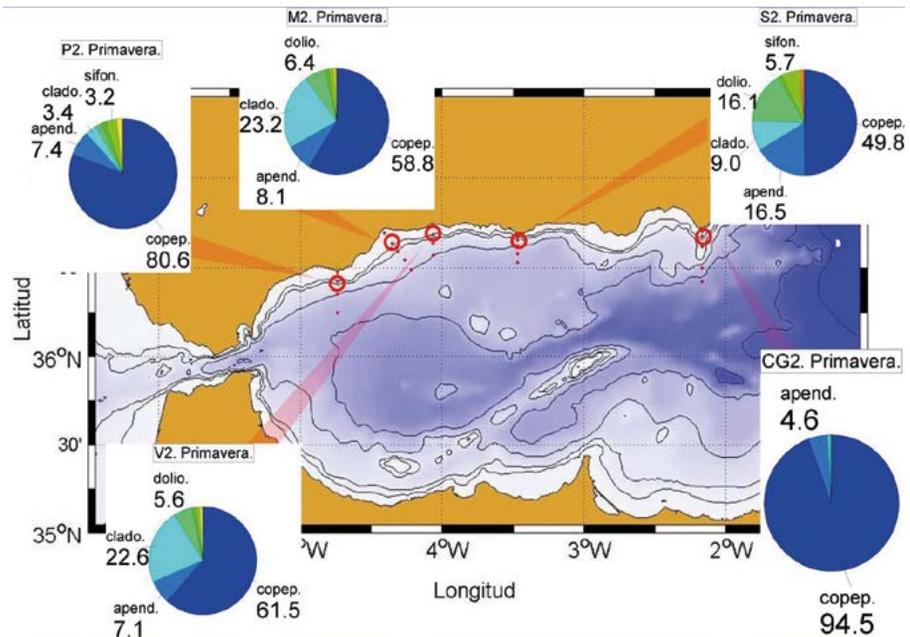


Figura 3.24. Igual que la figura 3.23, pero para la primavera.

En primavera (Figura 3.24) los copépodos siguen siendo el grupo más abundante con porcentajes muy superiores al 50 % salvo, nuevamente, la estación S2 en Cabo Sacratif, donde la abundancia de los copépodos es aproximadamente del 50 %. El resto de los grupos con abundancias relativas importantes siguen siendo las apendicularias, cladóceros y doliólidos. No obstante, hay que señalar un aumento de la importancia relativa de los cladóceros en Málaga y Vélez.

En verano (Fig. 3.25), se observa un aumento muy significativo de los cladóceros en todas las estaciones de la plataforma norte de Alborán, siendo en algunos casos más abundantes que los copépodos (estaciones P2 y S2), y siendo el segundo grupo más abundante en el resto de las estaciones. El resto de los grupos con abundancias superiores al 5 % son nuevamente apendicularias y doliólidos, y en el caso de CG2, también quetognatos. Finalmente, en otoño (Fig. 3.26) los copépodos vuelven a ser el grupo más abundante en todas las estaciones, si bien su importancia relativa no es tan alta como en invierno y primavera. Los cladóceros siguen siendo el segundo grupo más importante excepto en CG2, donde la segunda posición, tras los copépodos, corresponde a los quetognatos.

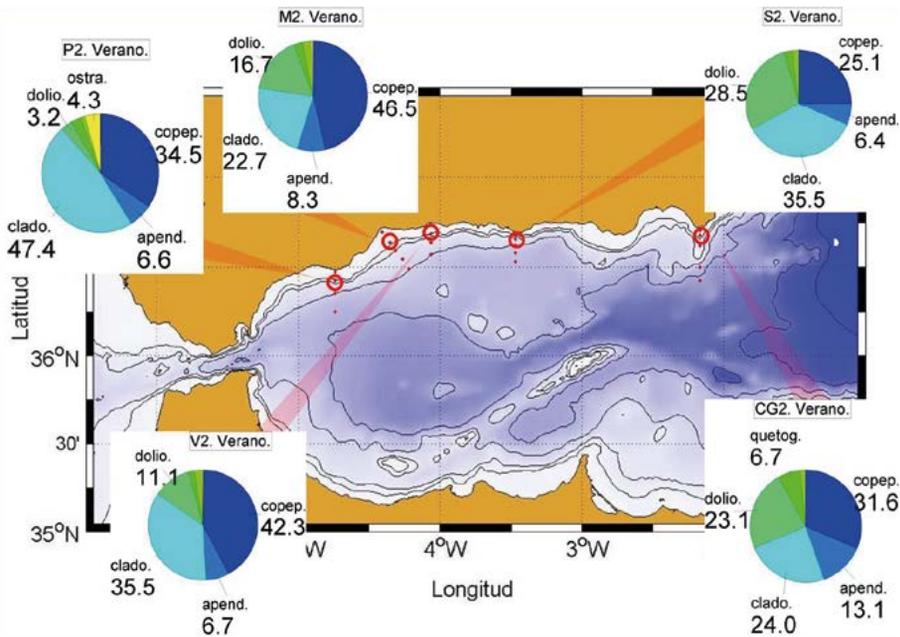


Figura 3.25. Igual que la figura 3.23 pero para el verano.

Si consideramos el número total de individuos, es decir, la suma de las abundancias correspondientes a todos los grupos, observamos que las abundancias totales más altas se producen siempre en verano. En el caso de la estación P2 (Cabo Pino), las abundancias para invierno, primavera, verano y otoño son 527, 509, 1217 y 790 ind./m<sup>3</sup> respectivamente. En el caso de la estación M2 (Málaga), las abundancias totales para las cuatro estaciones del año son 1094, 760, 1547 y 1315 ind./m<sup>3</sup>. En el caso de la estación V2, en la radial de Vélez los cuatro valores estacionales son: 1111, 1119, 2172 y 1252 ind./m<sup>3</sup>. Finalmente, en las radiales más orientales de Cabo Sacratif y Cabo de Gata las abundancias totales son: 765, 1364, 2241 y 728 ind./m<sup>3</sup> para la estación S2 y 1140, 1028, 1497 y 935 ind./m<sup>3</sup> para la estación CG2.

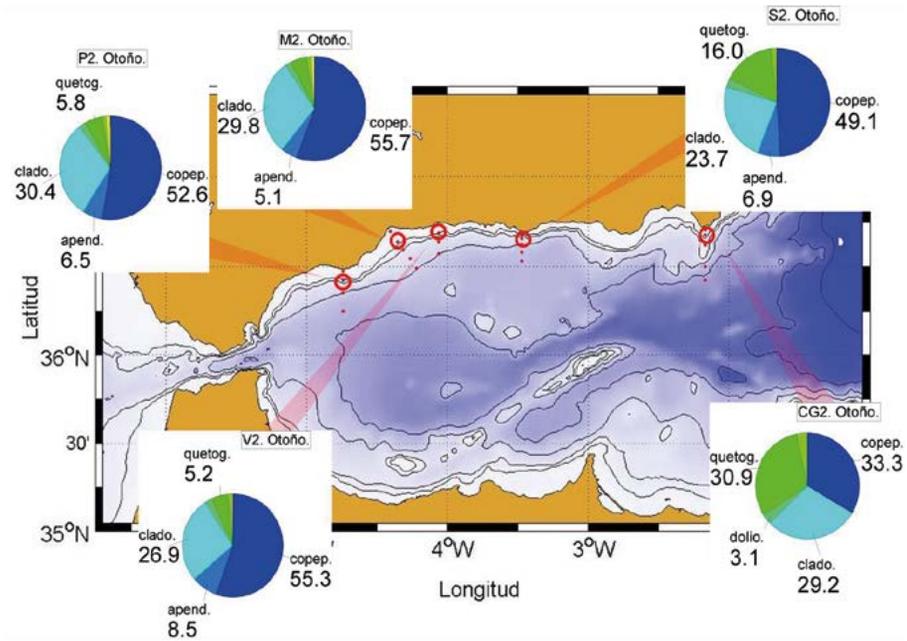


Figura 3.26. Igual que la figura 3.23, pero para el otoño.

En las estaciones P2, M2 y V2, donde las series temporales son más largas, el mayor número de individuos por metro cúbico en verano también coincide con las biomásas más elevadas que alcanzan valores de 18,8, 30,2 y 31,5 mg/m<sup>3</sup> respectivamente. En la estación CG2, el valor más alto de biomasa meso-zooplancónica se observa en invierno, si bien los valores son bastante homogéneos a lo largo de todo el año, con un valor mínimo de 4,5 mg/m<sup>3</sup> en primavera y un máximo de 7,5 mg/m<sup>3</sup> en invierno. De nuevo se observa un descenso de la biomasa zooplancónica respecto de las radiales occidentales de Cabo Pino, Málaga y Vélez.

### 3.6 Tablas. Estadísticas estacionales de Alborán

Tabla 3.1. Valores medios de temperatura potencial y salinidad a lo largo de la columna de agua para la estación P2. Para cada estación del año, invierno, primavera, verano y otoño, se presentan el valor medio, la desviación estándar, y el número de datos usados para el cálculo del promedio estacional.

Estación P2. Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			verano			otoño		
5	15.04	0.49	19	15.93	0.60	16	19.27	2.06	17	18.17	1.83	21
10	14.97	0.48	20	15.90	0.95	18	17.94	1.77	17	17.70	1.66	21
15	14.93	0.48	20	15.61	0.85	18	17.35	1.42	18	17.17	1.49	21
20	14.85	0.48	20	15.30	0.61	18	16.64	1.15	18	16.86	1.37	21
25	14.81	0.50	20	15.12	0.52	18	16.28	1.01	18	16.59	1.34	20
30	14.75	0.52	20	14.93	0.59	18	16.00	0.92	18	16.19	1.31	21
35	14.69	0.53	19	14.71	0.61	18	15.70	0.95	18	15.90	1.26	21
40	14.66	0.55	18	14.57	0.55	18	15.24	0.77	18	15.72	1.27	20
45	14.61	0.54	20	14.39	0.56	18	14.85	0.51	17	15.46	1.21	21
50	14.55	0.54	20	14.29	0.58	18	14.81	0.60	18	15.27	1.12	20
75	14.18	0.49	20	13.90	0.50	18	14.01	0.40	18	14.30	0.58	20
100	13.83	0.48	15	13.62	0.30	15	13.59	0.22	17	13.80	0.45	20

Estación P2. Salinidad, desviación estándar y nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			verano			otoño		
5	36.82	0.23	18	36.87	0.21	17	36.67	0.24	17	36.66	0.23	21
10	36.85	0.23	19	36.95	0.20	18	36.71	0.26	17	36.69	0.24	21
15	36.93	0.34	20	37.06	0.20	18	36.76	0.27	18	36.72	0.25	21
20	36.98	0.37	20	37.18	0.22	18	36.84	0.26	18	36.75	0.26	21
25	37.03	0.41	20	37.25	0.24	18	36.95	0.27	18	36.80	0.28	20
30	37.10	0.45	20	37.34	0.22	18	36.98	0.26	18	36.90	0.31	21
35	37.19	0.46	19	37.42	0.24	18	37.11	0.24	18	36.97	0.32	21
40	37.26	0.48	18	37.49	0.24	18	37.17	0.28	18	37.03	0.35	20
45	37.29	0.47	20	37.63	0.28	18	37.29	0.30	18	37.15	0.35	21
50	37.35	0.47	20	37.77	0.19	17	37.40	0.28	18	37.22	0.35	20
75	37.69	0.39	20	38.00	0.18	17	37.89	0.19	18	37.69	0.27	20
100	37.92	0.29	15	38.08	0.15	15	38.09	0.09	17	37.97	0.19	20

Tabla 3.2. Igual que la tabla 3.1, pero para la estación P4.

Estación P4. Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	15.31	0.75	6	17.25	1.15	4	19.99	1.87	5	18.34	1.05	7
10	15.23	0.77	6	16.83	0.92	4	19.42	1.69	5	18.21	0.95	7
15	15.18	0.75	6	16.54	0.74	4	18.68	1.49	5	17.87	0.93	7
20	15.16	0.73	6	16.26	0.48	4	18.29	1.43	5	17.52	1.05	7
25	15.14	0.74	6	15.97	0.38	4	17.86	1.32	5	17.23	1.19	7
30	15.13	0.74	6	15.67	0.30	4	16.70	1.01	5	16.80	1.32	7
35	15.13	0.73	6	15.53	0.40	4	15.80	0.91	5	16.57	1.31	7
40	15.12	0.72	6	15.20	0.55	4	15.79	0.78	5	16.28	1.27	7
45	15.08	0.72	6	15.11	0.54	4	15.60	0.72	5	16.05	1.18	7
50	14.97	0.59	6	15.06	0.51	4	15.43	0.66	5	15.74	0.96	7
75	14.56	0.56	6	14.49	0.31	4	14.73	0.35	5	14.79	0.60	7
100	14.22	0.61	6	13.86	0.16	4	14.00	0.25	5	14.22	0.72	7
150	13.53	0.29	6	13.41	0.11	4	13.38	0.25	5	13.44	0.39	7
200	13.27	0.14	6	13.29	0.09	4	13.22	0.09	5	13.28	0.19	7
300	13.21	0.03	6	13.26	0.12	4	13.21	0.04	5	13.21	0.03	7
400	13.19	0.02	6	13.22	0.09	4	13.16	0.02	5	13.16	0.02	7
500	13.14	0.01	6	13.16	0.09	4	13.11	0.02	5	13.12	0.01	7
600	13.09	0.01	6	13.10	0.06	4	13.06	0.02	5	13.07	0.01	7
700	13.04	0.01	5	13.04	0.04	4	13.03	0.01	5	13.03	0.01	7
800	12.98	0.02	5	13.01	0.04	3	12.99	0.01	5	12.98	0.02	7

Estación P4. Salinidad   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	36.80	0.45	6	36.74	0.22	4	36.51	0.07	5	36.57	0.13	7
10	36.81	0.44	6	36.73	0.24	4	36.52	0.08	5	36.57	0.14	7
15	36.82	0.44	6	36.77	0.24	4	36.50	0.12	5	36.59	0.16	7
20	36.82	0.44	6	36.80	0.22	4	36.49	0.15	5	36.60	0.18	7
25	36.84	0.43	6	36.84	0.24	4	36.48	0.16	5	36.62	0.21	7
30	36.88	0.45	6	36.91	0.23	4	36.50	0.23	5	36.64	0.24	7
35	36.93	0.49	6	36.98	0.30	4	36.49	0.22	5	36.71	0.28	7
40	36.97	0.50	6	37.08	0.32	4	36.61	0.18	5	36.79	0.31	7
45	37.02	0.53	6	37.12	0.33	4	36.64	0.21	5	36.88	0.32	7
50	37.05	0.56	6	37.18	0.39	4	36.70	0.18	5	36.96	0.34	7
75	37.36	0.59	6	37.58	0.29	4	37.22	0.31	5	37.35	0.33	7
100	37.67	0.46	6	37.96	0.20	4	37.76	0.21	5	37.77	0.21	7
150	38.20	0.13	6	38.25	0.07	4	38.21	0.12	5	38.24	0.09	7
200	38.36	0.04	6	38.35	0.10	4	38.37	0.05	5	38.35	0.07	7
300	38.47	0.01	6	38.46	0.04	4	38.49	0.01	5	38.48	0.03	7
400	38.51	0.01	6	38.50	0.02	4	38.51	0.00	5	38.51	0.01	7
500	38.52	0.00	6	38.51	0.01	4	38.51	0.00	5	38.51	0.00	7
600	38.51	0.00	6	38.51	0.01	4	38.51	0.00	5	38.51	0.00	7
700	38.50	0.00	5	38.50	0.01	4	38.50	0.00	5	38.50	0.00	7
800	38.49	0.00	5	38.49	0.01	3	38.49	0.01	5	38.49	0.01	7

Tabla 3.3. Igual que la tabla 3.1, pero para la estación CG2.

Estación CG2.Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.35	0.53	4	16.44	1.30	5	23.71	1.55	6	19.81	2.38	7
10	14.33	0.53	4	16.30	1.25	5	22.98	1.96	6	19.79	2.39	7
15	14.28	0.56	4	16.00	1.31	5	22.21	2.43	6	19.72	2.41	7
20	14.27	0.56	4	15.72	1.41	5	21.31	3.23	6	19.14	2.67	7
25	14.25	0.56	4	15.41	1.56	5	20.53	3.73	6	18.70	2.66	7
30	14.23	0.58	4	15.03	1.71	5	19.78	3.63	6	18.01	2.48	7
35	14.21	0.58	4	14.79	1.57	5	17.99	3.18	6	17.29	2.25	7
40	14.19	0.58	4	14.54	1.47	5	16.44	2.02	6	16.89	2.05	7
45	14.16	0.57	4	14.35	1.36	5	15.57	1.36	6	16.57	1.92	7
50	14.10	0.56	4	14.20	1.26	5	14.92	0.86	6	16.23	1.80	7
75	13.90	0.55	3	13.62	0.43	3	13.94	0.20	3	13.79	0.17	4

Estación CG2.Salinidad   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.80	0.31	4	37.68	0.25	5	37.21	0.26	6	37.05	0.50	7
10	37.80	0.30	4	37.69	0.24	5	37.28	0.21	6	37.06	0.50	7
15	37.81	0.31	4	37.72	0.22	5	37.28	0.17	6	37.06	0.50	7
20	37.82	0.31	4	37.76	0.22	5	37.31	0.22	6	37.09	0.48	7
25	37.83	0.30	4	37.80	0.21	5	37.38	0.22	6	37.11	0.44	7
30	37.84	0.30	4	37.87	0.24	5	37.43	0.20	6	37.15	0.43	7
35	37.84	0.30	4	37.91	0.22	5	37.50	0.22	6	37.23	0.42	7
40	37.85	0.30	4	37.96	0.21	5	37.61	0.21	6	37.31	0.47	7
45	37.86	0.29	4	38.00	0.20	5	37.70	0.21	6	37.36	0.48	7
50	37.88	0.27	4	38.02	0.20	5	37.82	0.16	6	37.49	0.38	7
75	38.05	0.14	3	38.13	0.15	3	38.08	0.08	3	37.99	0.08	4

Tabla 3.4. Igual que la tabla 3.1, pero para la estación CG4.

Estación CG4. Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.59	0.54	3	17.34	0.59	4	23.80	1.22	6	20.05	1.98	6
10	14.57	0.52	3	17.24	0.63	4	23.23	1.90	6	20.02	1.99	6
15	14.55	0.50	3	17.07	0.70	4	21.68	2.28	6	19.97	2.01	6
20	14.52	0.47	3	16.82	0.69	4	20.21	1.74	6	19.89	2.00	6
25	14.45	0.50	3	16.25	0.92	4	19.14	1.32	6	19.31	2.04	6
30	14.33	0.52	3	15.87	0.74	4	17.85	0.94	6	18.58	1.75	6
35	14.17	0.59	3	15.46	0.70	4	17.22	0.96	6	18.08	1.75	6
40	14.12	0.62	3	15.06	0.53	4	16.76	0.94	6	17.54	1.48	6
45	14.09	0.63	3	14.71	0.41	4	16.06	0.59	6	16.81	0.84	6
50	14.08	0.67	3	14.52	0.48	4	15.61	0.51	6	16.21	0.81	6
75	14.01	0.69	3	13.57	0.32	4	14.11	0.43	6	14.77	0.50	6
100	13.98	0.75	3	13.17	0.23	4	13.64	0.25	6	14.22	0.44	6
150	13.62	0.31	3	12.99	0.15	4	13.21	0.18	6	13.40	0.15	6
200	13.46	0.09	3	12.97	0.14	4	13.13	0.17	6	13.25	0.18	6
300	13.34	0.10	3	13.09	0.18	4	13.22	0.09	6	13.25	0.12	6
400	13.28	0.06	3	13.25	0.08	4	13.19	0.06	6	13.22	0.06	6
500	13.22	0.04	3	13.20	0.05	4	13.13	0.05	6	13.17	0.06	6
600	13.18	0.05	3	13.14	0.04	4	13.07	0.04	6	13.13	0.07	6
700	13.13	0.06	3	13.07	0.04	3	13.03	0.04	5	13.03	0.01	4

Estación CG4. Salinidad   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.63	0.40	3	37.52	0.24	4	37.17	0.32	6	36.96	0.56	6
10	37.64	0.39	3	37.54	0.22	4	37.14	0.33	6	36.96	0.56	6
15	37.65	0.36	3	37.56	0.20	4	37.08	0.34	6	36.98	0.57	6
20	37.70	0.29	3	37.58	0.21	4	37.10	0.39	6	37.00	0.57	6
25	37.74	0.29	3	37.65	0.27	4	37.31	0.38	6	36.98	0.58	6
30	37.80	0.31	3	37.62	0.26	4	37.38	0.41	6	36.95	0.58	6
35	37.84	0.32	3	37.69	0.25	4	37.41	0.41	6	36.97	0.58	6
40	37.85	0.32	3	37.73	0.25	4	37.44	0.40	6	37.01	0.57	6
45	37.87	0.30	3	37.74	0.29	4	37.51	0.39	6	37.04	0.56	6
50	37.89	0.28	3	37.81	0.22	4	37.56	0.36	6	37.10	0.55	6
75	37.92	0.28	3	38.07	0.08	4	37.97	0.24	6	37.54	0.46	6
100	37.99	0.21	3	38.12	0.03	4	38.12	0.06	6	37.85	0.37	6
150	38.17	0.01	3	38.15	0.03	4	38.22	0.06	6	38.23	0.07	6
200	38.26	0.04	3	38.20	0.04	4	38.29	0.08	6	38.33	0.07	6
300	38.45	0.06	3	38.33	0.08	4	38.46	0.04	6	38.47	0.02	6
400	38.52	0.02	3	38.48	0.05	4	38.52	0.01	6	38.52	0.01	6
500	38.53	0.01	3	38.52	0.01	4	38.52	0.01	6	38.52	0.01	6
600	38.53	0.01	3	38.52	0.01	4	38.51	0.01	6	38.51	0.01	6
700	38.52	0.01	3	38.51	0.01	3	38.50	0.01	5	38.50	0.00	4

Tabla 3.5. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación P2. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Estación P2. Clorofila-a (mg/m3)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.13	0.97	18	1.13	0.93	20	0.51	0.33	16	1.11	1.50	20
10	1.12	0.83	18	1.66	1.49	21	0.66	0.44	17	1.09	1.21	20
20	0.79	0.67	18	1.00	0.82	20	1.12	0.93	18	0.91	0.95	20
50	0.33	0.30	17	0.33	0.23	20	0.47	0.35	18	0.32	0.25	20
75	0.31	0.26	16	0.29	0.16	19	0.39	0.24	17	0.25	0.21	18
100	0.37	0.42	16	0.30	0.29	20	0.34	0.41	17	0.28	0.33	18

Estación P2. Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.41	0.42	17	5.41	0.44	16	5.59	0.58	14	5.34	0.42	19
10	5.36	0.51	17	5.25	0.49	16	5.51	0.69	14	5.27	0.46	19
20	5.15	0.47	17	4.97	0.64	16	5.15	0.62	15	5.00	0.56	19
50	4.85	0.45	17	4.55	0.44	16	4.36	0.39	15	4.66	0.51	19
75	4.81	0.50	16	4.60	0.52	16	4.50	0.55	15	4.67	0.32	19
100	4.89	0.61	14	4.83	0.72	16	4.66	0.68	15	4.76	0.52	19
130	4.46	0.28	4	4.47	0.58	4	4.43	0.47	7	4.50	0.31	9

Estación P2. Nitratos (µM)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.89	0.69	16	0.86	0.95	16	0.20	0.26	17	0.62	0.76	18
10	1.59	1.76	17	1.32	1.25	16	0.33	0.60	16	1.16	1.43	18
20	2.15	2.06	17	2.19	1.63	16	1.08	1.65	17	1.83	1.71	18
50	3.61	1.92	17	4.23	1.93	17	4.40	2.45	17	4.50	2.51	18
75	4.29	1.86	17	5.09	1.97	17	4.94	2.22	17	5.42	1.93	18
100	4.89	1.82	17	5.54	2.03	17	5.80	1.93	17	6.12	1.76	18
130	5.16	2.27	10	6.15	2.17	7	6.67	1.72	9	6.71	2.18	11

Estación P2. Nitritos (µM)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.16	0.08	16	0.06	0.03	16	0.07	0.06	16	0.08	0.06	17
10	0.16	0.07	16	0.09	0.06	16	0.07	0.05	17	0.08	0.07	16
20	0.20	0.17	16	0.12	0.08	16	0.07	0.04	17	0.13	0.11	17
50	0.20	0.07	15	0.15	0.08	16	0.16	0.06	16	0.15	0.11	17
75	0.17	0.05	14	0.17	0.11	16	0.18	0.07	17	0.14	0.08	17
100	0.13	0.05	14	0.15	0.10	16	0.20	0.14	17	0.12	0.08	17
130	0.67	1.73	10	1.19	2.68	7	0.14	0.08	9	0.08	0.05	10

Estación P2. Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.13	0.06	17	0.11	0.06	17	0.08	0.04	17	0.10	0.09	18
10	0.14	0.08	17	0.15	0.13	17	0.09	0.06	17	0.11	0.08	18
20	0.17	0.09	17	0.16	0.09	17	0.12	0.07	17	0.15	0.11	18
50	0.21	0.09	17	0.25	0.12	17	0.25	0.11	17	0.29	0.16	18
75	0.23	0.09	17	0.27	0.12	17	0.26	0.11	17	0.30	0.10	17
100	0.25	0.09	17	0.28	0.13	17	0.28	0.10	17	0.29	0.08	17
130	0.24	0.11	10	0.28	0.15	7	0.32	0.09	9	0.28	0.10	11

Estación P2. Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.30	0.72	17	0.92	0.66	17	0.51	0.22	16	1.12	0.74	18
10	1.54	1.07	17	1.16	0.72	17	0.78	0.52	16	1.36	0.90	18
20	1.79	1.32	17	1.49	0.92	17	1.43	1.18	17	1.52	0.81	18
50	2.42	1.32	17	2.57	1.36	17	3.21	1.15	17	2.75	1.37	18
75	2.74	1.37	17	3.00	1.33	17	3.39	1.13	17	3.19	1.18	18
100	2.97	1.45	17	3.21	1.43	17	3.73	1.01	17	3.50	1.16	18
130	2.96	1.48	10	3.28	1.89	7	3.96	1.11	9	3.82	1.35	11

Tabla 3.6. Igual que la tabla 3.5, pero para la estación P4.

Estación P4. Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.11	1.04	5	0.47	0.54	6	0.50	0.26	3	0.58	0.42	6
10	1.13	1.25	5	0.70	0.74	6	0.70	0.20	3	0.66	0.33	6
20	1.19	1.45	5	0.68	0.47	6	0.56	0.08	3	0.69	0.49	6
50	0.50	0.45	5	0.48	0.28	6	0.17	0.07	3	0.19	0.14	6
75	0.13	0.10	5	0.45	0.61	6	0.14	0.02	3	0.10	0.11	6
100	0.07	0.04	5	0.08	0.04	6	0.04	0.02	3	0.05	0.04	6

Estación P4. Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	invierno			Primavera			verano			Otoño		
0	5.44	0.42	6	4.99	0.84	4	5.37	0.67	4	5.46	0.48	7
10	5.41	0.42	6	5.10	0.55	4	5.18	0.59	4	5.48	0.51	7
20	5.34	0.37	6	5.00	0.58	4	5.15	0.65	4	5.37	0.40	7
50	4.99	0.32	6	4.61	0.57	4	4.63	0.36	4	4.94	0.42	7
75	4.72	0.25	6	4.48	0.68	4	4.48	0.36	4	4.74	0.39	7
100	4.51	0.23	6	4.35	0.81	4	4.22	0.33	4	4.61	0.33	7
200	4.05	0.27	6	3.94	0.84	4	3.87	0.27	4	4.32	0.31	7
300	3.75	0.24	6	3.61	0.57	4	3.59	0.35	4	3.94	0.20	7
500	3.77	0.23	6	3.63	0.35	4	3.73	0.40	4	4.06	0.28	7
870												

Estación P4. Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.19	0.88	4	0.41	0.58	3	0.19	0.08	2	0.65	0.71	6
10	1.41	0.87	4	0.34	0.39	3	0.21	0.10	2	0.96	0.77	6
20	2.14	1.21	4	1.21	1.32	3	1.60	1.02	2	2.32	1.93	6
50	3.78	0.89	4	5.38	2.60	3	3.83	1.98	2	4.82	2.30	6
75	5.33	1.25	4	5.28	2.49	3	4.05	1.92	2	5.83	2.47	6
100	6.51	1.44	4	5.54	2.71	3	5.62	2.55	2	6.45	2.82	6
200	8.45	0.69	4	5.45	2.26	2	10.75		1	8.16	2.93	6
300	10.11	0.47	4	10.00	2.72	2	11.48		1	8.79	2.21	6
500	9.92	0.22	4	10.26	1.18	2	10.34		1	8.93	2.18	6
870	9.20	0.22	3	9.03	0.58	2	9.73		1	8.32	1.97	6

Estación P4. Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.27	0.19	4	0.04	0.03	3	0.03	0.02	2	0.21	0.30	6
10	0.26	0.15	4	0.06	0.03	3	0.03	0.00	2	0.23	0.38	6
20	0.26	0.15	4	0.09	0.06	3	0.12	0.05	2	0.33	0.41	6
50	0.65	0.78	4	0.16	0.08	3	0.17	0.05	2	0.31	0.47	6
75	0.80	1.18	4	0.16	0.03	3	0.10	0.05	2	0.22	0.31	6
100	0.94	1.49	4	0.14	0.11	3	0.10	0.08	2	0.24	0.41	6
200	1.15	1.93	4	0.06	0.03	2	0.02		1	0.40	0.77	6
300	1.77	2.86	4	0.05	0.03	2	0.02		1	0.58	1.22	6
500	2.13	3.53	4	0.04	0.03	2	0.01		1	0.96	2.09	6
870	0.03	0.00	2	0.04	0.02	2	0.01		1	1.34	2.90	6

Estación P4. Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.11	0.04	4	0.12	0.08	3	0.03	0.01	2	0.08	0.05	6
10	0.11	0.05	4	0.17	0.13	3	0.04	0.02	2	0.10	0.06	6
20	0.13	0.06	4	0.18	0.14	3	0.10	0.01	2	0.17	0.13	6
50	0.21	0.04	4	0.35	0.16	3	0.22	0.05	2	0.30	0.11	6
75	0.24	0.08	4	0.39	0.25	3	0.26	0.02	2	0.37	0.11	6
100	0.27	0.13	4	0.40	0.28	3	0.33	0.01	2	0.38	0.16	6
200	0.28	0.16	4	0.24	0.13	2	0.29		1	0.41	0.21	6
300	0.33	0.19	4	0.40	0.10	2	0.33		1	0.48	0.26	6
500	0.35	0.21	4	0.46	0.05	2	0.44		1	0.44	0.25	6
870	0.30	0.22	3	0.43	0.03	2	0.37		1	0.41	0.24	6

Prof.	Estación P4. Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.92	0.55	4	0.59	0.43	3	0.57	0.07	2	0.86	0.48	6
10	1.02	0.61	4	0.55	0.36	3	0.67	0.06	2	1.01	0.64	6
20	1.37	0.83	4	0.90	0.75	3	1.30	0.32	2	1.77	1.07	6
50	2.02	1.24	4	2.26	0.65	3	2.11	0.77	2	2.88	1.62	6
75	2.60	1.54	4	2.82	1.11	3	2.42	0.34	2	3.32	1.57	6
100	3.33	1.94	4	2.95	1.08	3	3.72	0.28	2	3.78	1.92	6
200	3.84	2.06	4	2.63	0.38	2	5.79		1	4.80	2.32	6
300	4.92	2.59	4	5.16	0.65	2	6.76		1	6.03	2.68	6
500	6.31	3.39	4	6.75	0.28	2	8.06		1	7.16	3.06	6
870	7.10	4.70	3	8.59	1.64	2	9.91		1	9.25	4.04	6

Tabla 3.7. Profundidad media del disco de Secchi para las estaciones de las radiales más occidentales del Mar de Alborán: P, M y V. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Prof.	Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   n° de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
P2	14.1	4.7	17	13.1	4.1	20	15.4	5.7	18	16.1	5.2	21
P4	16.4	3.3	5	18.0	5.5	6	18.5	6.5	6	17.7	6.8	9
M2	12.6	5.7	18	12.7	5.6	22	16.7	9.9	18	16.9	5.6	21
M4	13.1	3.3	7	16.0	6.4	7	20.4	8.2	7	18.4	6.8	9
V2	13.2	4.7	20	14.4	6.5	22	20.2	6.7	18	18.4	5.0	20
V4	15.7	5.3	7	16.1	6.4	7	24.6	4.7	5	18.0	6.5	8

Tabla 3.8. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación CG2. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Prof.	Estación CG2. Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )   desviación estándar   n° de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.59	0.36	3	0.11	0.02	5	0.09	0.01	6	0.31	0.28	5
10	0.63	0.39	3	0.12	0.03	5	0.11	0.02	6	0.38	0.31	5
20	0.62	0.32	3	0.12	0.03	5	0.10	0.02	6	0.76	0.70	5
50	0.45	0.15	3	0.35	0.21	5	0.49	0.36	6	0.36	0.15	5
75	0.21	0.21	3	0.17	0.09	4	0.23	0.16	6	0.14	0.09	5

Prof.	Estación CG2. Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   n° de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.68	0.24	4	5.09	0.46	4	4.61	0.49	5	5.36	0.47	5
10	5.66	0.26	4	5.10	0.49	4	4.76	0.53	5	5.38	0.49	5
20	5.61	0.26	4	5.08	0.48	4	4.99	0.68	5	5.40	0.43	5
50	5.58	0.23	4	4.85	0.63	4	5.05	0.65	5	5.20	0.92	5
75	5.31	0.27	3	5.07	0.62	2	5.42	0.03	2	4.64	0.23	4

Estación CG2. Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.08	0.05	2	0.06	0.06	2	0.12	0.03	3	0.85	1.30	4
10	0.06	0.03	2	0.06	0.06	2	1.29	1.58	3	0.18	0.09	4
20	0.05	0.02	2	0.07	0.07	2	0.11	0.05	3	0.25	0.19	4
50	0.25	0.07	2	0.25	0.03	2	1.26	0.95	3	2.50	3.00	4
75	2.16	0.01	2	0.99		1	2.73	0.39	3	4.00	2.65	4

Estación CG2. Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.02	0.01	2	0.03	0.02	2	0.19	0.25	3	0.20	0.26	4
10	0.05	0.02	2	0.03	0.01	2	0.22	0.15	3	0.04	0.02	4
20	0.03	0.01	2	0.03	0.02	2	0.10	0.11	3	0.06	0.05	4
50	0.07	0.03	2	0.06	0.02	2	0.21	0.18	3	0.12	0.08	4
75	0.09	0.00	2	0.16		1	0.21	0.16	3	0.15	0.09	4

Estación CG2. Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.01	0.01	2	0.10	0.06	2	0.03	0.03	3	0.03	0.00	4
10	0.04	0.02	2	0.09	0.07	2	0.06	0.04	3	0.02	0.00	4
20	0.07	0.02	2	0.09	0.07	2	0.03	0.02	3	0.07	0.04	4
50	0.05	0.01	2	0.10	0.07	2	0.06	0.05	3	0.13	0.15	4
75	0.11	0.01	2	0.04		1	0.12	0.03	3	0.19	0.12	4

Estación CG2. Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.72	0.13	2	0.89	0.24	2	0.60	0.09	3	0.68	0.15	4
10	0.75	0.17	2	0.82	0.12	2	1.21	0.74	3	0.66	0.20	4
20	0.76	0.19	2	0.86	0.04	2	0.66	0.09	3	0.78	0.38	4
50	0.93	0.11	2	1.22	0.01	2	1.21	0.35	3	1.80	1.31	4
75	1.82	0.04	2	1.49		1	1.94	0.21	3	2.36	1.09	4

Tabla 3.9. Igual que la tabla 3.8, pero para la estación CG4.

Estación CG4. Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.40	0.19	3	0.10	0.03	5	0.08	0.02	5	0.24	0.17	4
10	0.41	0.18	3	0.10	0.03	5	0.09	0.03	5	0.27	0.17	4
20	0.43	0.20	3	0.12	0.03	5	0.13	0.11	5	0.27	0.07	4
50	0.47	0.31	3	0.45	0.25	5	0.48	0.31	5	0.51	0.25	4
75	0.16	0.02	3	0.30	0.15	5	0.22	0.09	5	0.13	0.06	4
100	0.07	0.02	3	0.11	0.06	5	0.09	0.04	5	0.06	0.02	4

Estación CG4. Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.74	0.27	3	4.93	0.78	3	4.48	0.53	4	5.50	0.48	4
10	5.76	0.28	3	5.08	0.58	3	4.55	0.54	4	5.50	0.46	4
20	5.77	0.28	3	5.16	0.57	3	5.10	0.80	4	5.45	0.44	4
50	5.60	0.19	3	5.11	0.62	3	5.17	0.44	4	5.21	0.70	4
75	5.52	0.17	3	4.90	0.59	3	4.68	0.62	4	5.00	0.66	4
100	5.44	0.21	3	4.93	0.61	3	4.53	0.68	4	4.85	0.60	4
200	4.79	0.43	3	4.74	0.54	3	4.27	0.54	4	4.82	0.28	4
300	4.27	0.38	3	4.13	0.51	3	3.84	0.51	4	4.36	0.31	4
500	4.07	0.14	3	3.72	0.39	3	3.78	0.49	4	4.30	0.34	4
700	4.11	0.15	2	3.94		1	4.04	0.53	2	4.46	0.38	4

Estación CG4. Nitratos (µM)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.08	0.01	2	0.07	0.06	2	0.11	0.04	3	0.13	0.08	4
10	0.06	0.01	2	0.06	0.06	2	0.09	0.07	3	0.31	0.35	4
20	0.06	0.02	2	0.06	0.05	2	0.07	0.05	3	0.74	1.06	4
50	0.22	0.17	2	0.06	0.06	2	1.12	1.10	3	2.35	1.38	4
75	0.84	0.69	2	2.49	1.58	2	2.42	0.42	3	4.18	1.97	4
100	1.60	0.47	2	3.17	0.43	2	4.19	1.49	3	5.27	2.68	4
200	4.40	1.09	2	6.27	1.78	2	7.26		1	6.03	2.61	3
300	6.82	1.30	2	10.39	1.59	2	9.25		1	7.51	3.29	3
500	7.86	0.47	2	10.19	1.10	2	9.92		1	7.65	3.32	3
700	7.82	0.48	2	8.32		1	8.46		1	7.39	3.25	3

Estación CG4. Nitritos (µM)   desviación estándar   nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.03	0.02	2	0.03	0.00	2	0.13	0.08	3	0.05	0.04	4
10	0.02	0.01	2	0.03	0.02	2	0.03	0.02	3	0.06	0.06	4
20	0.04	0.02	2	0.03	0.02	2	0.08	0.04	3	0.09	0.10	4
50	0.13	0.10	2	0.07	0.01	2	0.24	0.14	3	0.30	0.04	4
75	0.15	0.04	2	0.21	0.03	2	0.37	0.22	3	0.15	0.07	4
100	0.11	0.06	2	0.07	0.04	2	0.08	0.01	3	0.07	0.03	4
200	0.04	0.01	2	0.04	0.02	2	0.05		1	0.06	0.03	3
300	0.03	0.01	2	0.04	0.02	2	0.03		1	0.05	0.02	3
500	0.03	0.00	2	0.05	0.02	2	0.02		1	0.06	0.02	3
700	0.02	0.01	2	0.03		1	0.10		1	0.06	0.02	3

Prof.	Estación CG4. Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.03	0.02	2	0.09	0.07	2	0.09	0.09	3	0.04	0.01	4
10	0.04	0.02	2	0.08	0.06	2	0.03	0.02	3	0.04	0.02	4
20	0.04	0.01	2	0.08	0.06	2	0.03	0.02	3	0.07	0.06	4
50	0.04	0.02	2	0.10	0.07	2	0.07	0.07	3	0.13	0.09	4
75	0.04	0.00	2	0.15	0.12	2	0.06	0.04	3	0.22	0.09	4
100	0.06	0.01	2	0.16	0.07	2	0.08	0.04	3	0.26	0.12	4
200	0.19	0.01	2	0.27	0.10	2	0.25		1	0.28	0.01	3
300	0.38	0.00	2	0.47	0.09	2	0.55		1	0.40	0.01	3
500	0.51	0.08	2	0.46	0.05	2	0.49		1	0.44	0.02	3
700	0.56	0.12	2	0.39		1	0.48		1	0.44	0.02	3

Prof.	Estación CG4. Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.83	0.06	2	0.85	0.01	2	0.58	0.13	3	0.69	0.23	4
10	0.80	0.03	2	0.84	0.02	2	0.54	0.07	3	0.71	0.27	4
20	0.88	0.01	2	0.97	0.09	2	0.59	0.07	3	0.80	0.38	4
50	0.86	0.01	2	1.37	0.18	2	0.99	0.30	3	1.62	0.70	4
75	1.19	0.30	2	2.09	0.55	2	1.60	0.21	3	2.53	0.63	4
100	1.46	0.29	2	2.16	0.20	2	2.27	0.22	3	3.13	1.08	4
200	2.78	0.33	2	3.44	0.64	2	3.40		1	3.94	0.42	3
300	4.67	0.82	2	5.82	0.78	2	4.98		1	5.81	0.55	3
500	7.10	0.11	2	7.99	0.74	2	6.75		1	7.79	0.40	3
700	7.91	0.21	2	7.54		1	6.53		1	8.68	0.50	3

Tabla 3.10. Valores medios del disco de Secchi para las estaciones de las radiales más orientales del Mar de Alborán: S y CG. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

	Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   nº de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
S2	17.7	4.1	7	17.0	6.4	6	25.6	3.8	7	20.1	7.7	8
S4	15.7	5.5	7	16.8	6.0	6	26.6	3.8	7	20.8	7.7	8
CG2	14.0	0.0	3	15.2	5.7	6	24.2	5.4	6	21.3	5.7	9
CG4	15.7	1.5	3	22.8	5.0	6	25.4	4.0	7	23.1	5.9	8

Tabla 3.11. Abundancias medias, expresadas en células por mililitro (cel./ml), a lo largo de la columna de agua en la estación P2 para los grupos micro-fitoplanctónicos: diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio, y los valores mínimos y máximos registrados para cada grupo y cada estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

Estación P2. Diatomeas (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	25	17	9	6	54	237	298	15	0	1037	165	187	10	30	692	60	85	11	2	307
10	19	18	10	3	52	252	281	10	0	747	247	200	10	2	566	67	103	14	0	397
20	20	21	13	1	71	99	92	15	0	273	146	101	10	2	310	85	116	16	1	411
50	22	37	11	3	135	24	37	15	0	146	62	59	8	3	193	41	54	15	0	198
75	10	5	6	2	16	15	19	8	0	58	27	27	6	1	83	9	7	9	1	19
100	9	8	7	2	26	12	14	8	0	38	13	12	6	3	37	4	3	8	0	7

Estación P2. Dinoflagelados (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	21	18	10	1	50	6	4	15	0	18	3	2	10	0	7	7	4	11	2	16
10	13	18	9	0	60	13	12	10	0	37	11	8	10	0	25	6	6	14	0	20
20	5	5	13	0	15	6	5	15	0	19	9	6	10	1	19	10	10	16	0	34
50	2	1	11	0	4	2	2	15	0	5	3	2	8	1	7	4	3	15	0	12
75	5	9	7	0	26	2	2	8	0	6	3	3	6	1	10	3	3	8	0	8
100	3	5	7	0	15	3	3	8	0	8	2	1	6	0	4	1	1	8	0	3

Estación P2. Pequeños flagelados (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	58	60	10	0	170	26	31	15	0	82	46	38	11	1	116	31	30	11	4	94
10	41	53	9	0	151	58	52	9	0	153	32	23	9	0	67	54	57	14	0	209
20	37	67	13	0	239	18	22	15	0	76	45	38	11	0	109	59	70	16	0	225
50	18	20	11	0	59	14	19	15	0	69	15	11	9	0	34	20	26	15	0	90
75	18	19	7	0	62	7	10	8	0	32	14	10	6	2	29	12	12	9	0	36
100	9	11	7	0	33	5	5	7	0	15	7	3	5	4	11	10	11	9	0	35

Tabla 3.12. Igual que la tabla 3.11, pero para la estación CG2.

CG2. Diatomeas. (células/ml)																							
Invierno						Primavera						Verano						Otoño					
Prof.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.			
0	131	174	5	1	464	2	3	6	0	8	14	17	6	0	44	112	224	6	3	613			
10	142	191	5	3	510	2	2	6	0	4	13	16	6	0	43	37	64	6	1	180			
20	119	156	5	13	427	3	3	5	0	9	10	15	6	0	41	50	83	6	3	234			
50	38	35	5	2	82	5	9	6	0	25	49	73	6	0	207	17	18	6	3	55			
75	6	5	5	1	12	3	4	5	0	9	19	27	6	0	76	8	7	6	0	18			

CG2. Dinoflagelados. (células/ml)																							
Invierno						Primavera						Verano						Otoño					
Prof.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.			
0	8	9	5	0	22	17	26	6	0	73	6	5	6	0	13	19	21	6	3	64			
10	5	5	5	1	15	8	8	6	0	21	6	5	6	0	14	10	4	5	3	15			
20	5	5	5	1	14	15	11	5	0	32	7	7	6	0	19	13	10	6	5	32			
50	7	6	5	0	17	9	11	6	0	29	3	3	6	0	9	4	2	5	1	5			
75	4	4	5	0	12	1	1	5	0	2	3	3	6	0	9	3	1	4	2	3			

CG2. Pequeños flagelados (células/ml)																							
Invierno						Primavera						Verano						Otoño					
Prof.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.			
0	68	76	5	4	171	61	74	6	0	217	52	45	6	0	111	59	45	6	12	129			
10	86	115	5	17	315	63	58	6	0	136	36	33	6	0	97	75	74	6	7	226			
20	31	45	5	2	119	72	66	5	0	155	30	31	6	0	92	81	84	6	6	259			
50	52	46	5	10	136	74	100	6	0	249	65	100	6	0	281	27	13	6	5	37			
75	10	8	5	0	23	4	7	5	0	17	20	25	6	0	67	20	12	6	4	36			

Tabla 3.13. Abundancias medias, expresadas en células por mililitros (cel./ml), a lo largo de la columna de agua en la estación P2 para las células nanoeucariotas, picoeucariotas, bacterias del género *Prochlorococcus* y *Synechococcus*. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio, y los valores mínimo y máximo registrados para cada grupo y estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

P2. Nanoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.
0	2378	1042	6	1264	4346	1700	665	8	723	2856	3162	2743	6	765	9105	1340	352	6	1003	2096
10	2633	1424	6	1060	4993	1821	1255	8	785	4262	1804	924	6	801	3727	1172	507	7	259	1921
20	2008	985	6	1006	4100	1342	754	8	335	2847	1679	1035	6	609	3228	1481	763	7	185	2543
50	936	586	6	312	1743	938	975	8	114	2990	2323	2476	6	320	7418	742	495	7	112	1575
75	459	353	6	156	1222	413	306	8	93	994	493	304	6	138	1036	259	215	7	6	647
100	255	135	6	91	485	268	128	8	72	547	925	1587	6	78	4436	122	88	7	15	263

P2. Picoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.
0	26041	10179	6	12452	40165	9943	5030	8	1550	15014	12446	5905	6	5348	24257	9407	5305	6	3755	18189
10	24713	10230	6	9668	37045	10354	7809	8	1527	27271	10672	4391	6	5308	19115	9295	4942	7	3692	18579
20	18721	10538	6	6916	36642	7114	3584	8	2171	12412	17614	10419	6	7694	32371	11658	9970	7	2673	34176
50	4683	3571	6	1743	9916	2643	2467	8	90	7084	7015	7950	6	668	23858	2642	1358	7	1281	4761
75	2351	1979	6	581	5886	993	838	8	302	2849	1928	2511	6	302	7458	1025	939	7	48	2796
100	1316	1231	6	236	3647	381	384	8	45	1336	303	236	6	96	796	376	365	7	33	1159

P2. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.
0	16474	11032	6	5305	38878	13431	8931	8	1145	29658	18557	16220	6	7282	54164	24886	14704	6	7151	53088
10	16179	11964	6	5575	41934	12567	11763	8	199	38471	16422	17493	6	5217	55090	22215	13729	7	4421	49336
20	13085	11183	6	3494	36951	10071	6398	8	2391	22472	14605	14762	6	1187	44902	19577	11388	7	3862	38415
50	2861	1875	6	1100	6033	4209	4123	8	668	13286	5708	6789	6	743	20362	4610	2543	7	955	8567
75	1778	1344	6	614	4072	2363	2544	8	766	8804	2871	4795	6	257	13569	1731	1158	7	90	4183
100	1501	1252	6	127	3341	1482	1372	8	249	3752	586	486	6	141	1611	1729	2044	7	66	6545

P2. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n						
0	5879	7959	6	602	23208	5786	10500	8	0	33250	6038	6841	6	947	21061	30248	47034	6	4466	135156
10	7185	10592	6	581	30309	9409	12280	8	0	30119	7555	4900	6	947	16379	18532	23795	7	0	75147
20	4769	6271	6	560	17716	5785	9435	8	0	29929	11943	9188	6	947	28753	59798	120915	7	0	355560
50	848	491	6	234	1701	1131	1180	8	84	3702	7575	9597	6	0	24608	4415	3140	7	1380	10629
75	444	326	6	0	833	706	894	8	39	2980	1789	1517	6	72	4725	1264	1516	7	0	4743
100	433	212	6	156	772	951	1240	8	39	3326	620	650	6	0	1650	478	522	7	0	1608

Tabla 3.14. Igual que la tabla 3.13, pero para la estación P4.

P4. <i>Nanoecariotas</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n						
0	2006	617	4	1010	2573	1221	483	6	589	1899	1103	633	3	638	1998	978	420	5	185	1362
10	1985	676	4	1000	2898	1310	464	6	596	2032	1642	791	3	842	2719	1236	601	5	437	2246
20	1856	612	3	1054	2539	1323	739	6	213	2645	1223	399	3	712	1686	989	522	4	156	1596
50	922	509	4	222	1509	1231	782	6	111	2057	258	54	3	189	320	232	155	5	51	479
75	720	596	4	102	1704	619	404	6	72	1384	304	182	3	120	551	145	103	5	24	290
100	377	198	4	42	545	172	150	6	30	461	155	65	3	99	246	74	94	5	9	260

P4. <i>Picoecariotas</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n	Media	σ	n						
0	13613	4188	4	8427	18954	6574	4839	6	1536	16383	12900	5401	3	6317	19546	9386	3695	5	2700	13073
10	12279	3500	4	8422	15978	9285	5993	6	1605	17621	16420	6061	3	8511	23236	10097	5792	5	2749	16336
20	10205	3092	3	7721	14563	7496	6371	6	1112	19706	15402	5964	3	7041	20542	9522	8159	4	823	19938
50	7545	6121	4	665	16809	5953	5793	6	177	15665	1677	411	3	1377	2258	1738	1605	5	278	4788
75	3392	3358	4	237	8925	2088	2967	6	156	8602	2806	2909	3	153	6856	484	350	5	36	895
100	1085	855	4	78	2443	410	461	6	9	1228	590	311	3	266	1009	171	186	5	36	515

P4. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)															
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño		
	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	12208	18745	4	557	44649	1174	1479	6	12	4311	12362	5121	3	5239	17060
10	11938	16825	4	1016	41034	2632	3415	6	44	9803	13693	5615	3	6018	19293
20	9824	12629	3	838	27685	7222	10731	6	47	30057	18017	4312	3	14163	24037
50	2996	3960	4	323	9830	7154	7378	6	90	19646	6629	4818	3	1542	13099
75	1223	1446	4	198	3695	4058	3965	6	21	9072	2948	2895	3	485	7012
100	958	1417	4	0	3407	607	591	6	21	1689	947	780	3	0	1910

P4. <i>Synechococcus</i> (células/ml)															
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño		
	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	15796	11486	4	3437	34153	32020	36001	6	160	109558	16167	9901	3	7875	30084
10	13024	8518	4	3096	25568	26838	30283	6	65	92040	17610	11011	3	8829	33138
20	10700	5521	3	2916	15128	11764	7181	6	415	22547	11130	2445	3	7774	13532
50	5113	4238	4	611	11342	10166	11182	6	1066	33953	2349	826	3	1249	3240
75	2554	1522	4	278	4515	3132	2215	6	817	7485	1704	1115	3	395	3120
100	1290	898	4	201	2536	1004	676	6	50	1856	852	361	3	515	1353

Tabla 3.15. Igual que la tabla 3.13, pero para la estación CG2.

CG2. <i>Nanoecariotas</i> (células/ml)															
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño		
	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	1755	533	4	850	2222	1059	645	5	161	2013	698	164	6	509	1000
10	1777	495	4	925	2156	1260	512	5	588	1805	643	186	6	458	994
20	1931	649	4	814	2425	1154	495	4	605	1853	621	101	6	486	740
50	1505	478	4	785	2018	1261	640	5	192	1980	1449	1349	6	410	4324
75	302	143	4	195	548	907	802	4	54	2207	380	279	6	132	785

**CG2. Picoeucariotas (células/ml)**

Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.
	0	7409	6817	4	934	18799	1696	1700	5	593	5019	1117	463	6	668	1922	3104	3347	5	557
10	7547	6549	4	946	18346	1687	1387	5	646	4381	1096	532	6	734	2144	3192	2730	5	592	7647
20	7457	5761	4	1066	16747	2018	1393	4	728	4340	1241	817	6	548	2949	2107	1061	5	814	3575
50	4662	2290	4	988	7240	2007	1240	5	894	4192	3279	4155	6	729	12528	3648	2162	5	1099	6900
75	1653	2190	4	204	5435	1399	1260	4	162	3273	1614	1320	6	299	4081	5124	7945	5	257	20960

**CG2. Prochlorococcus (células/ml)**

Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.
	0	5592	6211	4	488	16222	1535	1627	5	0	4167	8178	10895	6	389	29072	19365	12754	5	0
10	4701	3047	4	293	8287	2086	2300	5	120	6418	5676	5609	6	1835	18100	18003	13101	5	0	40482
20	5664	3336	4	335	8856	1711	734	4	775	2762	7541	5438	6	2068	16934	14809	12668	5	0	37052
50	2612	2735	4	701	7314	11003	15898	5	614	42484	11726	6006	6	3337	20123	12126	10292	5	1207	30637
75	1121	644	4	135	1838	4870	7810	4	0	18383	7957	7567	6	1512	21959	6123	3438	5	2308	12360

**CG2. Synechococcus (células/ml)**

Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.	Media	σ	n	Min.	Max.
	0	18052	9461	4	11602	34359	27198	30480	5	26	83516	18842	8412	6	280	25135	80574	111735	5	9921
10	17944	6908	4	12638	29776	31817	26806	5	408	81720	23512	16015	6	116	54483	26016	9832	5	8718	36531
20	18192	3953	4	14968	24904	30195	13116	4	16270	51758	30373	21186	6	11096	75162	19509	10078	5	5853	34616
50	14973	5390	4	7743	22926	32470	14880	5	5967	48046	19453	13683	6	5054	43937	9582	8570	5	755	25812
75	7165	9431	4	985	23479	8108	8889	4	880	23146	5191	5345	6	665	15553	1945	1350	5	425	4102

Tabla 3.16. Igual que la tabla 3.13, pero para la estación CG4.

CG4. Nanoecariotas (células/ml)															
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño					
	Media	$\sigma$	n	Max.	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Max.	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n
0	1754	423	3	2087	1158	2335	658	365	5	266	1274	668	272	4	401
10	1941	606	3	2577	1125	2450	713	490	5	347	1674	701	341	4	302
20	2197	522	3	2646	1465	2211	733	349	5	359	1299	956	342	4	494
50	1347	716	3	2251	500	4248	1367	683	5	474	2389	1584	1583	4	120
75	566	132	3	677	380	1207	765	332	5	305	1147	499	524	4	165
100	240	71	3	332	159	359	175	56	5	102	274	101	18	4	72

CG4. Picoecariotas (células/ml)															
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño					
	Media	$\sigma$	n	Max.	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Max.	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n
0	5199	3579	3	10219	2126	39762	922	290	5	611	1357	1531	568	4	859
10	5150	3935	3	10699	2014	2690	1361	613	5	602	2332	1466	556	4	725
20	5525	3935	3	11063	2287	2592	8235	14391	5	416	37008	1896	558	4	1019
50	2924	1499	3	4895	1263	7883	3157	1931	5	1141	6072	3955	2069	4	1269
75	1211	524	3	1949	778	2643	1677	1008	5	596	3524	714	567	4	216
100	534	263	3	793	174	473	613	345	5	290	1238	281	272	4	15

CG4. Prochlorococcus (células/ml)															
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño					
	Media	$\sigma$	n	Max.	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Max.	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n
0	1712	1305	3	3547	631	1311	2709	2757	5	347	8075	25480	19225	4	0
10	1996	1933	3	4729	577	1309	3194	3040	5	700	9126	32044	21243	4	0
20	5430	6433	3	14526	741	6906	2532	966	5	857	3497	32728	22874	4	0
50	7890	9759	3	21659	195	14140	10837	6264	5	4566	22661	12993	5951	4	2904
75	1445	1360	3	3362	347	7381	7791	7189	5	766	20939	2044	911	4	1099
100	1544	1855	3	4165	147	4180	5471	7725	5	928	20874	1558	1400	4	266

CC4. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	24509	13212	3	6729	38373	14804	11993	5	434	29678	30319	12034	5	13539	49665	34775	6920	4	23479	42023
10	25273	15005	3	5077	41010	23792	14039	5	368	43266	23207	12246	5	7892	43167	35753	7558	4	22832	41801
20	29733	18237	3	5615	49704	23267	14425	5	70	43173	22928	8300	5	14012	34688	38499	11394	4	21048	52522
50	22020	12414	3	6419	36792	24203	17204	5	13649	58454	31204	19251	5	5033	55074	5582	4335	4	793	12605
75	6230	2635	3	3814	9895	10640	16310	5	1179	43228	10905	16130	5	1925	43100	913	593	4	296	1605
100	1996	612	3	1467	2853	1354	475	5	689	2174	1407	1138	5	332	3465	289	82	4	174	401

Tabla 3.17. Abundancias medias, expresadas en individuos por metro cúbico para los principales grupos meso-zooplancónicos en la estación P2. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio y los valores mínimo y máximo registrados para cada estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

P2. Abundancia zooplancónica (individuos/m3).																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
Copepodos	366	229	8	37	783	401	408	10	53	1120	420	265	9	101	872	416	312	10	41	1146
Apendicularias	74	58	8	0	162	37	54	10	1	172	80	87	9	3	266	51	35	10	8	108
Cladóceros	22	18	8	0	51	17	15	10	0	40	577	883	9	7	2538	240	465	10	2	1601
Doliólidos	32	54	8	0	170	26	61	10	0	204	39	60	9	0	202	17	20	10	0	69
Quetognatos	19	16	8	2	47	9	11	10	0	32	35	47	9	3	165	46	85	10	0	296
sifonoforos	6	4	8	1	15	10	15	10	2	53	13	9	9	2	35	9	15	10	1	52
Ostráodos	8	9	8	1	32	8	7	10	2	20	52	99	9	0	327	11	8	10	3	32
Escifozos	0	1	8	0	3	1	2	10	0	6	1	4	9	0	12	0	1	10	0	3
Biomasa (mg/m3)	16.1	12.0	12	1.7	38.1	12.0	10.9	13	0.2	35.8	18.8	28.4	12	0.4	100.6	10.7	6.0	11	0.9	21.6

Tabla 3.18. Igual que la tabla 3.17, pero para la estación CG2.

Prof.	CG2. Abundancia zooplancónica (individuos/m3).																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.	Media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
Copépodos	825	38	2	787	862	941		1			426		1		310					
Apendicularias	112	60	2	52	172	46		1			177		1		0					
Cladóceros	64	9	2	55	72	6		1			324		1		272					
Doliólidos	84	84	2	0	167	3		1			312		1		29					
Quetognatos	37	34	2	3	71	0		1			90		1		287					
sifonóforos	14	3	2	11	16	32		1			21		1		31					
Ostrácodos	2	2	2	0	3	0		1			3		1		0					
Escifozoos	2	2	2	0	3	0		1			144		1		6					
Biomasa (mg/m3)	7.5	2.9	2	4.6	10.4	4.5	1.4	2	3.1	5.9	6.2	4.0	2	2.2	10.2	6.0	0.4	2	5.6	6.4



## Capítulo 4. Cabo de Palos y Baleares



Siguiendo nuestro recorrido hacia el norte, una vez doblado el Cabo de Gata y dejado atrás el Mar de Alborán, la siguiente zona geográfica que encontramos y en la cual el proyecto RADMED desarrolla tareas de monitorización ambiental es Cabo de Palos (Fig. 4.1).

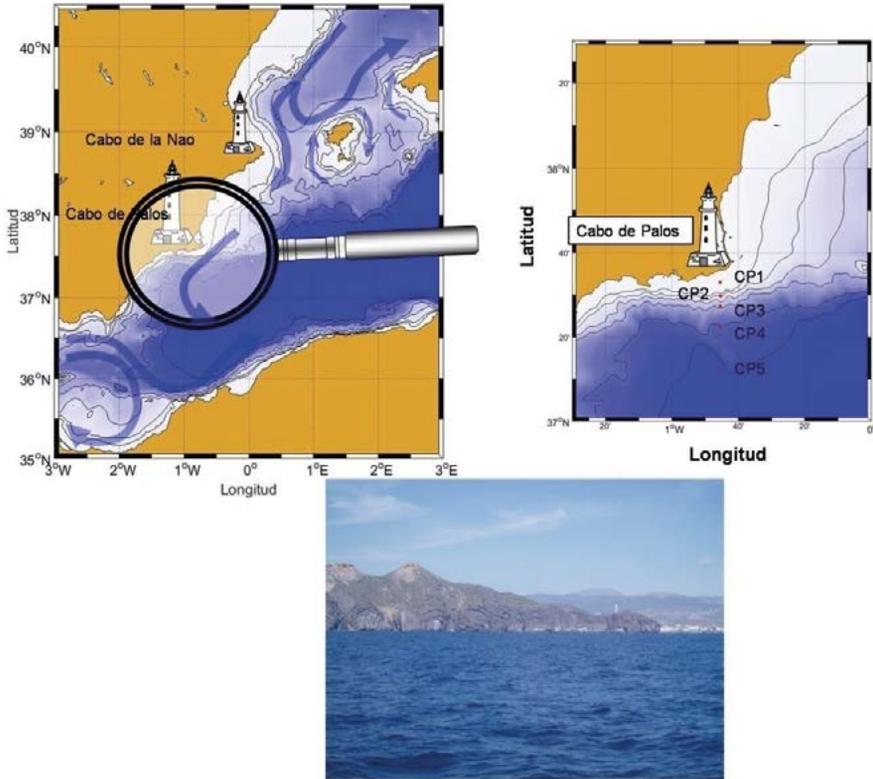


Figura 4.1. Localización geográfica del Cabo de Palos. A la derecha mapa con la posición de las estaciones muestreadas en la radial de Cabo de Palos. Fotografía tomada durante el muestreo de la radial de Cabo de Palos durante una de las campañas RADMED.

Al sur de Cabo de Palos se encuentra la radial del mismo nombre, que incluye algunas estaciones ya muestreadas en el anterior proyecto ECOMURCIA, así como otras nuevas añadidas dentro del marco del actual proyecto RADMED. Si continuamos más al norte, los siguientes accidentes geográficos de relevancia en la costa española son los Cabos de la Nao y de San Antonio, en la provincia de Alicante. Esta parte de la costa del levante español está separada a través del Canal de Ibiza de la isla del mismo nombre, perteneciente al Archipiélago Balear. El Canal de Mallorca separa las islas de Ibiza y Mallorca, y más al este encontramos la isla de Menorca (Fig. 4.2).

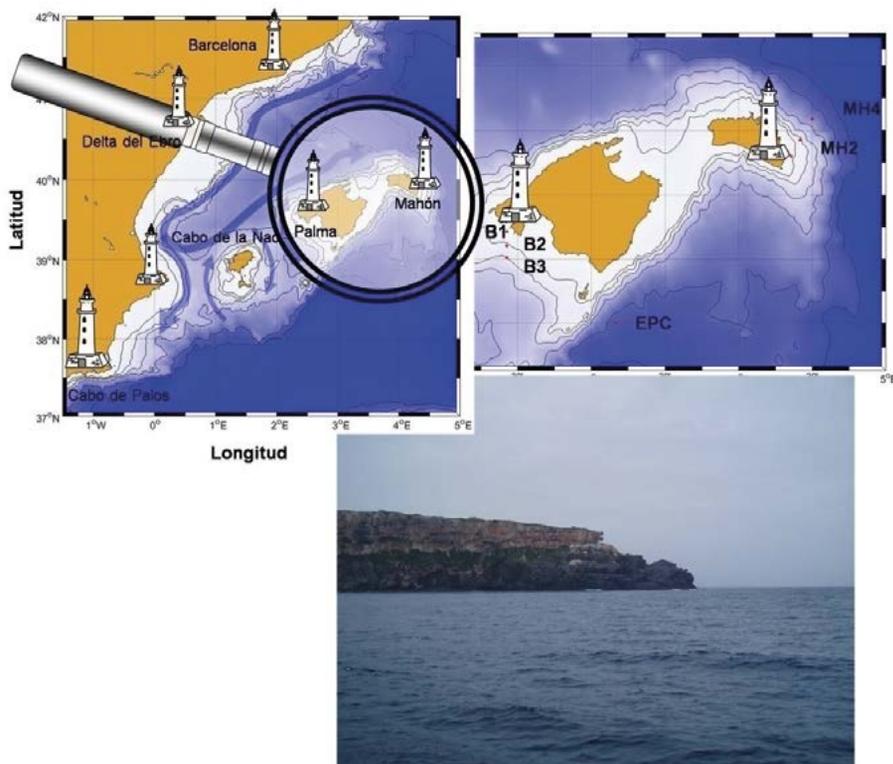


Figura 4.2. Localización geográfica del archipiélago Balear. A la derecha mapa con la posición de las estaciones muestreadas en las radiales de Baleares y Mahón. Fotografía tomada durante el muestreo de la radial de Mahón en una de las campañas RADMED.

El proyecto RADMED dispone de varias radiales en estas aguas pertenecientes al Mar Balear. Tal y como se aprecia en la figura 4.2, las estaciones B1, B2 y B3 se extienden al sur de la bahía de Palma de Mallorca. Esta radial recibe el nombre de Baleares (B), ya que pertenecía al anterior proyecto ECOBALEARES iniciado en 1994, habiéndose mantenido las mismas posiciones en el proyecto RADMED. Al sur de la Isla de Cabrera se encuentra la Estación Profunda de Cabrera (EPC, Fig. 4.2). En esta estación se realiza un muestreo exclusivamente con batisonda CTD. Se trata de una estación donde se alcanzan los 2300 m de profundidad, y por tanto es un lugar ideal para el seguimiento de la temperatura y salinidad de las aguas profundas mediterráneas. Extendiéndose hacia el nordeste desde la isla de Menorca se encuentra la radial de Mahón (MH), tratándose en este caso de una radial completamente multidisciplinar.

Como ya se mostró en el capítulo 2, en los canales de Ibiza y Mallorca el proyecto RADMED dispone de 37 estaciones oceanográficas formando dos triángulos que cubren ambos canales. Estas estaciones pertenecían al proyecto CIRBAL, que como también se comentó con anterioridad, estaba enfocado a la oceanografía física, estudiándose la circulación y las características termohalinas de las masas de agua en estos canales. Con objeto de disponer de un muestreo multidisciplinar que cubriese razonablemente toda la plataforma y talud continental de las aguas peninsulares, se escogieron las estaciones C20 y C18 correspondientes a la base del

triángulo del Canal de Ibiza para desarrollar un muestreo multidisciplinar similar al que se realiza en el resto de las radiales, es decir, con medidas de temperatura y salinidad y toma de muestras para las medidas de oxígeno disuelto, clorofila-a, abundancia y composición taxonómica del micro-fitoplancton, del nano y picoplancton autótrofo y arrastres para el análisis de la abundancia y biomasa del meso-zooplancton (Fig. 4.3).

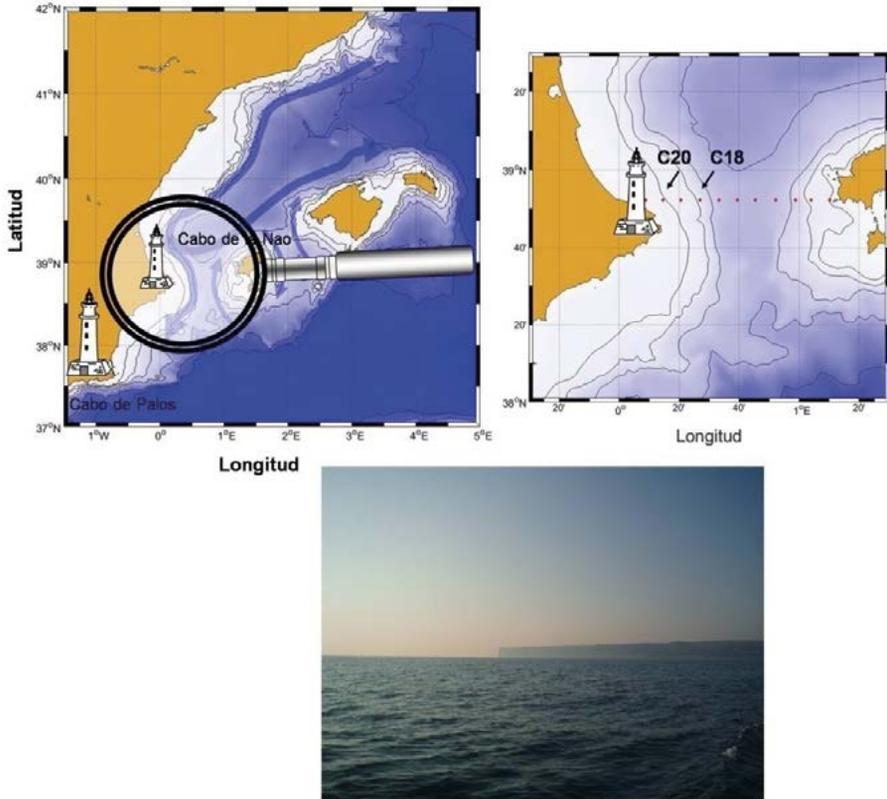


Figura 4.3. Localización geográfica del canal de Ibiza. A la derecha mapa con la posición de las estaciones muestreadas multidisciplinariamente en dicho canal (C20 y C18). Fotografía del Cabo de San Antonio tomada durante una campaña RADMED.

Toda esta zona que podríamos englobar bajo el nombre de Cabo de Palos-Baleares puede considerarse una zona de transición entre las aguas situadas más al sur, en el Mar de Alborán o en la Cuenca Argelina, y aquellas que se extienden más al norte, frente a las costas catalanas y el Golfo de León. Las primeras se caracterizan por una mayor influencia de las aguas atlánticas que entran por el Estrecho de Gibraltar y que fluyen directamente hacia el este, y las segundas serían aguas mucho más modificadas debido a un mayor tiempo de residencia en el Mediterráneo. Para entender un poco esta diferenciación repasamos a continuación las principales características de la circulación de estas aguas.

Como vimos en el capítulo anterior, el Agua Atlántica (AA) que entra en el Mar de Alborán describe con frecuencia (aunque no siempre) dos giros anticiclónicos en las cuencas occidental y oriental de este mar. Tras bordear el giro oriental de Alborán, la Corriente Atlántica continúa su trayectoria a lo largo del talud continental de Argelia, constituyendo lo que se conoce como Corriente Argelina. Esta corriente se caracteriza por su inestabilidad que se traduce en la formación de continuos remolinos tanto ciclónicos como anticiclónicos. Sin embargo, son estos últimos los que tienen un tamaño más grande y los que tienen una mayor duración antes de deshacerse en la Cuenca Argelina (Millot, 1999). Estos remolinos anticiclónicos, al desprenderse de la corriente principal, derivan hacia el norte, pudiendo alcanzar los canales baleares. De esta forma se convierten en un eficiente mecanismo de transporte de AA poco modificada.

La Corriente Argelina, al llegar al canal de Cerdeña se bifurca. Parte de ella atraviesa el Canal de Sicilia para adentrarse en el Mediterráneo Oriental, donde acabará transformándose en Agua Levantina Intermedia (ALI), mientras que otra parte entra en el Mar Tirreno donde describe un giro ciclónico. Parte del agua que circula en el Tirreno sale de dicha cuenca al norte de Córcega, mientras que otra parte sale al sur de Cerdeña para formar una corriente que bordea el contorno occidental de dicha isla. Ambas ramas se unen en el Mar Ligur formando la Corriente Septentrional (ver la figura 1.4 de la introducción).

La Corriente Septentrional, tras recorrer el Mar Ligur y el talud continental al sur del Golfo de León, entra en aguas catalanas. Posteriormente continúa hacia el sur hasta el Golfo de Valencia. Una rama de esta corriente atraviesa el Canal de Ibiza, mientras que otra rama se desvía hacia el nordeste, formando la Corriente Balear que circula al norte de las Islas Baleares. En consecuencia, las aguas que atraviesan el Canal de Ibiza afectarían a las estaciones C20 y C18 del proyecto RADMED, mientras que las aguas que forman la Corriente Balear alcanzarían la radial de Mahón (MH). Estas aguas, al haber pasado un mayor tiempo en el Mediterráneo tras haber completado un circuito ciclónico a lo largo de la Cuenca Occidental, han aumentado su salinidad debido a la evaporación y a las mezclas con las aguas mediterráneas que se encuentran debajo de ellas. Además, la Corriente Septentrional describe un giro ciclónico frente al Golfo de León que eleva las aguas intermedias de carácter mediterráneo hacia la superficie. La proximidad de las aguas intermedias a la superficie, así como los intensos vientos fríos y secos que soplan en invierno en esta zona del Mediterráneo, son los responsables de la formación de aguas profundas. El centro aproximado de la zona de formación de aguas profundas podría situarse en torno a los 42 °N, 5 °E (Leaman and Schott, 1991; Anati y Stommel, 1970; MEDOC Group, 1970). Todo ello hace que las aguas que fluyen en superficie al norte de las Baleares tengan una salinidad elevada, en torno a 38 ups en invierno y bajas temperaturas, alrededor de los 13 °C.

En las zonas de plataforma continental tanto del Golfo de León como de Cataluña, se producen importantes aportes de agua dulce procedentes del Ródano y del Ebro. Esto hace que la salinidad de las aguas superficiales no sea tan alta como la de las de mar abierto donde las aguas mediterráneas se aproximan a la superficie por el efecto de la circulación ciclónica. Por otra parte, las aguas de plataforma, con profundidades inferiores a los 200 m, quedan fuera del alcance del ALI que fluye entre los 200 y 600 m de profundidad, de tal forma que las mezclas con las aguas mediterráneas más saladas son mucho menores. La acción de los temporales invernales disminuye considerablemente la temperatura de estas aguas de plataforma. De hecho, al tener el mar menos profundidad y tratarse de un volumen de agua menor, se alcanzan en invierno temperaturas más bajas que las de las aguas situadas en mar

abierto donde tienen lugar los fenómenos de formación de aguas profundas. Estas temperaturas pueden bajar considerablemente en la plataforma continental, por debajo de los 13 °C, alcanzando incluso los 11 °C. La salinidad de estas aguas también se eleva debido a la acción de los vientos invernales que son muy secos por su carácter continental, sin embargo, al no producirse mezclas con las aguas levantinas, la salinidad no aumenta tanto como en mar abierto. El rango de salinidad de estas aguas de plataforma puede estar entre 37,7 y 38,3 ups. El resultado es un agua más densa que el AA superficial, pero no tan densa como el ALI. Esta masa de agua, que recibe el nombre de Agua Occidental Intermedia (AOI), se hunde hasta su posición de equilibrio, entre los 100 y 200 m de profundidad, por debajo del AA y por encima del ALI (Vargas-Yáñez et al., 2012a; Pinot y Ganachaud, 1999; López-Jurado et al., 1995; López-Jurado, 1990; Salat y Font, 1987).

De esta forma, cabe esperar que las aguas situadas al norte de las Islas Baleares tengan una mayor salinidad y menor temperatura (en invierno) que las situadas al sur de las islas (radial B, ECOBALEARES), que por el contrario estarían afectadas por el AA transportada por los giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente Argelina. No obstante, la situación no es tan sencilla, pues a través de los canales, como se muestra en las figuras 4.2 y 4.3, se produce intercambio de aguas en ambos sentidos, de tal forma que la zona de transición entre las aguas más saladas del norte y las aguas más atlánticas del sur puede cambiar de posición.

La circulación superficial de las aguas y los fenómenos de formación de nuevas masas de agua que hemos descrito tienen otras implicaciones, al margen de la modificación de la temperatura y salinidad de las masas de agua. Los procesos de formación de aguas profundas e intermedias conducen a la homogeneización de la columna de agua. De esta forma, las aguas profundas, ricas en nutrientes, se mezclan con las aguas superficiales fertilizándolas en invierno. Este proceso genera una distribución bastante homogénea de nutrientes, clorofila y oxígeno en la columna de agua durante el invierno. Cuando en primavera las condiciones atmosféricas empiezan a calmarse, se origina un importante “bloom” o proliferación fitoplanctónica, con predominio de las diatomeas y elevadas tasas de producción primaria. Además, tanto en las inmediaciones de la desembocadura del Ródano como del Ebro, los aportes de aguas continentales, también suponen un enriquecimiento de las aguas superficiales y el consiguiente aumento de la producción primaria.

La extensión de la corriente septentrional hacia el sur, a lo largo del talud continental de Cataluña, y posteriormente la formación de la Corriente Balear, generan dos zonas frontales (elevación de las masas de agua) que también favorecen el aporte de nutrientes a la capa fótica y el aumento de la productividad de las aguas. Estos frentes reciben el nombre de Frente Catalán y Frente Balear y, evidentemente, no afectarían a las aguas situadas al sur de las islas. Si continuamos hacia el sur y llegamos a la zona de Cabo de Palos, nos encontramos con una zona donde la Corriente Septentrional, que en esta latitud ha perdido su nombre, gira hacia el este para completar un circuito ciclónico en el Mediterráneo Occidental. Se trataría de una zona que podríamos calificar de “tierra de nadie”, donde no llegan los efectos del frente Almería-Orán, mucho más al sur, ni los efectos de los frentes Catalán y Balear al norte, ni las intensas tormentas invernales del norte del Mediterráneo. Cabe esperar que esta zona tenga un carácter más oligotrófico que las aguas situadas al norte de las islas. De hecho, numerosos trabajos han mostrado que el carácter oligotrófico del Mediterráneo no solo aumenta de oeste a este, sino también de norte a sur (Lavigne et al., 2015; Siokou-Frangou et al., 2010).

### 4.1 Condiciones meteorológicas.

Se obtuvieron datos horarios de intensidad y dirección del viento y de temperatura del aire en la estación meteorológica de Cartagena (fuente AEMET). Se calcularon direcciones e intensidades medias diarias así como las temperaturas medias, mínimas y máximas diarias. La figura 4.4 muestra las rosas de vientos para esta estación. Este gráfico expresa en tantos por ciento la dirección de procedencia de los vientos diarios y la escala de colores muestra su intensidad. Esta misma figura presenta también el promedio para cada mes del año para las temperaturas diarias mínimas, medias y máximas.

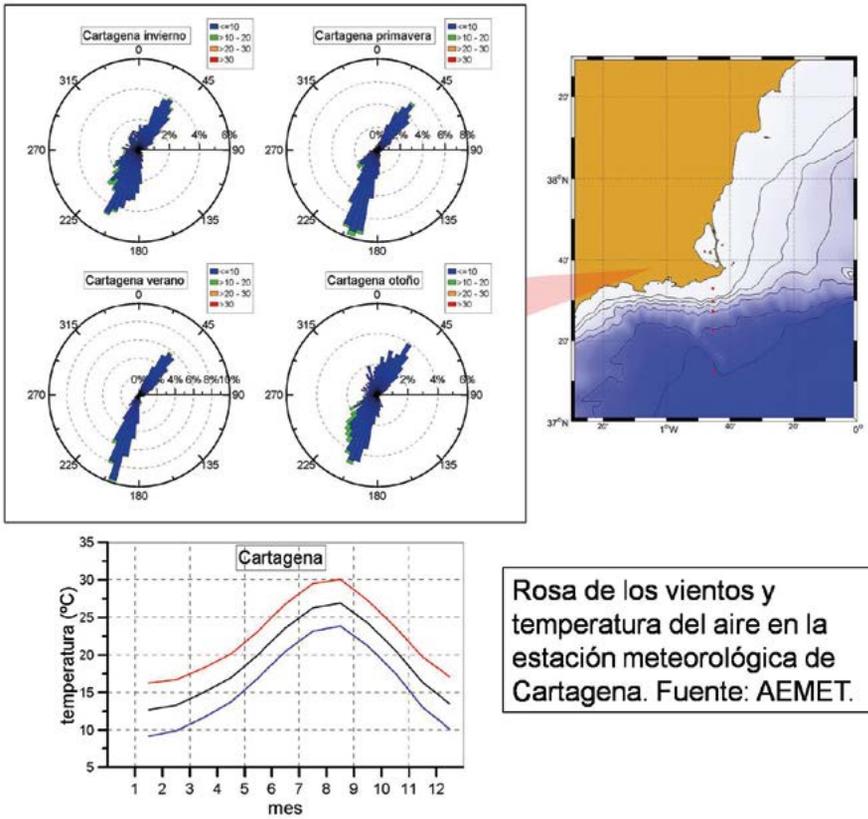


Figura 4.4. Rosas de los vientos y temperatura del aire en la estación meteorológica de Cartagena. La dirección de procedencia de los vientos viene expresada en tantos por ciento y la escala de colores indica su intensidad: Menor de 10 km/h (azul), de entre 10 y 20 km/h (verde), de entre 20 y 30 km/h (naranja) y de más de 30 km/h (rojo). La rosa de vientos de la equina superior izquierda corresponde al invierno, superior derecha a la primavera, inferior izquierda al verano e inferior derecha al otoño. En la parte inferior se muestran las temperaturas promedio mínimas (azul), medias (negro) y máximas (rojo) para cada mes.

La temperatura del aire alcanza sus valores más bajos en enero, cuando las mínimas son, en promedio, de 9,2 °C y las máximas son de 16,3 °C. La temperatura media diaria en enero es de 12,7 °C. Los valores más altos se alcanzan en el mes de agosto, siendo los valores mínimos, máximos y medios para esta época del año de 23,9 °C, 30,1 °C y 26,9 °C respectivamente.

Los vientos se encuentran muy polarizados en el eje sudoeste-nordeste. Hay que señalar que no se producen intensidades muy elevadas, especialmente en primavera y verano cuando los vientos más frecuentes tienen intensidades inferiores a 10 km/h.

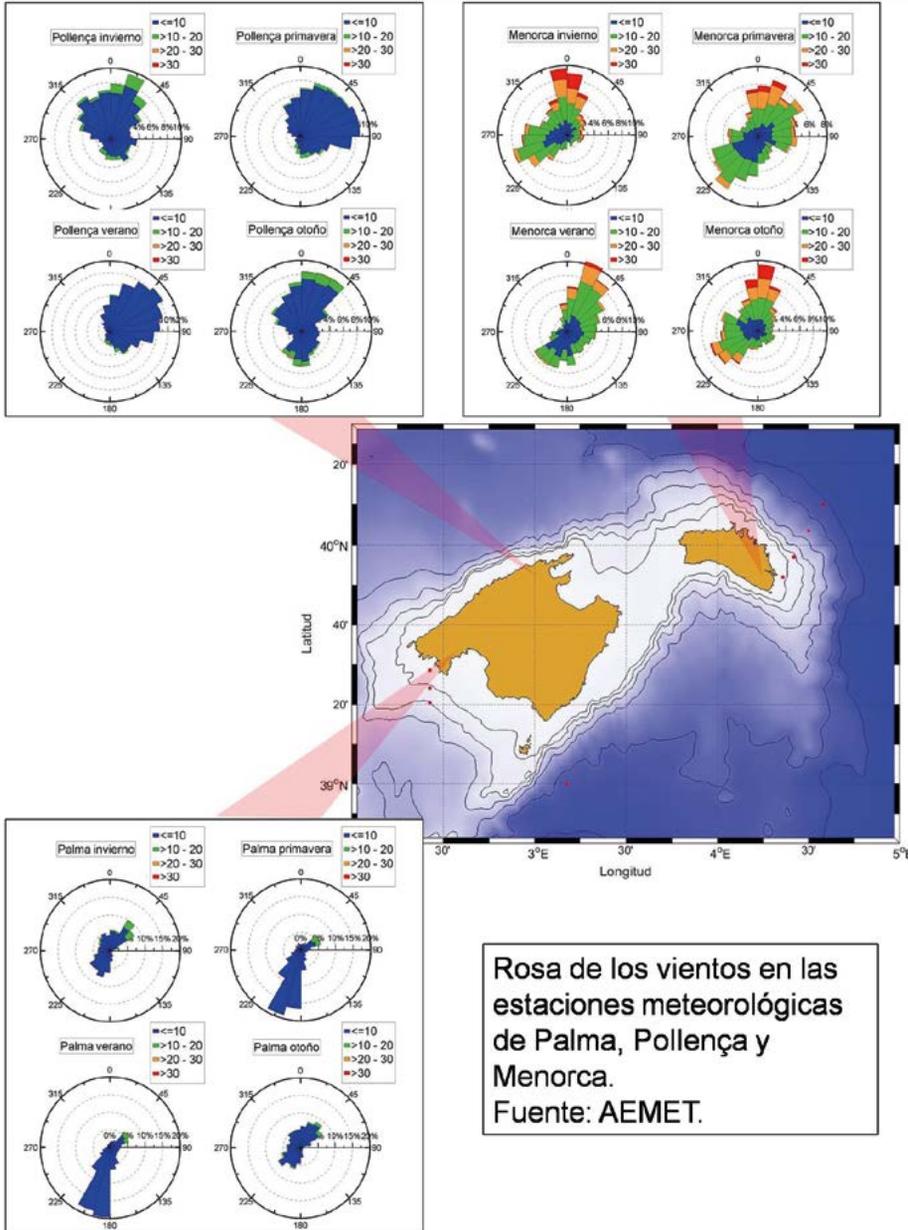
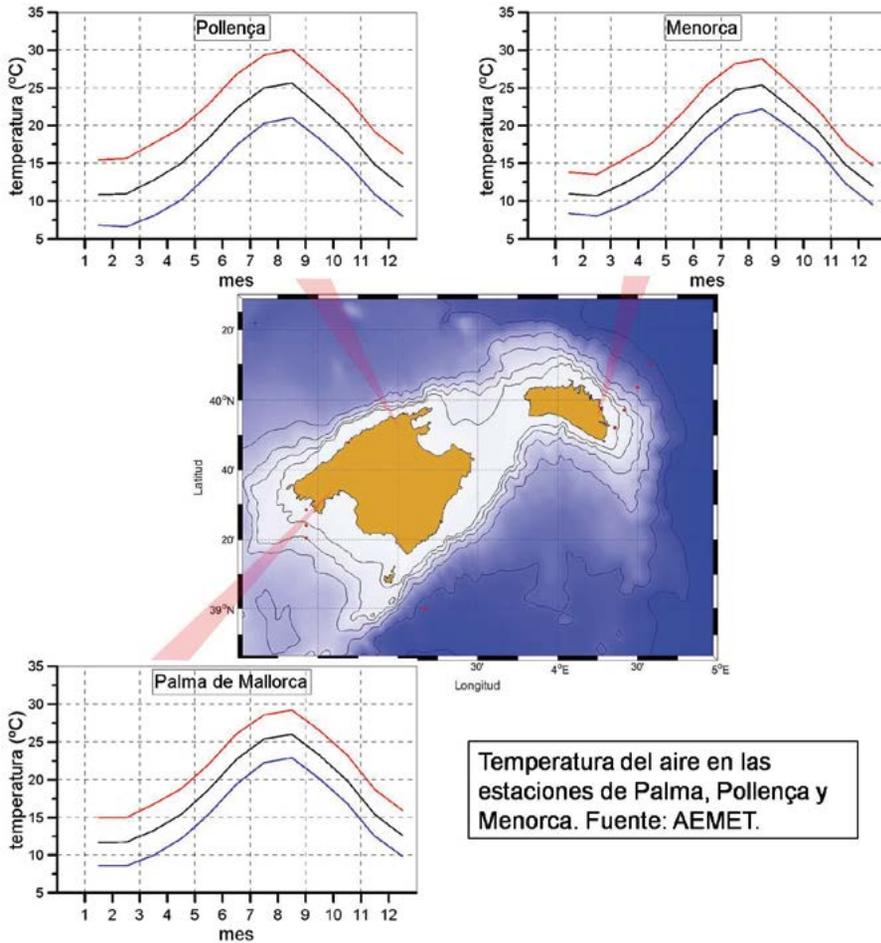


Figura 4.5. Rosas de los vientos en las estaciones meteorológicas de Pollença, Menorca y Palma de Mallorca (Porto Pi). La dirección de procedencia de los vientos viene expresada en tantos por ciento y la escala de colores indica su intensidad (ver la leyenda de la figura 4.4).



Temperatura del aire en las estaciones de Palma, Pollença y Menorca. Fuente: AEMET.

Figura 4.6. Promedio de temperaturas mínimas diarias(azul), medias diarias (negro) y máximas diarias (rojo) para cada mes en las estaciones de Pollença, Menorca y Palma de Mallorca (Porto Pi).

Las figuras 4.5 y 4.6 muestran las rosas de vientos y temperaturas medias para cada mes del año para las estaciones meteorológicas de Palma de Mallorca (Porto Pi), Pollença y Menorca (fuente AEMET).

La figura 4.5 muestra que en el norte de Mallorca la dirección predominante del viento es la norte. Tan solo en otoño hay un aumento de los vientos de componente sur. En Menorca, salvo en invierno, cuando la procedencia del viento se distribuye entre el norte y el sudoeste, el resto del año se alternan los vientos del nordeste y sudoeste. Hay que señalar que las intensidades de los vientos en Menorca son altas, siendo muy frecuentes los vientos que superan los 30 km/h. También se observa que los temporales son preferentemente de componente norte. En el sur de la Isla de Mallorca (Porto Pi, Palma), aunque también se registran vientos del nordeste, sobre todo el invierno, la dirección predominante es el sudoeste. Las intensidades en esta localidad son mucho más bajas que las que se registran en Menorca siendo, en la mayoría de los casos, inferiores a los 10 km/h.

En cuanto a las temperaturas, los valores mínimos se alcanzan entre enero y febrero. Las temperaturas medias diarias para estos meses oscilan entre los 10,7 °C de Menorca y los 11,7 °C de Palma de Mallorca. En cuanto a las mínimas diarias, las más bajas se registran en Pollença, con valores de 6,8 °C, y las más altas en Mallorca, 8,6 °C. Finalmente, las temperaturas más altas corresponden al mes de agosto, siendo las temperaturas máximas de 28,9 °C, 30,1 °C y 29,2 °C en Menorca, Pollença y Palma respectivamente.

## 4.2 Masas de agua

La figura 4.7 muestra los diagramas TS medios para las estaciones CP2 y CP4 sobre la plataforma y talud continental al sur de Cabo de Palos. Estas estaciones muestran un aumento de la salinidad respecto de las estaciones del Mar de Alborán, como corresponde a su mayor distancia respecto de las aguas que entran por el estrecho. La salinidad superficial alcanza los valores más altos en invierno y primavera, 37,7 ups y 37,8 ups respectivamente, para descender en verano y alcanzar los valores más bajos en otoño: 37,28 ups. A 75 m de profundidad los valores oscilan entre 38,15 y 38,0 ups, correspondiendo nuevamente los valores más bajos al otoño. La salinidad disminuye hacia mar abierto. Excepto en la superficie, la salinidad vuelve a ser mínima en otoño en los 100 m superiores de la columna de agua. Cabe señalar que en las aguas superficiales de la estación CP4 la salinidad está por debajo de 37,5 ups, valor que frecuentemente se ha tomado como interfaz entre las aguas atlánticas y las aguas mediterráneas. Estos valores indicarían que, especialmente en verano y otoño, las aguas que bañan Cabo de Palos tienen una fuerte influencia del AA procedente del Estrecho de Gibraltar, en contraposición al agua que ha recirculado a lo largo de toda la Cuenca Occidental del Mediterráneo.

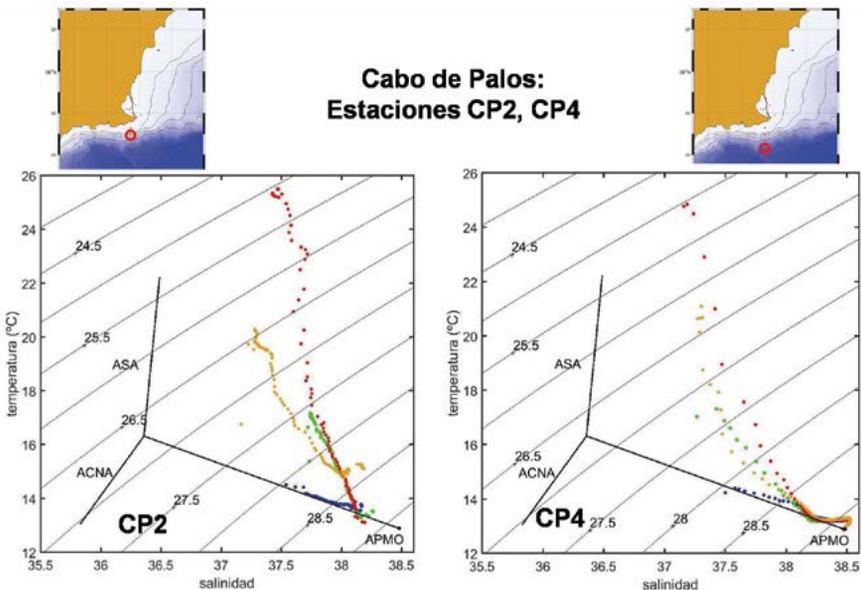


Figura 4.7. Diagramas TS medios para el invierno (azul), primavera (verde), verano (rojo) y otoño (marrón claro) obtenidos mediante el uso de todos los perfiles de temperatura potencial y salinidad obtenidos en las campañas RADMED en las estaciones CP2 y CP4 de la radial de Cabo de Palos.

El descenso de salinidad en verano y el posterior mínimo en otoño ya fue puesto de manifiesto en el Mar de Alborán en el capítulo anterior. En el caso del Mar de Alborán se produce un aumento de los vientos de levante en verano, lo que podría explicar la acumulación de AA contra la costa y el consecuente descenso de la salinidad. La otra hipótesis que proponíamos era el mayor desarrollo de los giros anticiclónicos que ocupan la mayor parte de la cuenca. Los vientos predominantes en verano y otoño en Cartagena, muy cerca de Cabo de Palos (Fig. 4.4) alternan la dirección sudoeste y nordeste de forma similar a lo que ocurre el resto del año. Este hecho apoyaría la teoría de que el aumento de la presencia de AA en las costas de Alborán y de Cabo de Palos no tiene su origen en la acción del viento, sino que está asociado a un cambio en la circulación, con un desplazamiento de la Corriente Atlántica hacia el norte, un mayor desarrollo de los giros anticiclónicos de Alborán, y un mayor transporte de AA desde la Corriente Argelina (desprendimiento de giros anticiclónicos).

En la estación CP4, debido a su profundidad, puede apreciarse en el diagrama TS la presencia del ALI, caracterizada por valores TS de 13,23-13,31 °C y 38,52-38,53 ups y el Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (APMOc) en el fondo de la estación, con valores de 12,88-12,90 °C y 38,48-38,49 ups. El mínimo relativo de temperatura, por debajo del máximo asociado al ALI, indica también la influencia del AOI (Fig. 4.7).

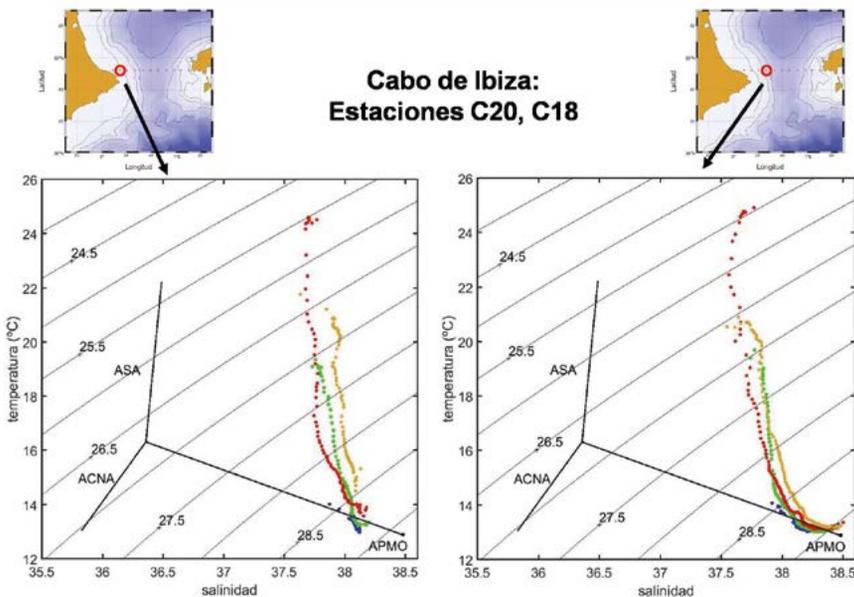


Figura 4.8. Igual que la figura 4.7, pero para las estaciones C20 y C18 del Canal de Ibiza.

La figura 4.8 muestra los diagramas TS medios de las estaciones C20 y C18 correspondientes a la plataforma y talud de la parte peninsular del Canal de Ibiza. La salinidad de las aguas superficiales muestra el gradiente existente en la zona cubierta por el proyecto RADMED. En la estación C20 la salinidad oscila entre los 38,06 ups de invierno y los 37,71 del verano. La salinidad disminuye hacia mar abierto, al igual que ocurría en la radial de Cabo de Palos, variando entre 37,98 ups en invierno y 37,68 ups en verano. Por tanto, una de las primeras diferencias que apreciamos respecto de las regiones analizadas anteriormente es que la mayor influencia atlán-

tica se produce en verano. Otra diferencia es que en todas las estaciones del año la salinidad está por encima de 37,5 ups, indicando la creciente influencia mediterránea a medida que nos desplazamos hacia el norte. Otra característica reseñable de las propiedades termohalinas del Canal de Ibiza es la presencia de aguas con temperaturas iguales o inferiores a 13 °C en invierno en torno a los 80 m de profundidad y con una salinidad de 38,1 ups. En la estación C18 estos valores se alcanzan en torno a 50 m de profundidad. Estos valores indican la presencia de AOI que se formaría en la plataforma continental en zonas próximas al Canal de Ibiza.

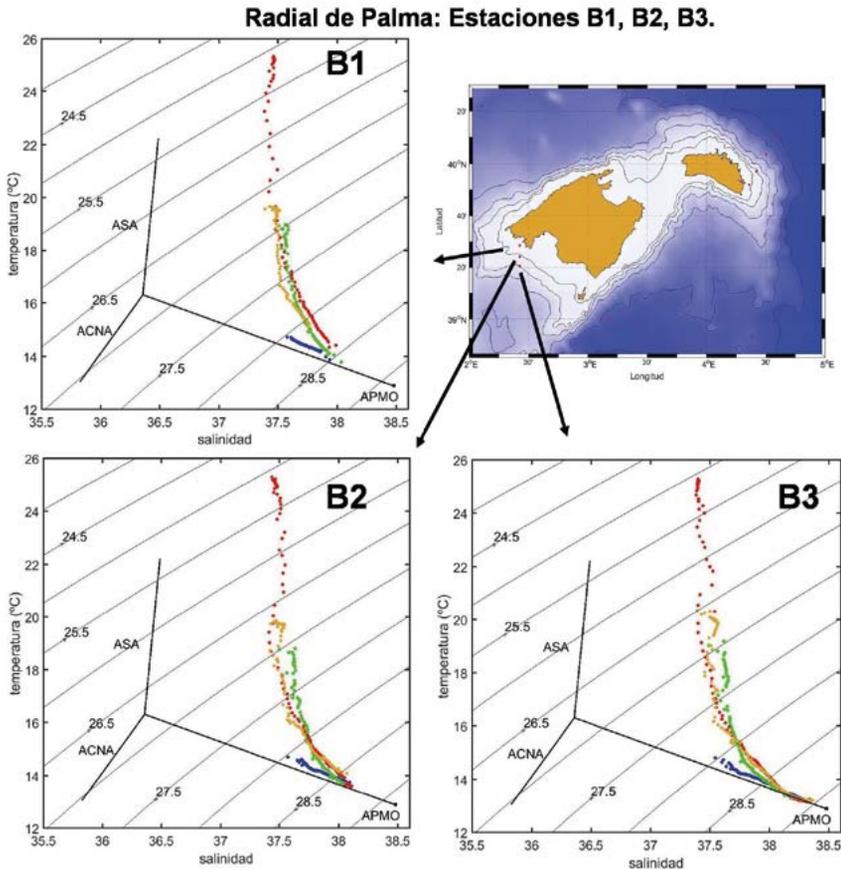


Figura 4.9. Igual que la figura 4.7, pero para las estaciones B1, B2 y B3 de la radial de Baleares.

En la radial de Baleares (B), al sur de la Isla de Mallorca, la salinidad es más baja que en la parte peninsular del Canal de Ibiza, y muy similar a la que se observa en Cabo de Palos. La salinidad toma los valores más bajos en verano, y durante esta estación del año y en otoño dichos valores son inferiores a 37,5 ups. El hecho de que los valores de salinidad al este del Canal de Ibiza (estaciones B1, B2 y B3) sean más bajos que en la parte occidental (C20 y C18) podría estar relacionado con el esquema de circulación a través de los canales que se ha presentado en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 (Pinot y Ganachaud, 1999; Pinot et al., 1995), donde la extensión de la corriente septentrional hacia el sur se produciría en la parte peninsular del Canal de Ibiza, mientras que las entradas de AA se producirían más cerca de la Isla de Mallorca.

En la radial de Mahón (Fig. 4.10) se produce nuevamente un aumento de la salinidad, indicando la presencia de AA más modificada. El ciclo estacional de esta variable es similar al que hemos descrito para las demás radiales, con un descenso en verano y otoño. En invierno se aprecia un acusado descenso de la temperatura por encima de la posición del ALI, indicando la influencia del AOI. Los valores de temperatura y salinidad del ALI en la estación MH4 son 13,17-13,23 °C y 38,52-38,55 ups, mientras que en el fondo de la estación, los valores TS que corresponden al APMOc son 12,89-12,9 °C y 38,49 ups.

La Estación Profunda de Cabrera (Fig. 4.11) muestra la influencia del AOI en primavera (puntos verdes) y valores del ALI y del APMOc similares a los encontrados en las estaciones CP4 y MH4: 13,2 °C y 38,52-38,53 (ALI) y 12,88-12,89 °C y 38,48-38,49 ups (APMOc).

Tal y como se hizo en el caso del Mar de Alborán, y como también se hará para las estaciones situadas en las aguas catalanas, se muestran los valores medios obtenidos en cada una de las estaciones anteriores en las tablas 4.1 a 4.10.

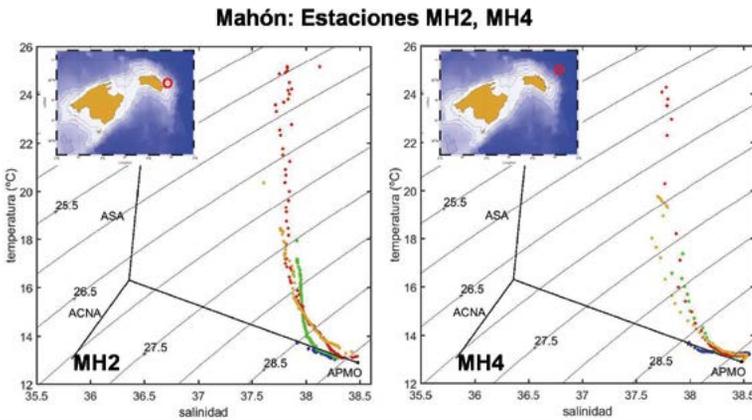


Figura 4.10. Igual que la figura 4.7, pero para las estaciones MH2 y MH4 de la radial de Mahón.

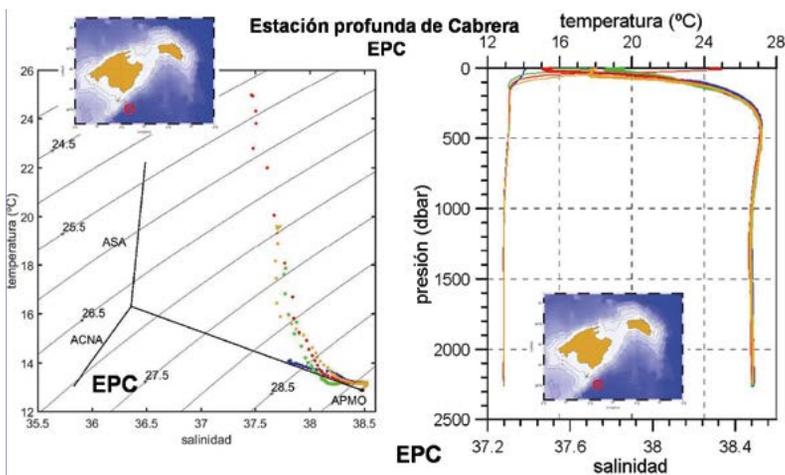


Figura 4.11. Diagrama TS (izquierda) y perfiles verticales de temperatura potencial y salinidad (derecha) en la Estación Profunda de Cabrera (EPC) para las cuatro estaciones del año: Invierno (azul), primavera (verde), verano (rojo) y otoño (marrón claro).

### 4.3 Distribuciones de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a

Las figuras 4.12 y 4.13 muestran los perfiles verticales medios estacionales de clorofila, oxígeno, nitratos y nitritos para las estaciones CP2 y CP4 de la radial de Cabo de Palos. Las figuras 4.14 y 4.15 corresponden a las estaciones C20 y C18 de la parte peninsular del Canal de Ibiza. Ambas zonas muestran aguas mucho más pobres que las que se describieron para el Mar de Alborán. En la estación CP2, sobre la plataforma continental de Cabo de Palos, las concentraciones superficiales de nitratos en las aguas superficiales son muy bajas desde el invierno al verano, y sólo aumentan en otoño cuando superan el valor  $1 \mu\text{M}$  (Fig. 4.12). Igualmente los fosfatos se mantienen en valores bajos y muy similares durante todo el año y en toda la columna de agua (hasta los 75 m de profundidad), salvo en otoño cuando se observa un aumento de las concentraciones hasta  $0,16 \mu\text{M}$ , pero solo a partir de los 50 m de profundidad. Los nitritos muestran el Máximo Primario de Nitritos (MPN) a lo largo de todo el año, variando su profundidad entre 50 y 75 m (ver la figura 4.12 y la tabla 4.11).

La distribución vertical de clorofila refleja la escasez de nutrientes. Puede observarse un Máximo Profundo de Clorofila (MPC) desde invierno hasta verano, a 50 o 75 m de profundidad. Las concentraciones de clorofila-a en este MPC oscilan entre  $0,28$  y  $0,5 \text{ mg/m}^3$ , valores muy inferiores a los encontrados en Alborán. El valor máximo de clorofila sube hasta la superficie en otoño, coincidiendo con el incremento de nutrientes en la capa superficial, siendo en este caso la concentración de  $0,5 \text{ mg/m}^3$ . Las distribuciones verticales de oxígeno disuelto son un tanto erráticas y no parece existir una relación entre la posición del MPC y la posición del máximo de oxígeno. Este hecho podría estar relacionado con la alta variabilidad de las aguas costeras y la aún escasa longitud de la serie temporal disponible.

Los perfiles verticales de nutrientes, clorofila y oxígeno en la estación CP4 parecen mostrar formas más regulares (Fig. 4.13). Los valores superficiales más altos de nitratos se observan en invierno, cuando las concentraciones más altas de clorofila y oxígeno disuelto se producen en superficie, aunque nuevamente la concentración de clorofila es relativamente baja ( $0,4 \text{ mg/m}^3$ ). En primavera, verano y otoño, las concentraciones de nitratos superficiales decrecen y se desarrolla un MPC a 50, 75 y 20 m, respectivamente. El máximo de oxígeno se sitúa en todos los casos por encima del de clorofila (20, 50 y 0 m). Los fosfatos en superficie presentan pequeñas variaciones a lo largo del año (tabla 4.12). Los nitritos presentan un MPN en todas las estaciones del año a profundidades comprendidas entre 50 y 75 m. En algunos casos, como en verano, se vuelve a apreciar un máximo de nitritos a 500 m de profundidad asociado a la presencia del ALI (Fig. 4.13).

La profundidad de la estación CP4 permite apreciar el incremento de nitratos, fosfatos y silicatos con la profundidad hasta alcanzar valores máximos a profundidades de entre 300 y 700 m que, en el caso de los nitratos, pueden superar el valor  $10 \mu\text{M}$  y en el de los fosfatos los  $0,75 \mu\text{M}$ . Los silicatos crecen de forma continua hasta el fondo alcanzando valores de entre  $8,55$  y  $10 \mu\text{M}$ .

Tanto en la estación CP2 como en CP4, el oxígeno disuelto en superficie sigue un ciclo estacional con valores mínimos en verano y máximos en invierno y primavera, lo que indica que este ciclo está fuertemente condicionado por el de la temperatura y su influencia sobre la solubilidad de los gases.

**Cabo de Palos: CP2**

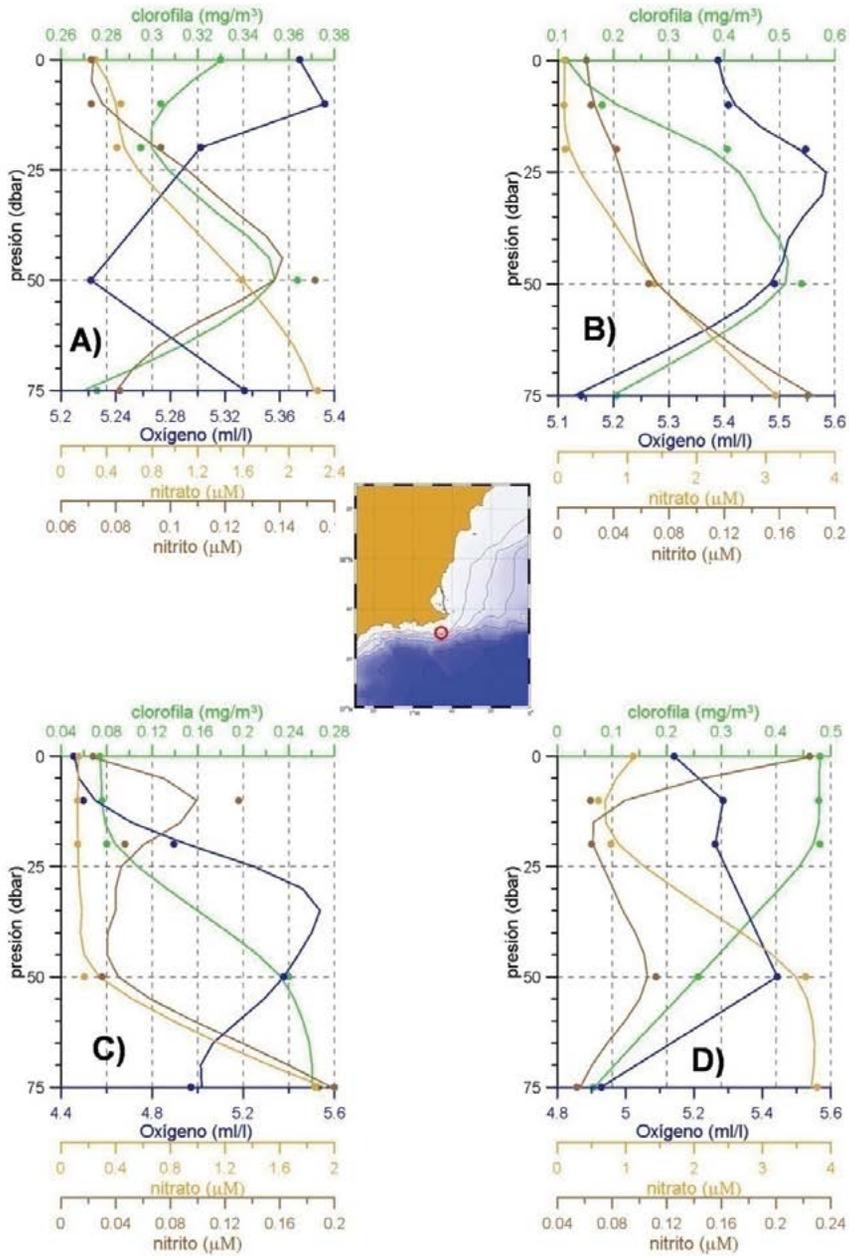


Figura 4.12. Perfiles verticales medios correspondientes a la estación CP2, promediando todos los perfiles de las campañas RADMED para las concentraciones de clorofila-a (verde), oxígeno disuelto (azul), nitratos (marrón claro) y nitritos (marrón oscuro). La figura 4.12A corresponde al invierno, B a la primavera, C al verano y D al otoño.

Cabo de Palos: CP4

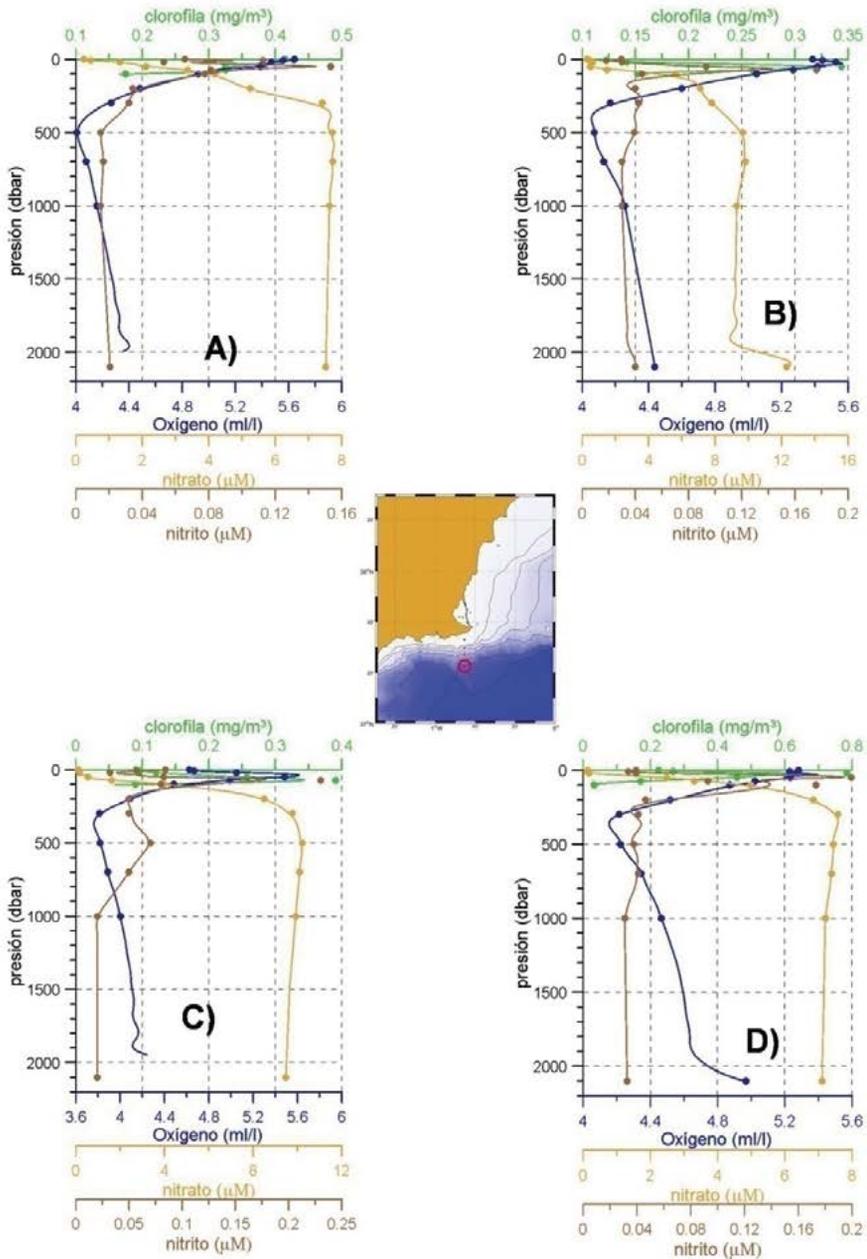


Figura 4.13. Igual que la figura 4.12, pero para la estación CP4.

Las distribuciones verticales de nutrientes, clorofila y oxígeno en las estaciones C20 y C18 del Canal de Ibiza muestran condiciones muy similares a las descritas para la radial de Cabo de Palos (Fig. 4.14 y 4.15), con muy ligeras diferencias. Una de ellas es que las concentraciones más altas de nitratos en superficie se observan en invierno, en lugar de en otoño. Otra diferencia es que el valor máximo de concentración de clorofila nunca se encuentra en la superficie. En invierno, cuando el aporte de nutrientes a las aguas superficiales es mayor, dicho máximo de clorofila se encuentra a 20 m de profundidad, descendiendo hasta 50 y 75 m durante el resto del año. Los valores más altos están en torno a los 0,4 mg/m<sup>3</sup>. El oxígeno disuelto muestra en superficie el ciclo estacional asociado a la temperatura, con valores mínimos en verano y máximos en invierno y presenta un máximo en la misma posición o por encima del MPC. Los fosfatos, una vez más, presentan concentraciones bajas de entre 0,03 y 0,08 μM con una distribución bastante homogénea a lo largo del año y dentro de los primeros 75 m de la columna de agua (tablas 4.14 y 4.15). En la estación C18, al tener una mayor profundidad, sí se aprecia un incremento de los mismos a partir de los 100 m de profundidad.

No merece la pena extenderse en la descripción de las distribuciones de estas variables en la radial B, al sur de Palma de Mallorca, pues son muy parecidas a las del Canal de Ibiza. La figura 4.16, a modo de ejemplo, muestra dichas distribuciones en la estación B2, en el centro de esta radial. Las condiciones en esta radial son muy oligotróficas, caracterizándose por valores muy bajos de las concentraciones de nitratos en superficie y concentraciones muy bajas de clorofila cuyos valores máximos están en torno a los 0,4 mg/m<sup>3</sup>. Los valores más altos de estas variables se observan en invierno cuando el MPC está en torno a los 25 m. Posteriormente se hunde hasta 50, 75 e incluso 100 m de profundidad (Fig. 4.16).

Canal de Ibiza: C20

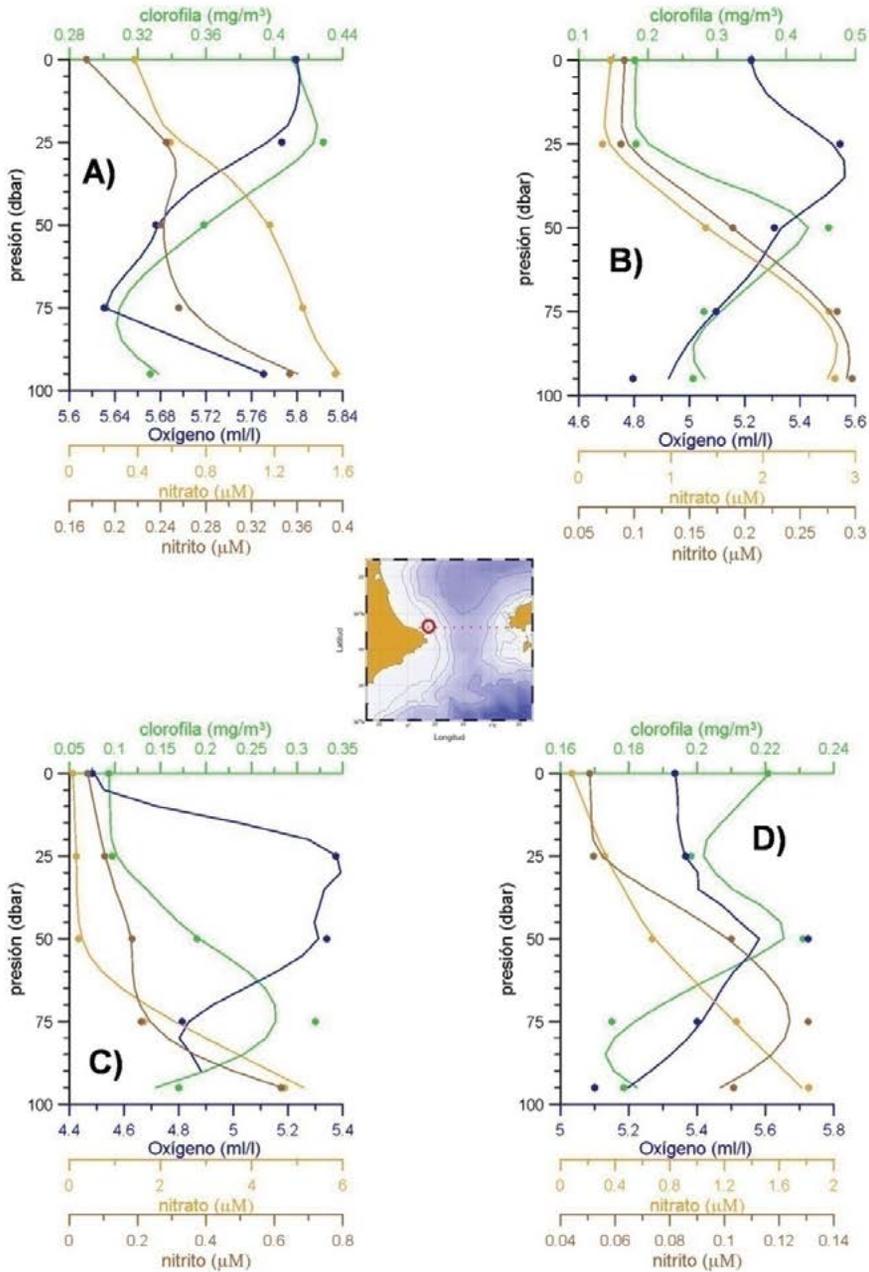


Figura 4.14. Igual que la figura 4.12, pero para la estación C20.

**Canal de Ibiza: C18**

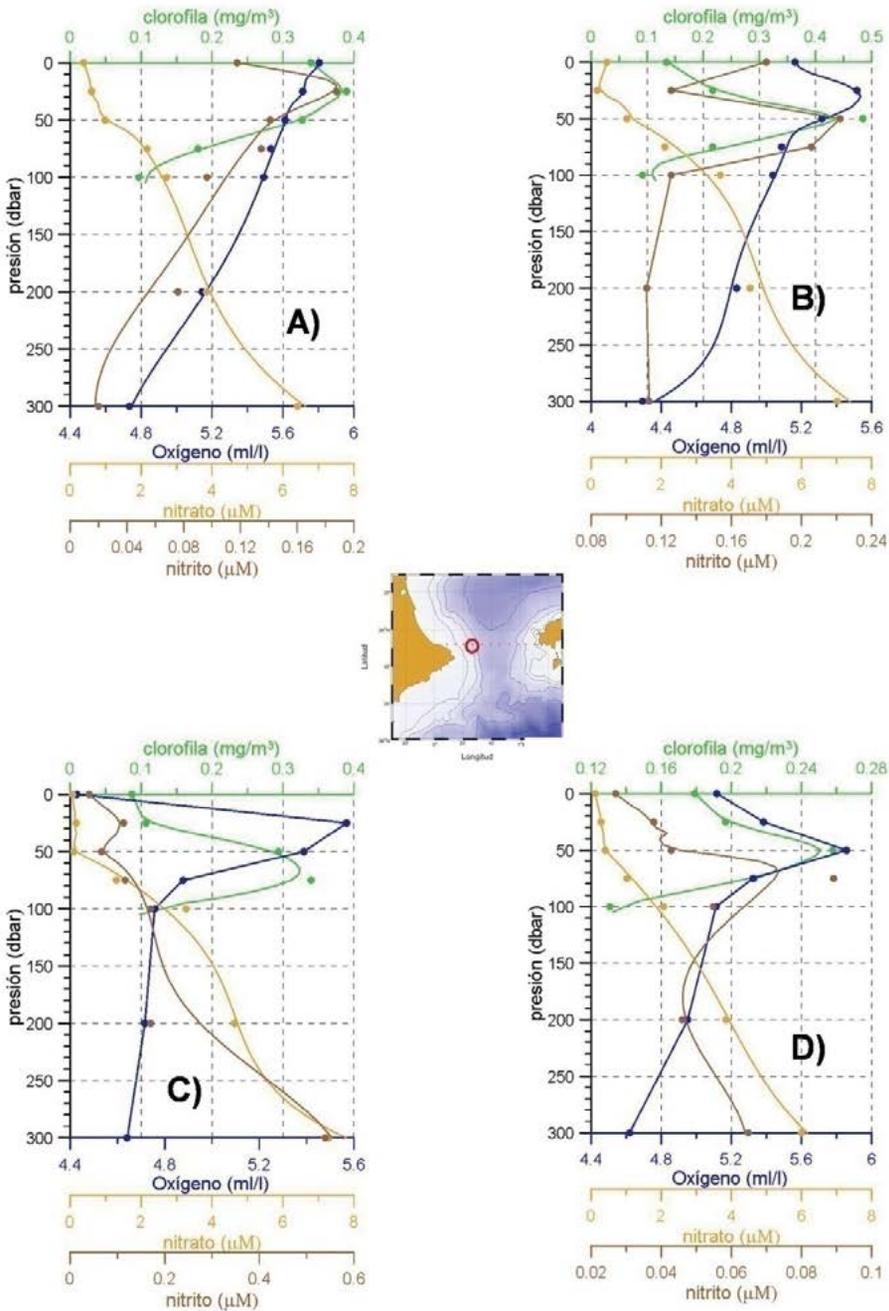


Figura 4.15. Igual que la figura 4.12, pero para la estación C18.

Radial de Palma: B2

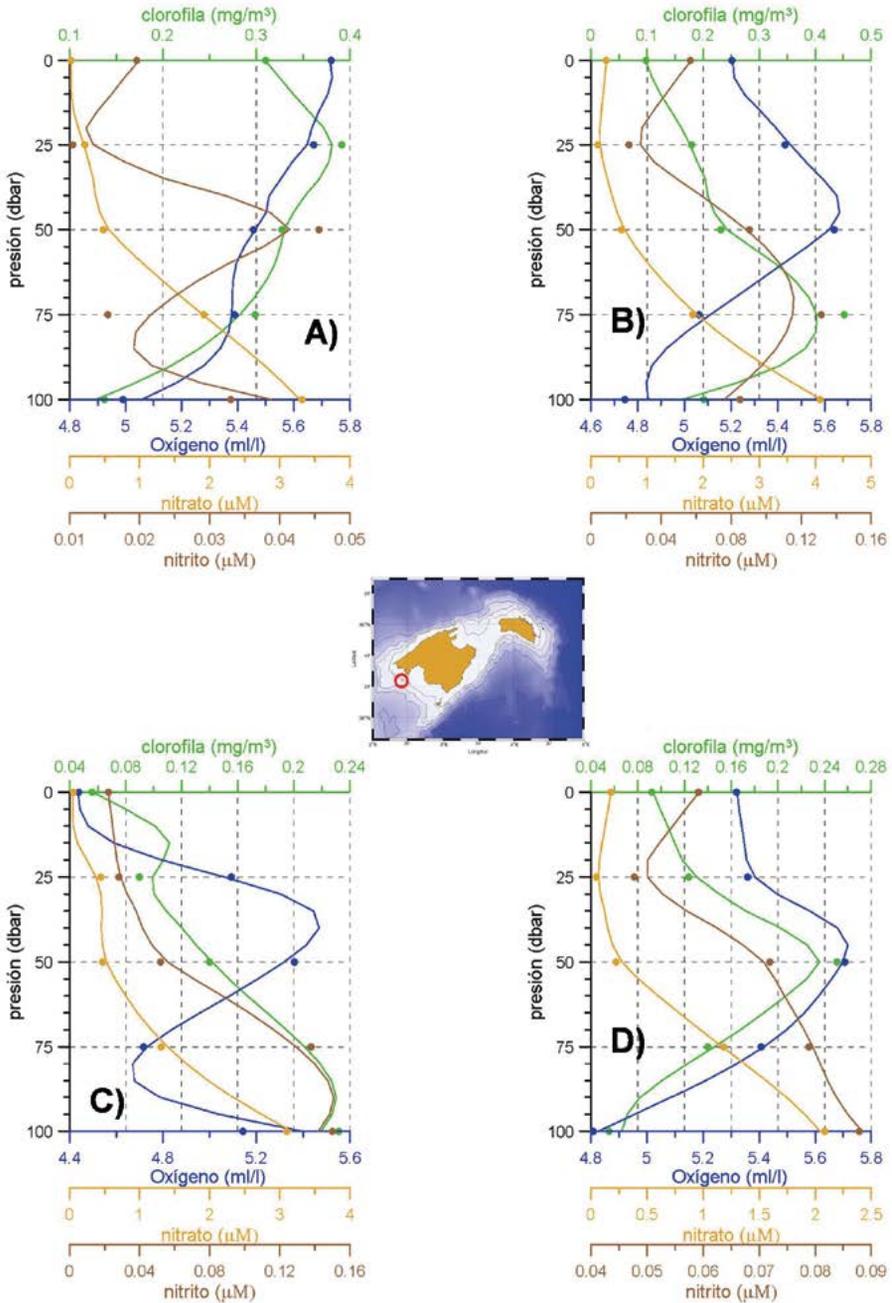


Figura 4.16. Igual que la figura 4.12, pero para la estación B2.

La radial de Mahón presenta algunas características comunes con las de Cabo de Palos, Canal de Ibiza y Palma de Mallorca, pero también algunos rasgos diferenciadores (Fig. 4.17 y 4.18). Tal y como ocurre en la mayoría de las estaciones de esta zona del Mar Balear, hay un claro ciclo estacional con valores máximos de nitratos en superficie en invierno que van disminuyendo considerablemente a lo largo del resto del año. Los fosfatos tienen concentraciones bajas y más regulares a lo largo del año. Siguiendo la evolución de los nitratos en superficie, los valores más altos de clorofila se observan en invierno, cuando además los valores máximos dentro de la columna de agua se encuentran en aguas más someras. Los nitritos presentan un MPN a profundidades de entre 25 y 75 m y el oxígeno también presenta un máximo profundo que se sitúa por encima del MPC.

La diferencia observada en las estaciones MH2 y MH4 es que la intensidad del máximo de clorofila invernal es mayor que en las estaciones de las radiales de Cabo de Palos, Canal de Ibiza y Baleares, alcanzándose valores de  $0,6 \text{ mg/m}^3$ . Igualmente, el aporte de nitratos en superficie durante el invierno es más alto que en las citadas radiales ( $0,89 \text{ }\mu\text{M}$  a 25 m en MH2 y  $1,06 \text{ }\mu\text{M}$  en superficie en MH4, ver tablas 4.21 y 4.22).

Mahón: MH2

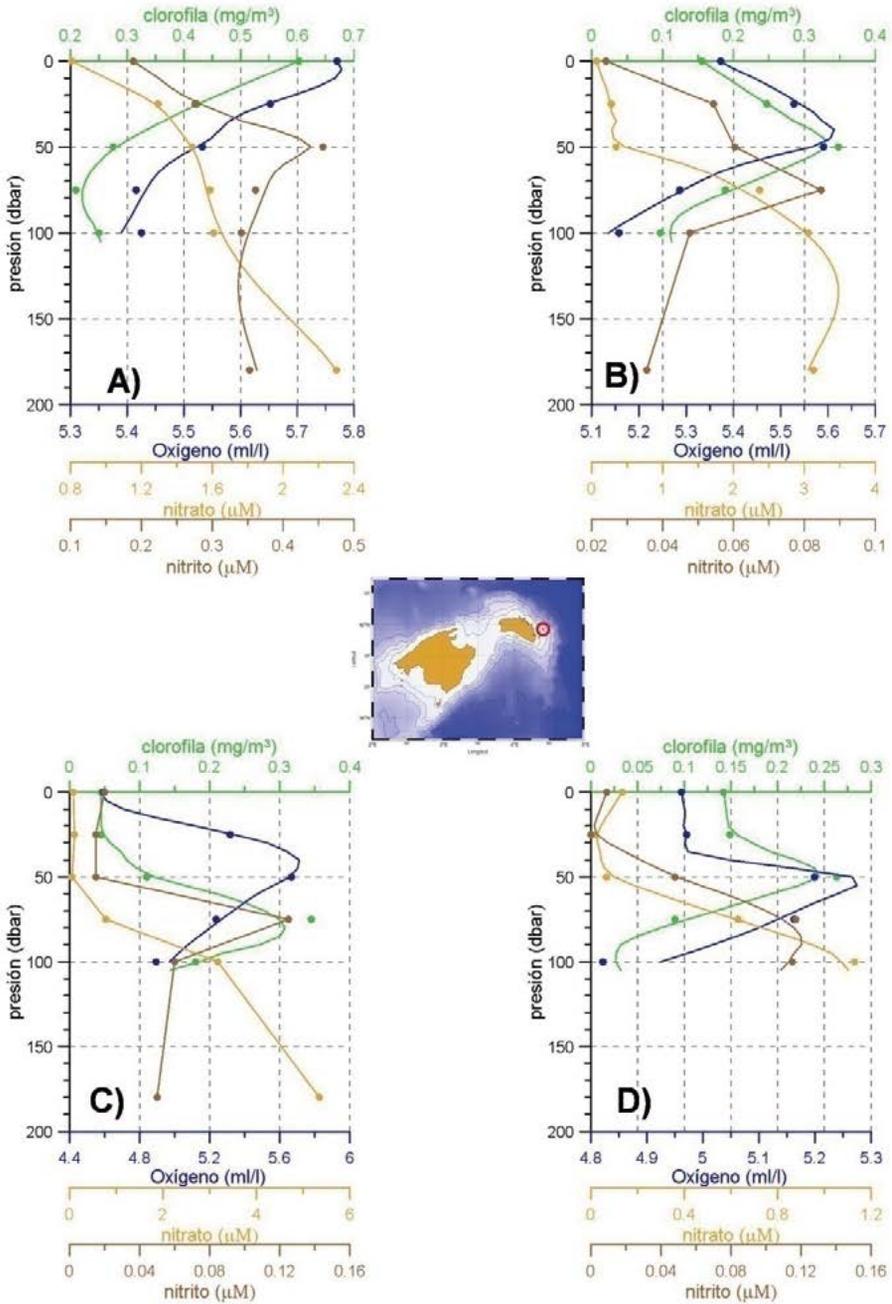


Figura 4.17. Igual que la figura 4.12, pero para la estación MH2.

Mahón: MH4

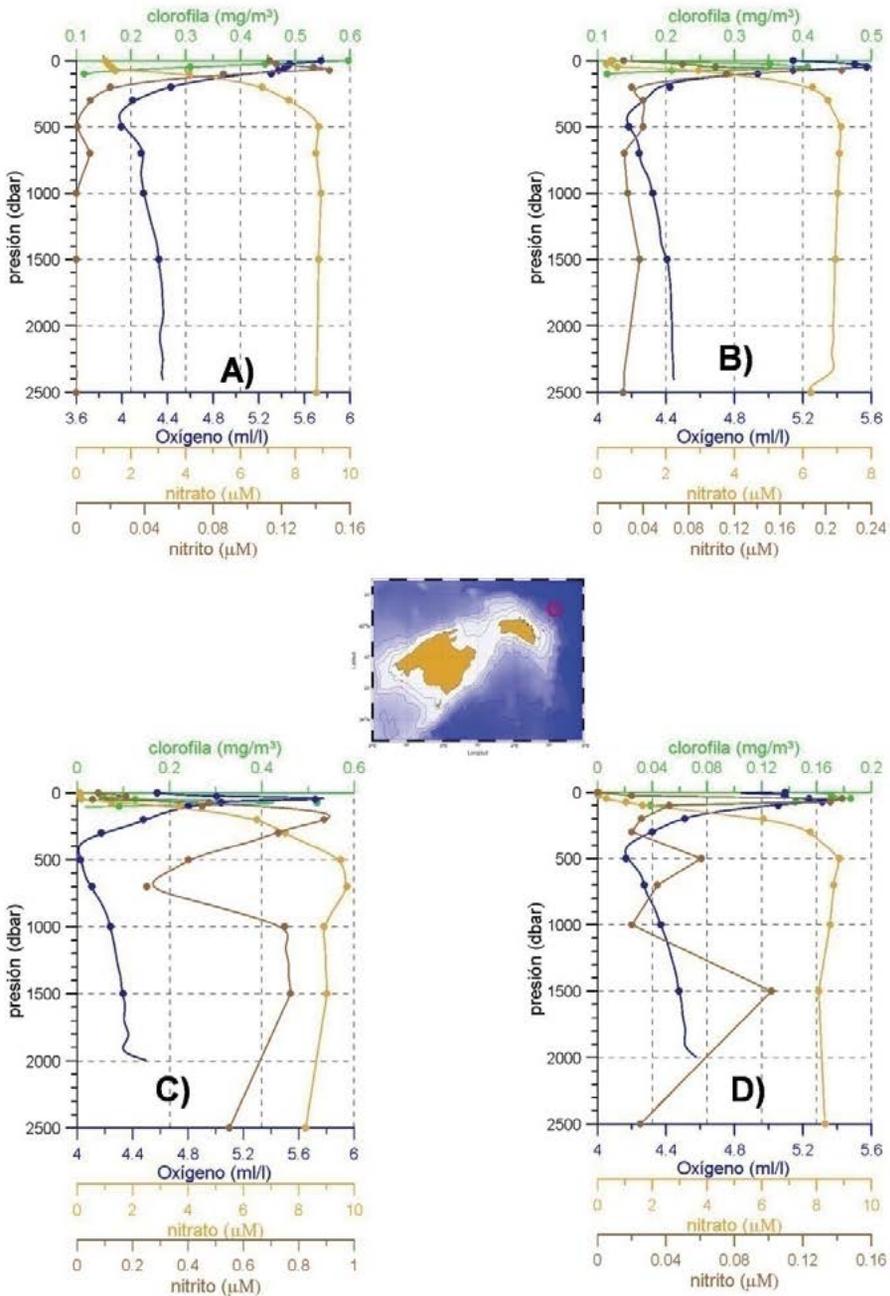


Figura 4.18. Igual que la figura 4.12, pero para la estación MH4.

Las figuras 4.19 a 4.22 muestran la profundidad de la capa de mezcla, así como las concentraciones de clorofila, nitrógeno, fosfatos, silicatos y oxígeno integradas para los 100 m superiores de la columna de agua. Estas figuras confirman el aumento de la oligotrofia de las aguas mediterráneas españolas desde el Mar de Alborán (ver capítulo anterior) hacia el sector de Cabo de Palos y Mar Balear.

Hay que señalar que las diferencias apreciadas entre la radial de Mahón y las radiales más al sur, en cuanto a la intensidad del MPC y los valores superficiales de clorofila en invierno, no se observan cuando se analiza la clorofila integrada. En casi todas las estaciones oceanográficas de las cuatro radiales analizadas se tienen los valores más altos en invierno, variando dichos valores levemente según la posición geográfica entre 23 y 35 mg/m<sup>2</sup>. Posteriormente a este máximo invernal, la concentración de clorofila integrada decrece hasta alcanzar valores mínimos en verano o en otoño, entre 14 y 18 mg/m<sup>2</sup>.

Salvo en otoño en CP2, en la radial de Cabo de Palos, y en invierno en las dos estaciones de la radial de Mahón, la nutriclina, estimada a partir de las figuras 4.12 a 4.18, se encuentra a mayores profundidades que en el caso del mar de Alborán, siendo frecuentes los valores de 50 m y alcanzándose incluso los 80 y 90 m en otoño en la radial de Mahón. Este hecho es coherente con el desarrollo de un MPC tal y como se ha explicado en los párrafos anteriores. Además, las concentraciones de nutrientes integrados son mucho más bajas que las del Mar de Alborán. Este descenso es especialmente acusado en el caso de los fosfatos, que en la mayoría de las estaciones oceanográficas y a lo largo de todo el año toma valores del orden de, o inferiores a, 5 mmol/m<sup>2</sup>.

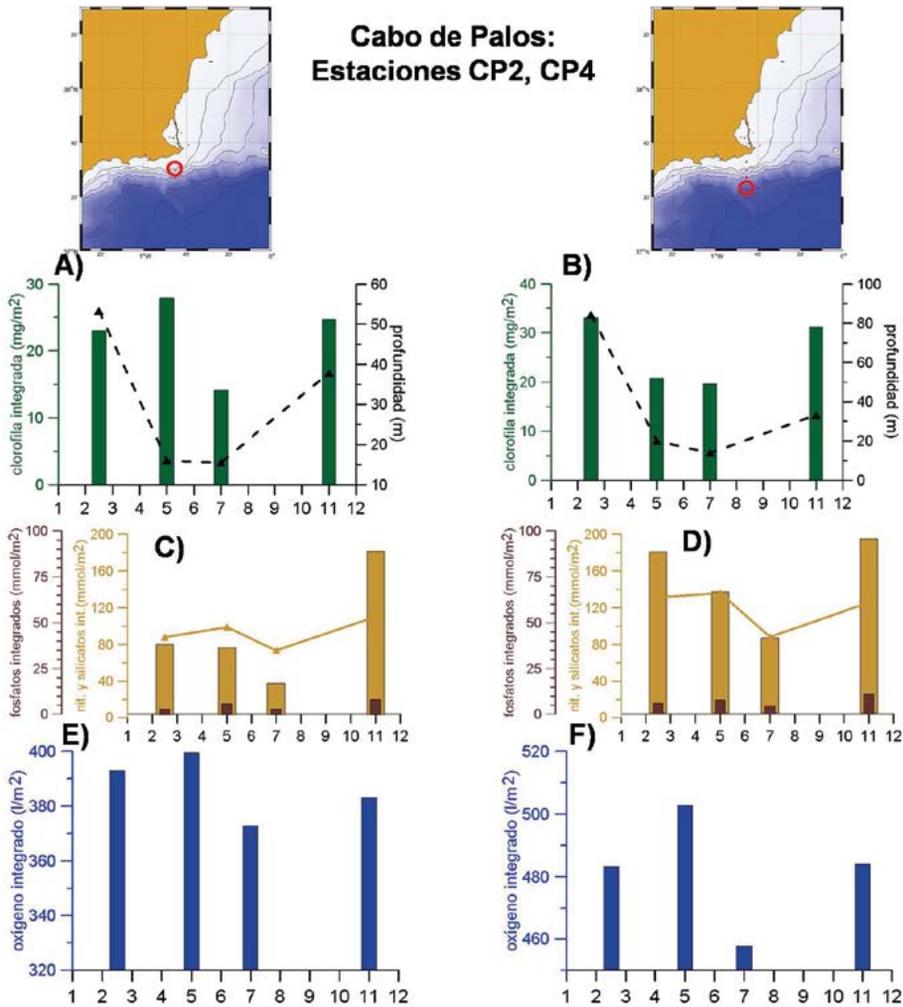


Figura 4.19. Figuras 4.19A y B. Concentraciones de clorofila-a integradas para los 100 m superiores de la columna de agua expresadas en mg/m<sup>2</sup> (barras verdes), profundidad de la capa de mezcla (línea negra discontinua). Fig. 4.19A corresponde a la estación CP2 y 4.19B a la estación CP4. Figuras 4.19C (estación CP2) y 4.19D (estación CP4). Concentraciones de nitratos más nitritos integradas para los 100 m superiores de la columna de agua expresadas en mmol/m<sup>2</sup> (barras marrón claro). Las barras marrón oscuro representan los fosfatos integrados, y las líneas marrón claro los silicatos integrados, también expresados en mmol/m<sup>2</sup>. Las figuras 4.19E (estación CP2) y 4.19F (estación CP4) representan las concentraciones de oxígeno disuelto integradas para los 100 m superiores de la columna de agua y expresadas en l/m<sup>2</sup>.

### Canal de Ibiza: Estaciones C20, C18

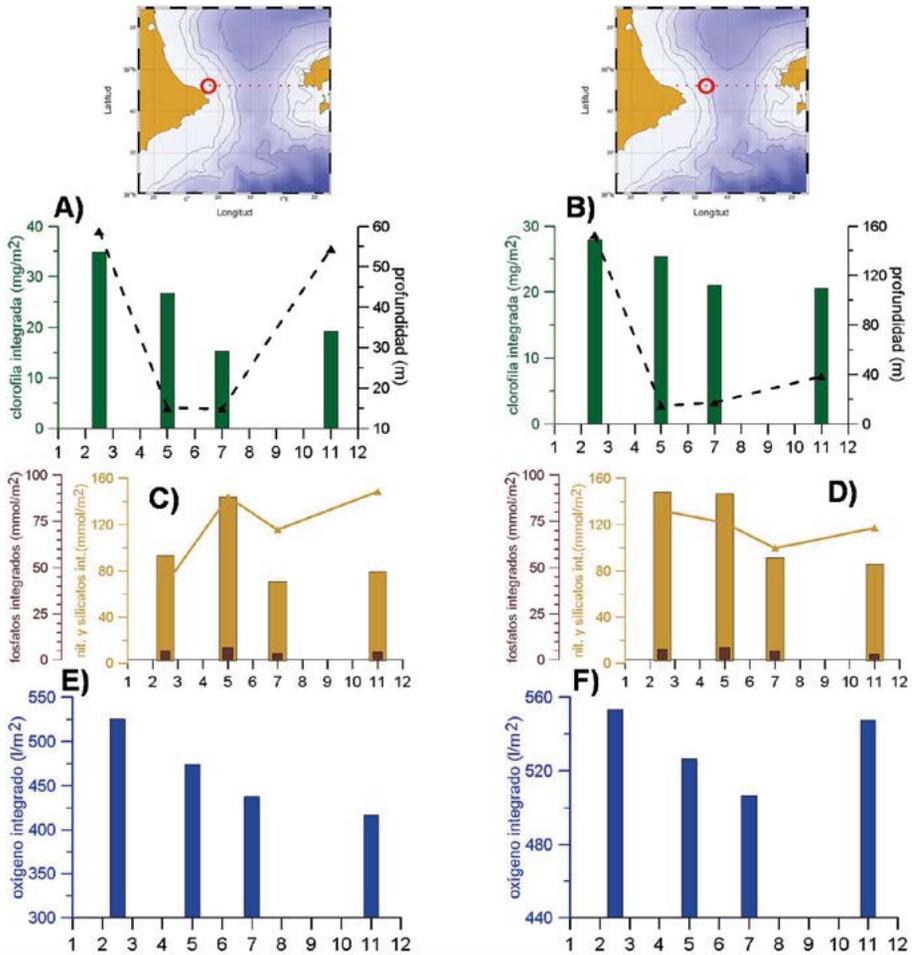


Figura 4.20. Igual que la figura 4.19, pero para las estaciones C20 y C18.

### Radial de Palma: Estación B2

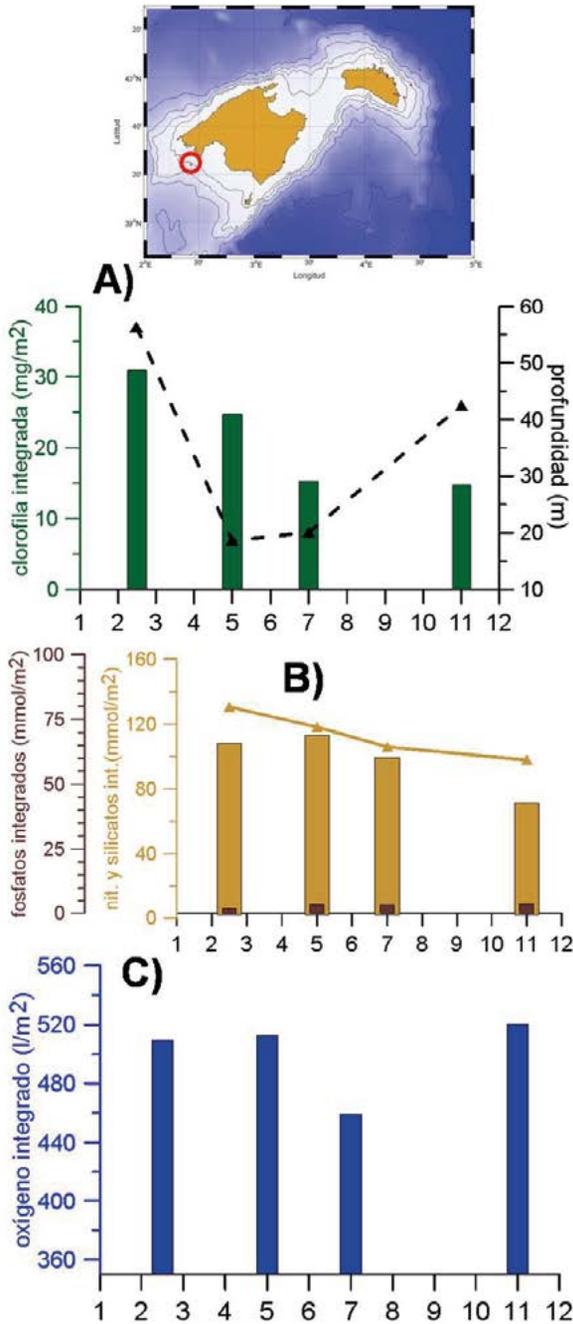


Figura 4.21. Igual que la figura 4.19, pero para la estación B2.

## Mahón: Estaciones MH2, MH4

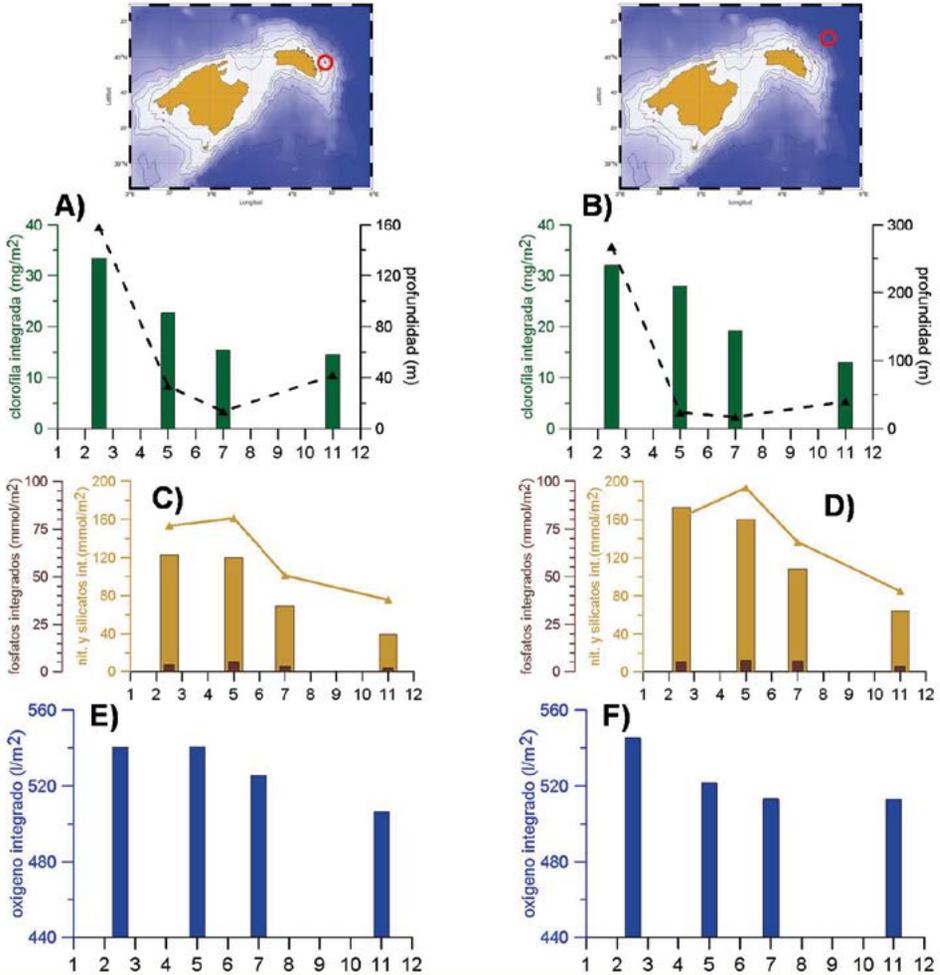


Figura 4.22. Igual que la figura 4.19, pero para las estaciones MH2 y MH4.

## 4.4 Distribuciones fitoplanctónicas

### 4.4.1 Micro-fitoplancton

Las figuras 4.23A, C, E y G muestran las distribuciones verticales de diatomeas (línea verde), dinoflagelados (línea roja) y pequeños flagelados (línea marrón claro) en la estación CP2 de la plataforma de Cabo de Palos para el invierno, primavera, verano y otoño. A lo largo de todo el año y, para casi todas las profundidades, los pequeños flagelados parecen ser el grupo dominante. Las máximas abundancias de este grupo parecen producirse en las capas superficiales,

decreciendo con la profundidad. De invierno a verano las abundancias más altas de este grupo se alcanzan en los 10 primeros metros de la columna de agua con valores de entre 40 y 50 cel./ml. En otoño hay un aumento de los pequeños flagelados en superficie que alcanzan las 81 cel./ml. Las diatomeas son más abundantes en superficie y a 10 m de profundidad en invierno y otoño, cuando el aporte de nutrientes a las capas superficiales parece ser más elevado (62 y 40 cel./ml; nutriclina a 35 m y en superficie respectivamente). Por el contrario, las diatomeas desarrollan un máximo profundo a 50 m en primavera, mientras que en verano su abundancia es mínima en superficie, aumentando ligeramente y de forma continua hasta el fondo. Los dinoflagelados presentan abundancias bajas durante todo el año y en toda la columna de agua con abundancias que no superan las 18 cel./ml. Las estadísticas correspondientes a las distribuciones medias estacionales del micro-fitoplancton en la estación CP2 pueden consultarse en la tabla 4.24.

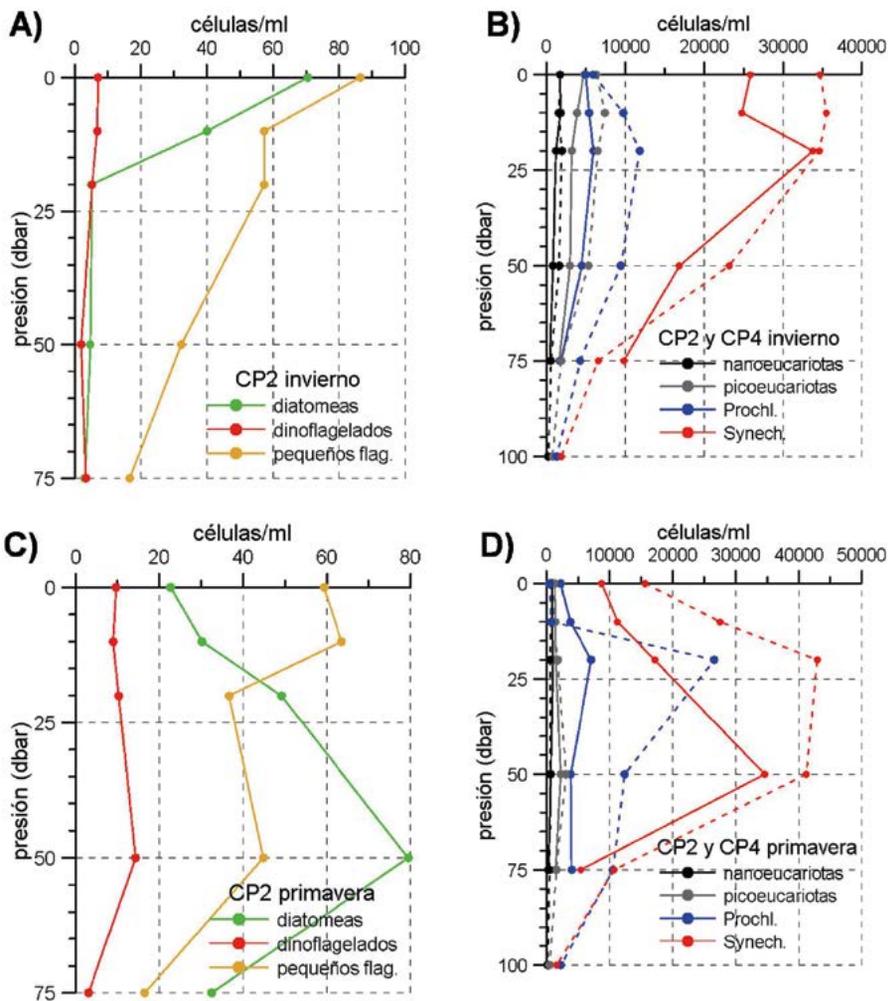


Figura 4.23.

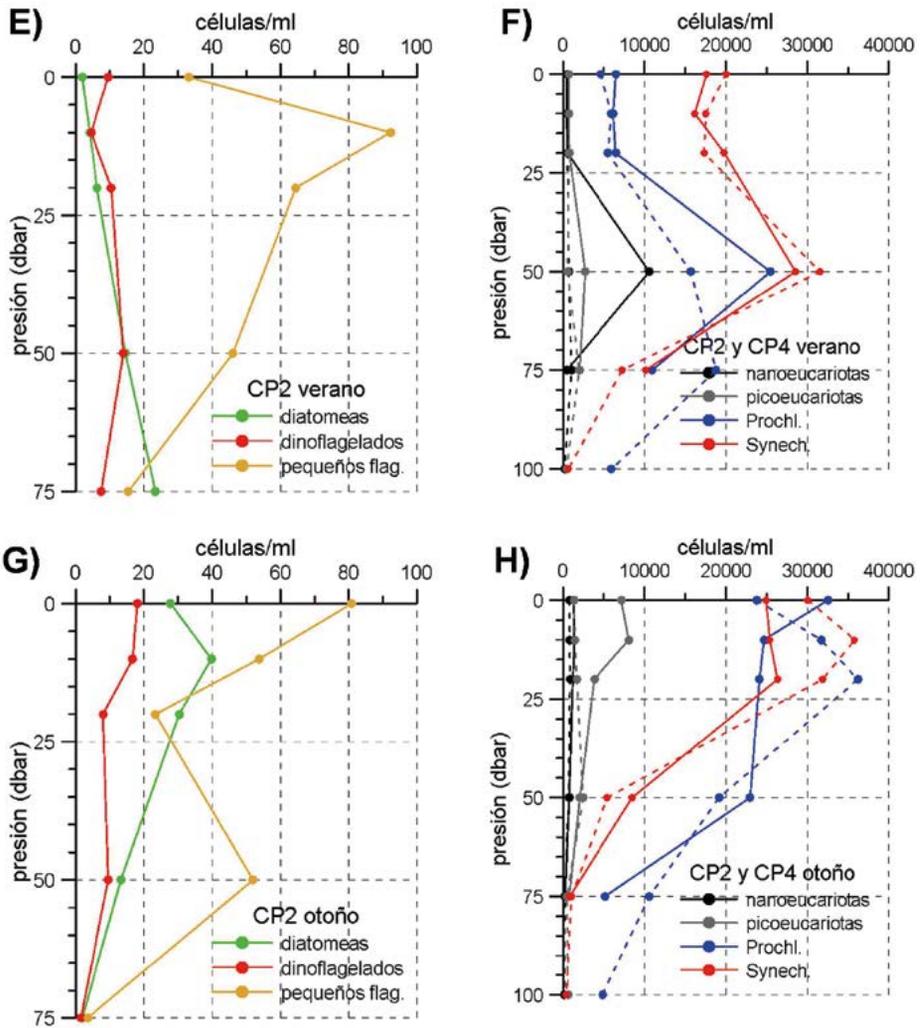
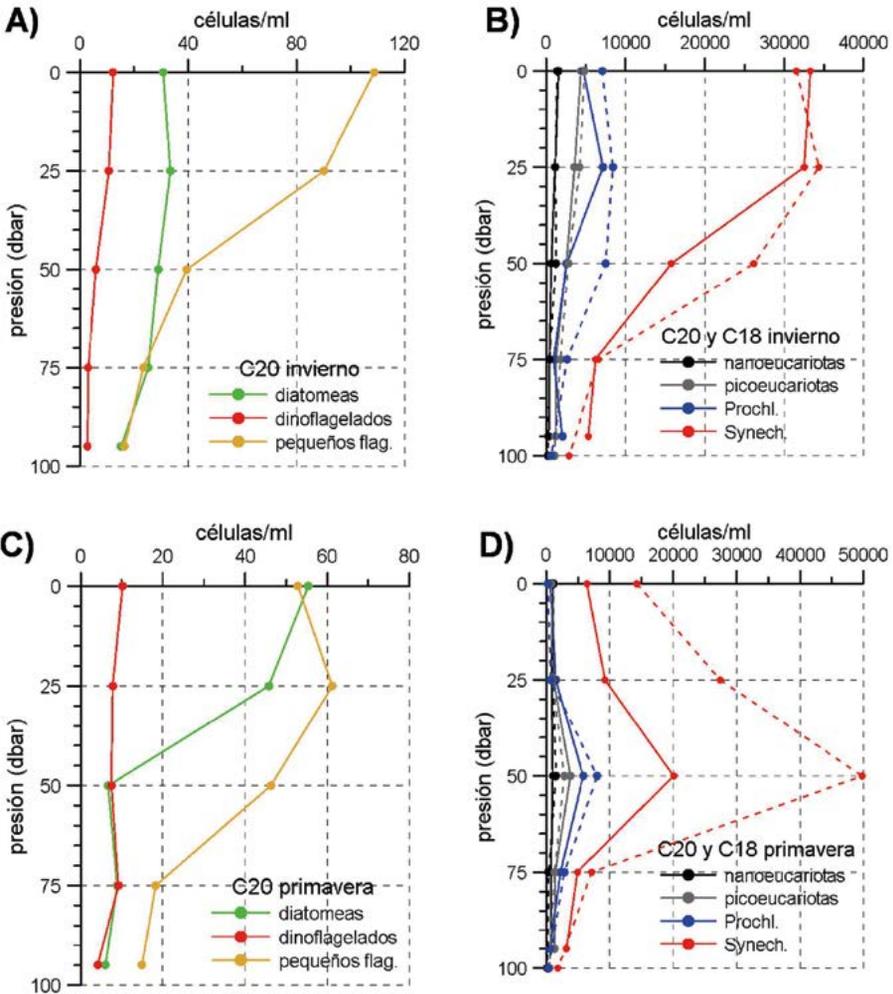


Figura 4.23. Figura 4.23A presenta los perfiles medios verticales de invierno de abundancias de diatomeas (verde), dinoflagelados (rojo) y pequeños flagelados (marrón claro) obtenidos usando todos los perfiles del proyecto RADMED en la estación CP2. La figura 4.23B presenta los perfiles verticales medios de invierno para el nanoplankton eucariota en la estación CP2 (línea negra continua), picoplankton eucariota (línea gris continua), bacterias del género *Prochlorococcus* (línea azul continua) y bacterias del género *Synechococcus* (línea roja continua). Las líneas discontinuas corresponden a la misma estación del año (invierno) y los mismos grupos fitoplanctónicos, pero para la estación CP4. Todas las abundancias se expresan en células por mililitro (cel./ml). Las figuras C, D son iguales pero para la primavera, las figuras E, F corresponden al verano, y las figuras G, H al otoño.

Las figuras 4.24A, C, E y G representan las distribuciones micro-fitoplanctónicas para la estación C20, en el Canal de Ibiza (ver también la tabla 4.25). Nuevamente el grupo dominante durante todo el año y a lo largo de toda la columna de agua son los pequeños flagelados. Estos son más abundantes en la parte superior de la columna de agua, en superficie o a 25 m de profundidad, igual que se observaba en la estación CP2. Las abundancias más elevadas de este grupo pueden estar entre 60 y 100 cel./ml. Las diatomeas presentan sus máximas abundancias en superficie en primavera, cuando pueden alcanzar valores próximos a las 60 cel./ml, mientras que en invierno la distribución vertical es prácticamente homogénea con abundancias en torno a las 35 cel./ml. En verano este grupo desarrolla un máximo profundo a 75 m de profundidad y en otoño la distribución vuelve a ser verticalmente homogénea, pero con valores muy bajos de entre 5 y 10 cel./ml. Nuevamente los dinoflagelados son el grupo menos abundante. Tan solo en verano parecen experimentar un ligero aumento llegando a abundancias próximas a las 20 cel./ml.



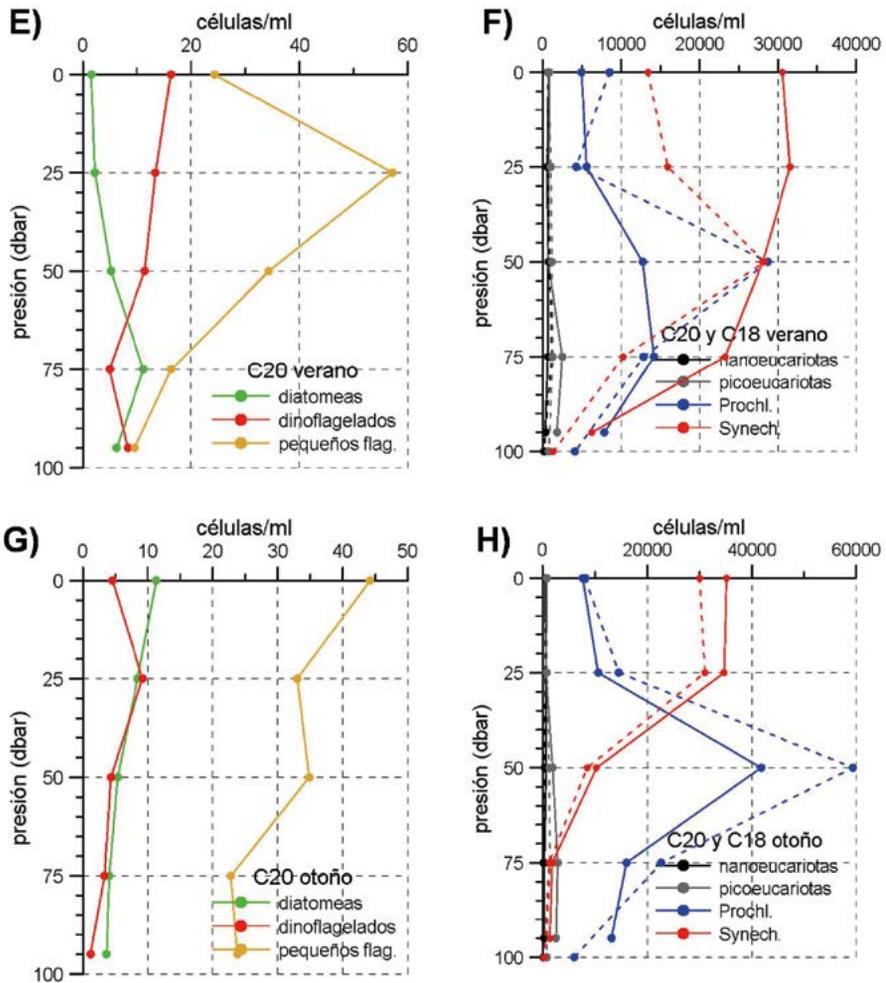
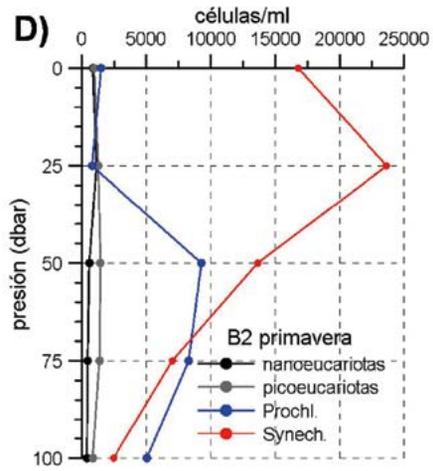
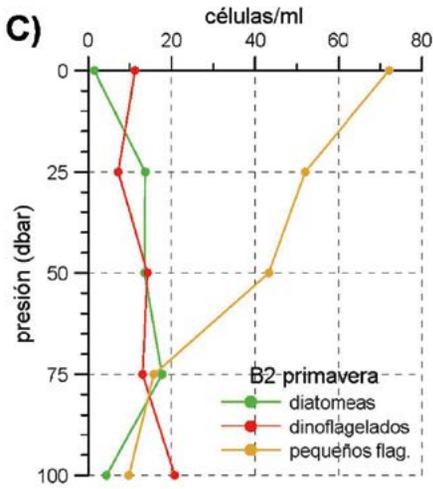
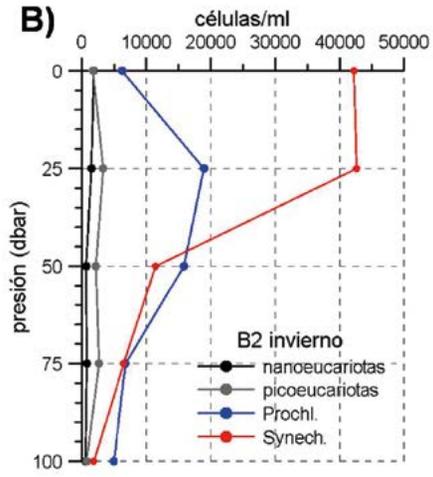
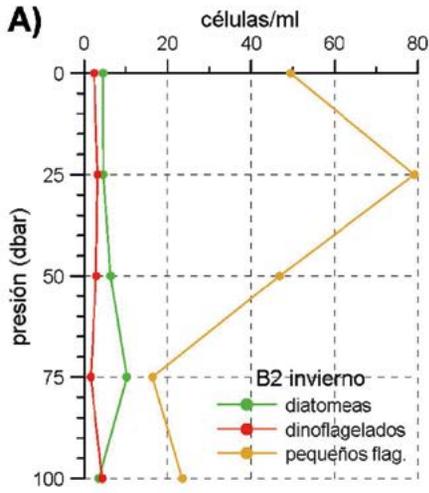


Figura 4.24. Igual que la figura 4.23, pero para las estaciones C20 y C18.

Las distribuciones micro-fitoplanctónicas para la estación B2, al sur de la bahía de Palma de Mallorca se presentan en la figura 4.25. Los rasgos generales de estas distribuciones siguen siendo los mismos con un claro dominio de los pequeños flagelados, con abundancias más altas en los 25 m superiores de la columna de agua que oscilan en este caso entre 40 y 80 cel./ml. Las diatomeas son muy escasas en estas aguas muy oligotróficas, presentando máximos profundos a 75 m en invierno y primavera, 100 m en verano, y entre 50 y 75 m en otoño. No obstante, estos máximos son solo ligeros aumentos de la abundancia, ya que en general ésta no sobrepasa las 10 o 20 cel./ml. Los dinoflagelados superan a las diatomeas durante algunas estaciones del año y en muchas profundidades. Cabe destacar el aumento de su abundancia en verano cuando superan las 20 cel./ml. Las tablas 4.26, 4.27 y 4.28 muestran las estadísticas correspondientes a las distribuciones medias estacionales para el micro-fitoplancton en las estaciones B1, B2 y B3 de la radial de Baleares.



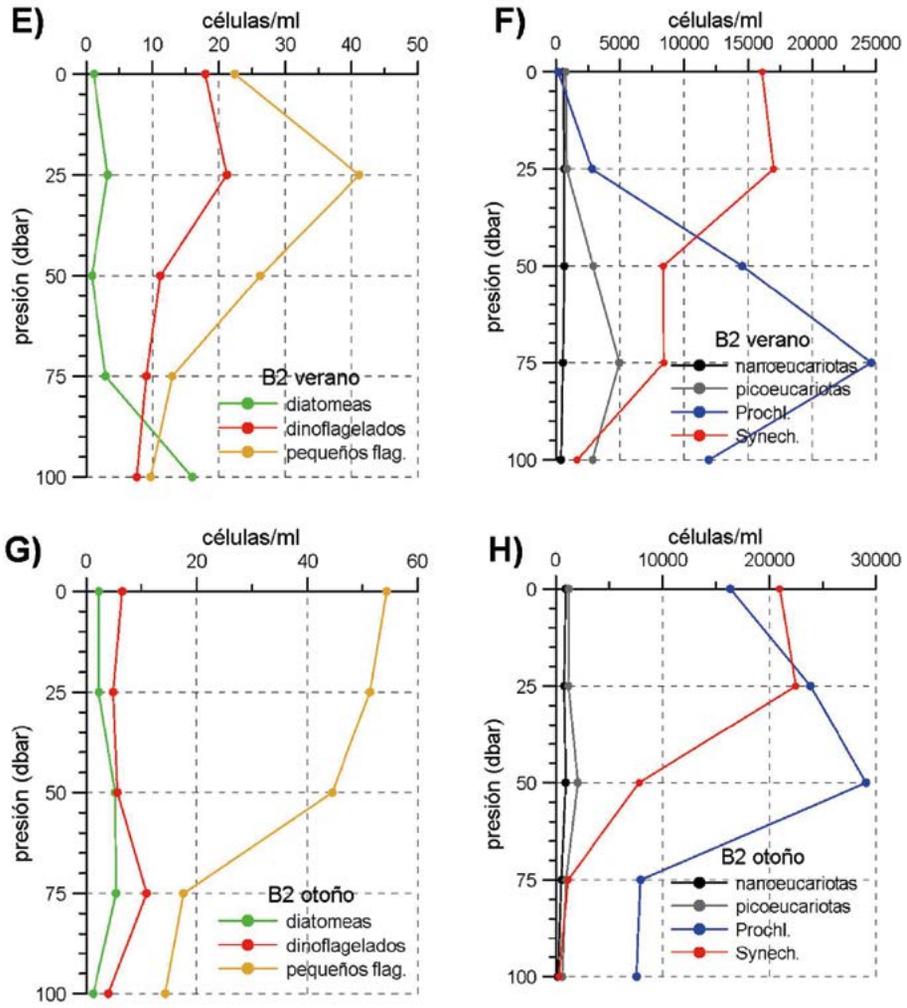
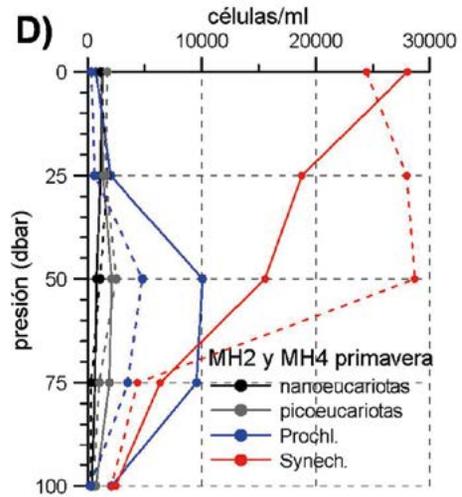
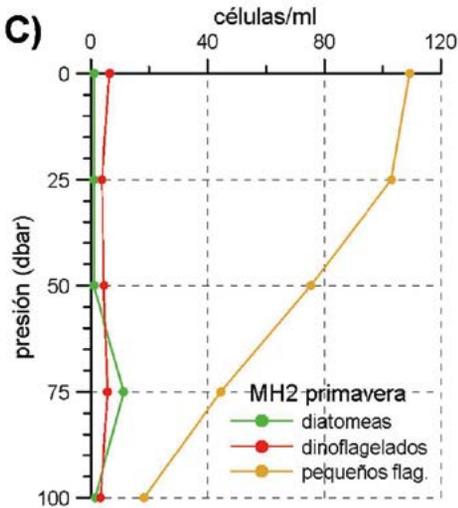
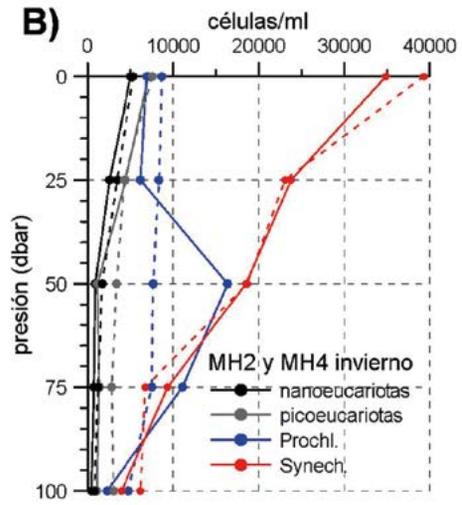
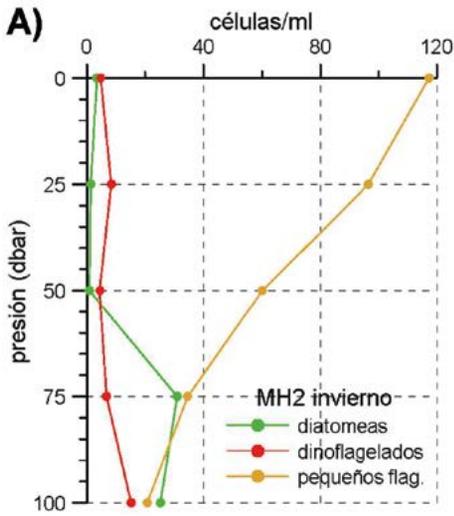


Figura 4.25. Igual que la figura 4.23, pero para la estación B2.



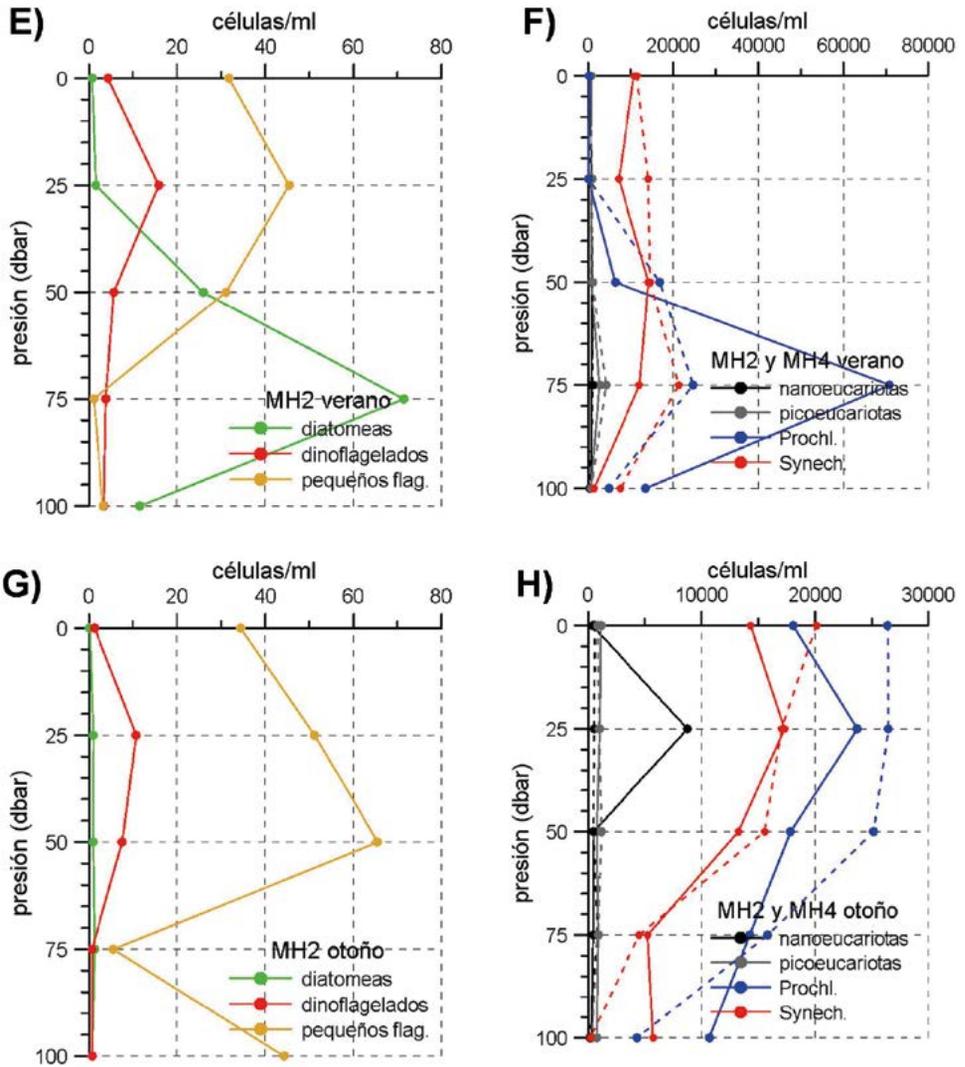


Figura 4.26. Igual que la figura 4.23, pero para las estaciones MH2 y MH4.

Finalmente, la estación MH2 muestra otra vez el dominio de los pequeños flagelados durante todo el año y en todas las profundidades (Fig. 4.26 y tabla 4.28). No obstante, las abundancias de este grupo, especialmente en invierno y primavera, son más altas que en el resto de las estaciones oceanográficas, alcanzando las 120 cel./ml en superficie. Las diatomeas son especialmente escasas en esta estación durante todo el año, y los dinoflagelados vuelven a mostrar un ligero incremento en verano y otoño.

La importancia relativa de los distintos grupos taxonómicos del micro-fitoplancton en la zona de Cabo de Palos e Islas Baleares queda puesta de manifiesto en las figuras 4.27 a 4.30. En dichas figuras se han integrado verticalmente las abundancias de diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados, expresándose en porcentajes respecto del total.

En invierno, el grupo más abundante en todas las estaciones son los pequeños flagelados, seguidos por las diatomeas. Cabo de Palos es el lugar donde las diatomeas presentan una mayor abundancia relativa en esta estación del año, decreciendo su importancia hacia el norte. En primavera las diatomeas se convierten en el grupo más abundante en Cabo de Palos. Este grupo también experimenta un considerable aumento en la estación C20 del Canal de Ibiza, aunque los pequeños flagelados siguen siendo el grupo más numeroso, al igual que lo son en la estación B2 de Baleares y en MH2. Hay que señalar también el incremento de los dinoflagelados en la estación B2. En verano, las diatomeas son el grupo más abundante en la estación MH2 de la radial de Mahón, mientras que los pequeños flagelados dominan en el resto de la zona de estudio. Nuevamente se observa un aumento de los dinoflagelados en la estación B2 al sur de Mallorca. Finalmente, en otoño las diatomeas vuelven a ser el grupo más abundante en Cabo de Palos, siendo los pequeños flagelados el grupo que domina la comunidad micro-fitoplanctónica en el resto de las estaciones oceanográficas.

Hay que señalar que, además de cambios en las contribuciones relativas de cada grupo al conjunto de la población, también se producen a lo largo del año variaciones en las abundancias totales de células micro-fitoplanctónicas. Así, el número total de células es mínimo en verano, con abundancias que oscilan según la estación oceanográfica entre  $85 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup> (MH2) y  $198 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup> (CP2). Las abundancias totales más altas se producen en invierno, con la única excepción de la estación B2 que presenta las máximas abundancias en primavera. Estos valores pueden oscilar entre  $247 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup> en B2 y  $388 \times 10^6$  cel./m<sup>2</sup> en MH2.

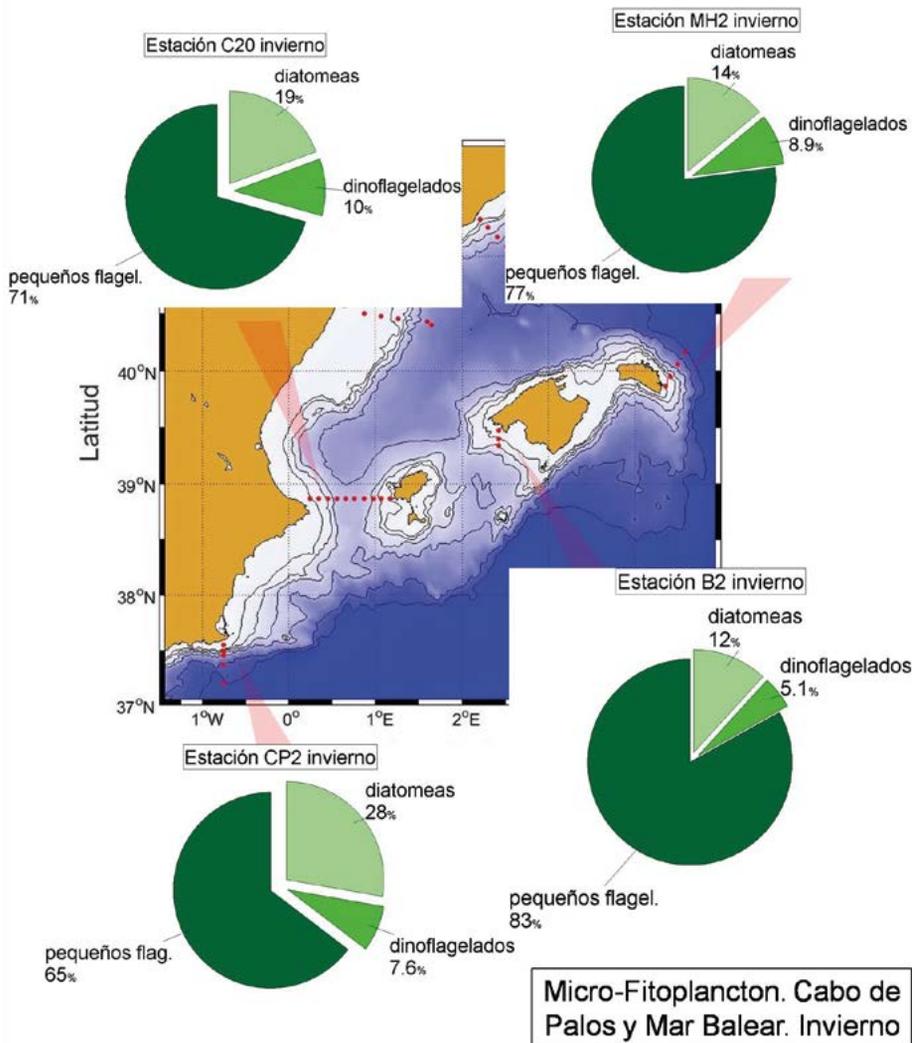


Figura 4.27. Importancia relativa durante el invierno de los grupos micro-fitoplanctónicos: diatomeas (verde claro), dinoflagelados (verde) y pequeños flagelados (verde oscuro) para las estaciones de la plataforma continental de Cabo de Palos y Mar Balear: CP2, C20, B2 y MH2.

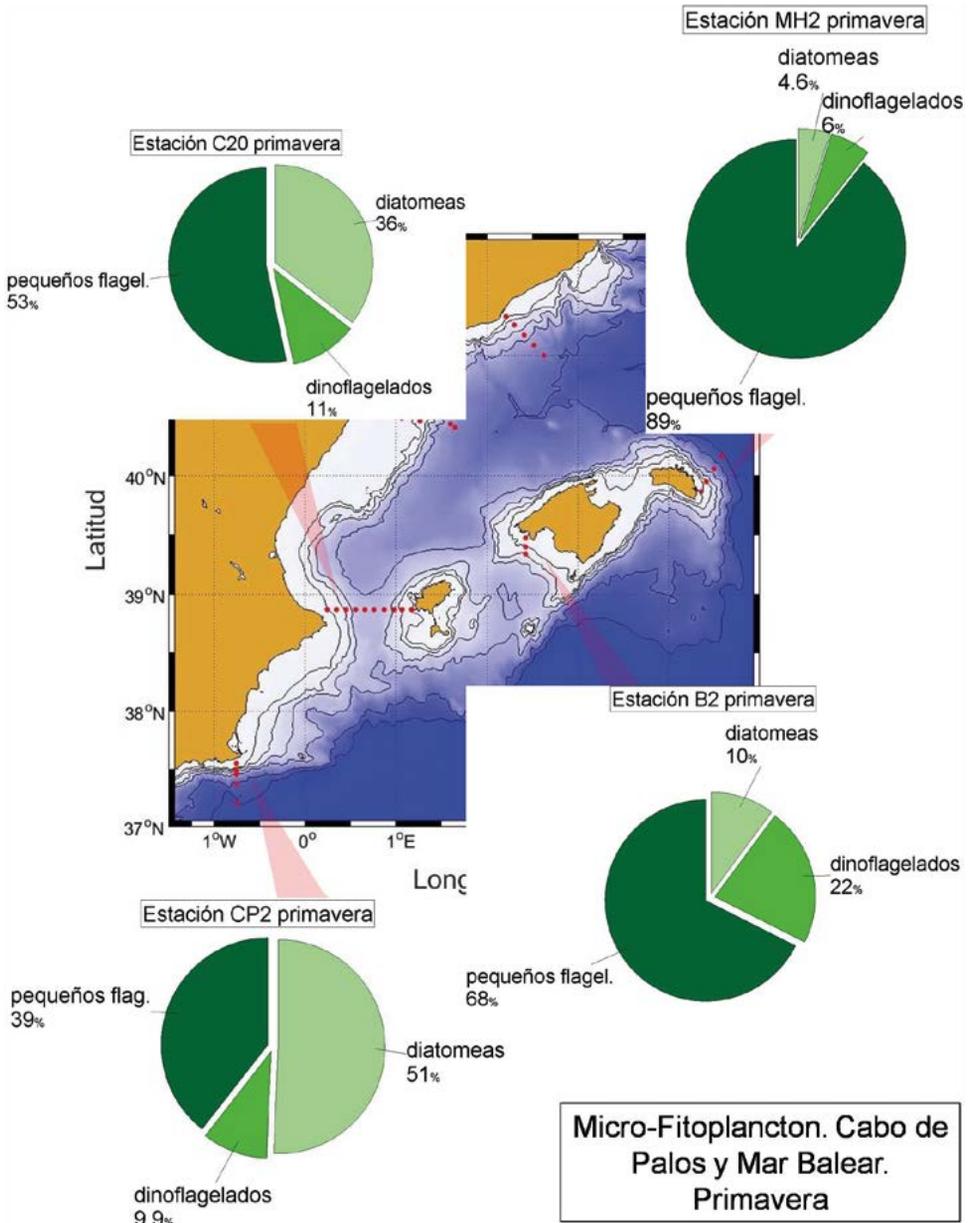


Figura 4.28. Igual que la figura 4.27, pero para la primavera.

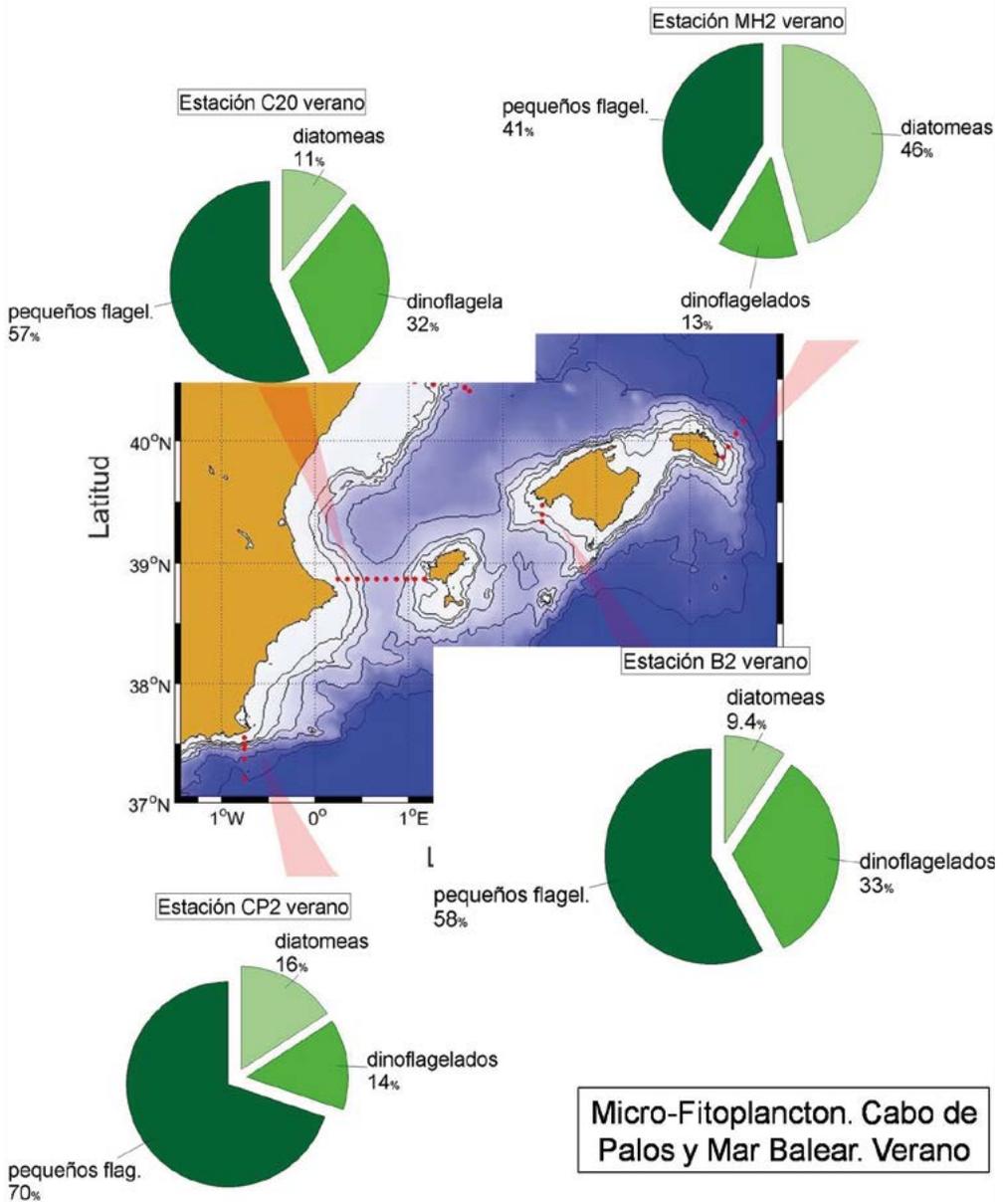


Figura 4.29. Igual que la figura 4.27, pero para el verano.

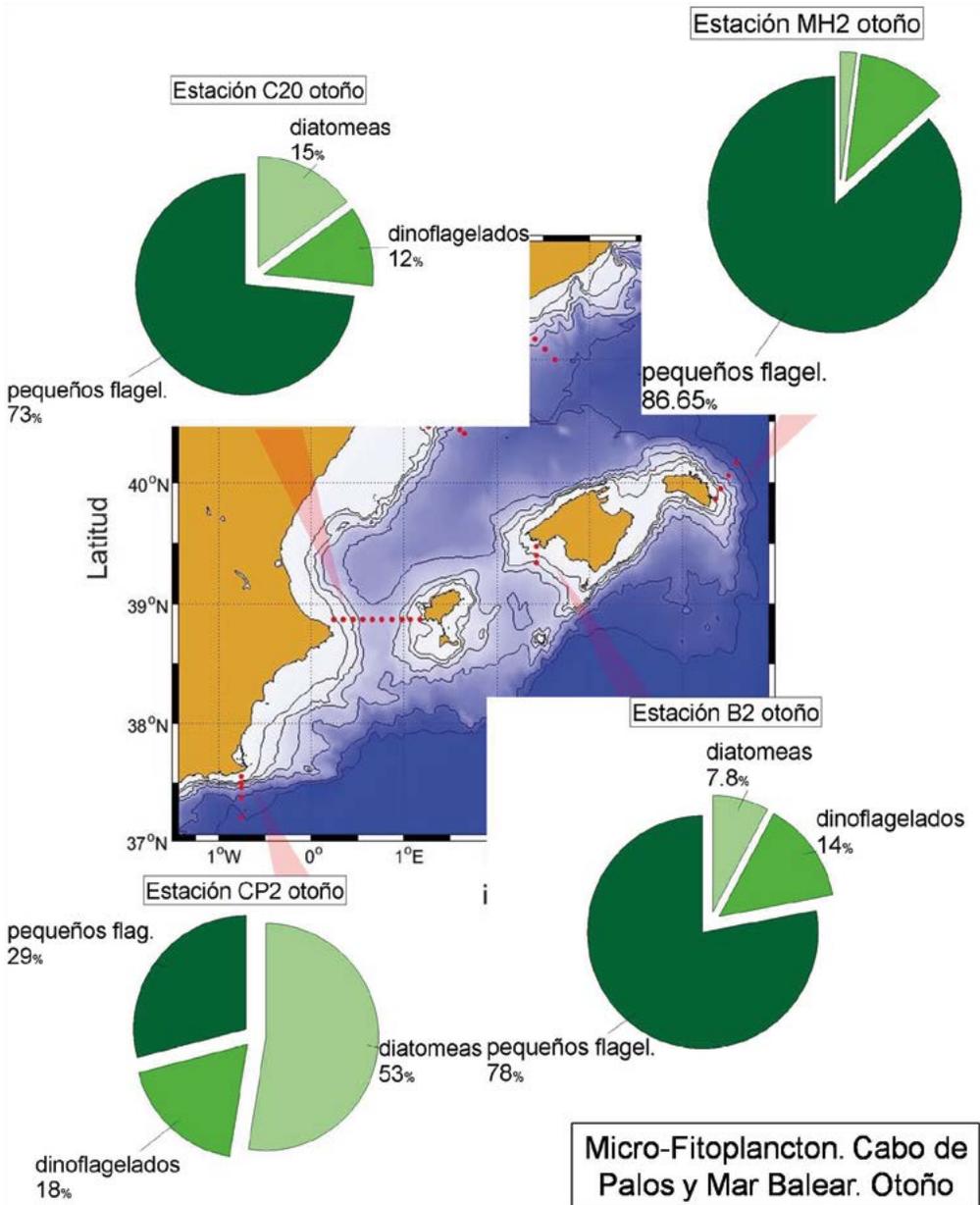


Figura 4.30. Igual que la figura 4.27, pero para el otoño.

#### 4.4.2 Nano y picoplancton

Como ya se explicó en los capítulos anteriores, la abundancia de células nanoeucariotas (2 a 20  $\mu\text{m}$  DEE) y picoeucariotas y picoprocariontas (0,2 a 2  $\mu\text{m}$  DEE) son analizadas por citometría de flujo tanto en las estaciones de plataforma, que en este caso son CP2, C20, B2 y MH2, como en las estaciones del talud continental: CP4, C18 y MH4, (las tres estaciones de la radial de Baleares, B están sobre la plataforma).

Las figuras 4.23B, D, F y H muestran las distribuciones verticales del nano y picoplancton en las estaciones CP2 (líneas continuas) y CP4 (líneas discontinuas). Las estadísticas correspondientes se presentan en las tablas 4.30 y 4.31. En estas estaciones, el grupo menos abundante es el formado por las células nanoeucariotas, con abundancias que no suelen superar las 5.000 cel./ml. El grupo de los picoeucariotas es el siguiente en abundancia, aunque los valores medios para este grupo siguen siendo del orden de  $10^3$  cel./ml. A continuación encontramos las bacterias fotoautótrofas del género *Prochlorococcus*, con abundancias en torno a las 10.000 cel./ml, y finalmente las del género *Synechococcus*, cuyas abundancias máximas alcanzan en esta estación oceanográfica las 40.000 cel./ml. En la radial de Cabo de Palos parece que *Prochlorococcus* tiene una distribución más profunda (Moore et al., 1995), con tendencia a desarrollar máximos profundos en torno a 50 e incluso 75 m de profundidad, mientras que *Synechococcus* tiene preferencia por las aguas más someras (0-25 m). Sin embargo, esta tendencia no es del todo clara en esta radial, pues *Synechococcus* muestra en verano un máximo profundo a 50 m. No parecen existir diferencias claras entre la estación de plataforma y la de talud.

Las figuras 4.24B, D, F y H muestran las distribuciones verticales del nano y picoplancton en las estaciones del Canal de Ibiza, C20 (líneas continuas) y C18 (líneas discontinuas). Los valores estadísticos se recogen en las tablas 4.32 y 4.33.

En la radial del Canal de Ibiza los rasgos generales se asemejan mucho a los descritos para la radial de Cabo de Palos. Nuevamente las células eucariotas, tanto del nano como del picoplanctónicas, presentan abundancias un orden de magnitud inferior a las procariontas. Entre estas últimas, en este caso no podemos establecer cuál de los dos géneros es el más abundante, pues en unos casos se trata de *Prochlorococcus* y en otros de *Synechococcus*. Igualmente no pueden establecerse con claridad diferencias entre la estación C20 (plataforma) y la C18 (talud). Sí parece confirmarse la tendencia de que *Prochlorococcus* tiene una distribución más profunda que *Synechococcus*. Por ejemplo, *Synechococcus* tiene abundancias máximas de alrededor de 30.000 cel./ml en verano en superficie y a 50 m (según consideremos C20 o C18), mientras que *Prochlorococcus* muestra valores máximos de entre 10.000 y 30.000 cel./ml a 50 y 75 m de profundidad. En otoño, *Synechococcus* vuelve a mostrar las abundancias más altas desde la superficie hasta los primeros 25 m de profundidad (entre 30.000 y 35.000 cel./ml), mientras que las abundancias máximas de *Prochlorococcus* se producen a 50 m de profundidad.

En la estación B2 (fig. 4.25B, D, F y H y tabla 4.34), al sur de Palma de Mallorca, las diferencias entre unos y otros grupos se hacen más claras. El pico y nanoplancton eucariota presentan abundancias mucho más bajas que el procarionta y claramente inferiores a las observadas en las radiales anteriores, con abundancias que rara vez sobrepasan las 3.000 cel./ml. Las abundancias máximas de *Prochlorococcus* y *Synechococcus* están entre 20.000 y 30.000 cel./ml, produciéndose, en el caso de *Synechococcus*, en superficie en invierno, a 25 m de profundidad en primavera, y entre la superficie y 25 m de profundidad en verano y otoño. *Prochlorococcus*

es más abundante entre 25 y 50 m en invierno, entre 50 y 75 m en primavera, y a 50 y 75 m de profundidad en verano y otoño respectivamente, confirmándose en la estación B2 la tendencia de este segundo grupo de procariotas a distribuirse en aguas más profundas que las ocupadas por *Synechococcus*.

En la radial de Mahón (fig. 4.26B, D, F y H, MH2 líneas continuas y MH4 líneas discontinuas) los grupos pico y nanoeucariotas presentan en invierno abundancias más elevadas que en las demás estaciones oceanográficas, alcanzando valores del orden de 5.000 cel./ml e incluso superiores. Sin embargo, el resto del año las abundancias vuelven a ser parecidas a las del resto de la zona geográfica de estudio, con valores muy homogéneos en toda la columna de agua y en torno a 1.000 cel./ml, con la única excepción de una fuerte subida del picoplancton eucariota en MH2 en otoño y a 50 m de profundidad. Las abundancias de *Prochlorococcus* y *Synechococcus* muestran valores máximos de entre 15.000 y 25.000 cel./ml. Como ya hemos descrito, la distribución de *Synechococcus* es más somera que la de *Prochlorococcus*, salvo en otoño, cuando ambos grupos muestran los valores más altos en superficie, decreciendo hacia el fondo. Las estadísticas correspondientes a estas estaciones se presentan en las tablas 4.35 y 4.36.

## 4.5 Abundancia y biomasa meso-zooplanctónicas

En el caso del Mar de Alborán se dispone de series más largas de abundancia y biomasa meso-zooplanctónica procedentes del anterior proyecto ECOMÁLAGA en las radiales P, M y V. Sin embargo, en la parte peninsular del levante español, toda la información disponible procede del proyecto RADMED, habiéndose producido numerosos problemas de disponibilidad de personal. Por ello las series actuales son cortas y presentan numerosos huecos, siendo difícil establecer los ciclos estacionales para estas radiales. Lo mismo sucede con la radial de Mahón.

Con objeto de completar la información de esta zona geográfica y poder establecer algún tipo de comparación con el Mar de Alborán, se ha tomado la tabla 1 del trabajo de Fernández de Puelles et al. (2007) en el que se ofrecen las abundancias para los principales grupos zooplanctónicos usados en el presente trabajo (tabla 4.37 en el presente trabajo). Igualmente, a partir de la información recogida en dicha tabla se ha realizado la figura 4.31, donde se presentan las abundancias relativas de los principales grupos meso-zooplanctónicos en la estación B1 de Baleares durante las cuatro estaciones del año. En esta figura se aprecia que los copépodos son el grupo más abundante durante todo el año, siendo sus abundancias superiores al 50 % en todos los casos. Los siguientes grupos con abundancias superiores al 5 % son apendicularias, doliólidos y cladóceros. De igual forma que ocurría en el caso del Mar de Alborán, se produce un importante aumento de los cladóceros en primavera y, sobre todo, en verano, cuando llegan a ser el segundo grupo más abundante. Según Fernández de Puelles et al. (2007) la biomasa zooplanctónica media anual es de 5,4 mg/m<sup>3</sup>, siendo máxima en abril (6,4 mg/m<sup>3</sup>) y mínima en agosto (4 mg/m<sup>3</sup>).

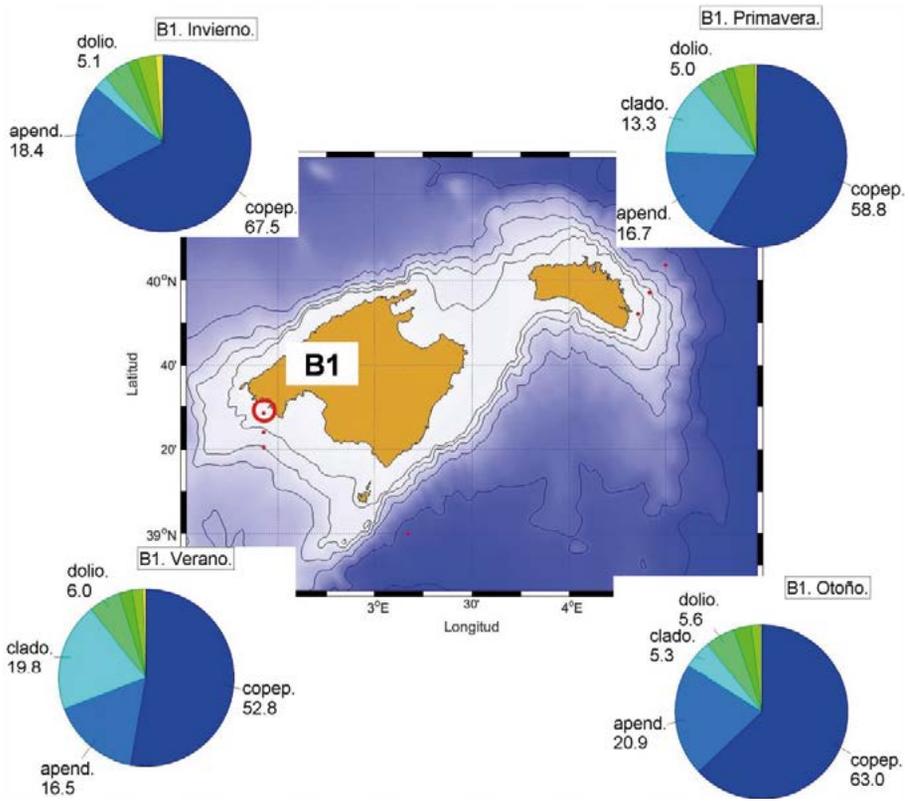


Figura 4.31. Importancia relativa de las abundancias de los principales grupos meso-zooplanciónicos durante las cuatro estaciones del año en la estación B1 de la radial de Baleares. El diagrama en la esquina superior izquierda corresponde al invierno, el de la esquina superior derecha a la primavera, inferior izquierda al verano e inferior derecha al otoño. Los grupos representados son: Copépodos, apendicularias, cladóceros, doliólidos, quetognatos, ostrácodos, sifonóforos y escifozoos. Por la claridad de la figura, solo se incluyen los porcentajes de los grupos que superan el 5 %. Este gráfico se ha confeccionado a partir de los datos de la tabla 1 de Fernández de Puelles et al., 2007.

### 4.6 Tablas. Estadísticas estacionales de Cabo de Palos y Baleares

Tabla 4.1. Valores medios de temperatura potencial y salinidad a lo largo de la columna de agua para la estación CP2. Para cada estación del año, invierno, primavera, verano y otoño, se presentan el valor medio, la desviación estándar, y el número de datos usados para el cálculo del promedio estacional.

Prof.	Estación CP2 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.18	0.73	6	17.09	1.58	6	25.34	0.61	6	20.30	2.29	7
10	14.09	0.67	6	16.92	1.54	6	25.19	0.72	6	20.23	2.41	7
15	14.00	0.63	6	16.48	1.51	6	23.89	1.46	6	20.20	2.44	7
20	13.90	0.61	6	16.11	1.53	6	22.89	1.55	6	19.84	2.69	7
25	13.82	0.62	6	15.79	1.45	6	20.26	1.74	6	19.75	2.78	7
30	13.80	0.63	6	15.25	1.47	6	18.07	2.20	6	19.62	2.90	7
35	13.78	0.63	6	14.89	1.36	6	16.81	1.57	6	19.33	3.01	7
40	13.78	0.66	6	14.64	1.31	6	16.25	1.18	6	18.59	2.85	7
45	13.73	0.59	6	14.31	1.05	6	15.64	0.74	6	17.70	2.26	7
50	13.69	0.56	6	14.07	0.90	6	15.11	0.55	6	16.98	1.95	7
75	13.49	0.46	5	13.30	0.13	5	13.69	0.28	4	14.77	1.31	6

Prof.	Estación CP2 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.70	0.33	6	37.74	0.24	6	37.43	0.20	6	37.28	0.50	7
10	37.76	0.31	6	37.77	0.21	6	37.48	0.20	6	37.29	0.49	7
15	37.82	0.28	6	37.82	0.18	6	37.57	0.37	6	37.29	0.49	7
20	37.89	0.25	6	37.87	0.17	6	37.70	0.25	6	37.28	0.51	7
25	37.96	0.23	6	37.92	0.15	6	37.69	0.27	6	37.31	0.50	7
30	37.99	0.22	6	37.96	0.14	6	37.75	0.27	6	37.33	0.49	7
35	38.01	0.20	6	38.00	0.13	6	37.86	0.15	6	37.43	0.44	7
40	38.05	0.14	6	38.04	0.13	6	37.89	0.13	6	37.43	0.44	7
45	38.08	0.11	6	38.05	0.12	6	37.92	0.11	6	37.49	0.42	7
50	38.09	0.09	6	38.08	0.11	6	37.99	0.08	6	37.60	0.37	7
75	38.15	0.06	5	38.16	0.08	5	38.11	0.04	4	38.02	0.11	6

Tabla 4.2. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación CP4.

Estación CP4. (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.41	0.46	7	17.32	1.15	6	24.84	1.20	6	21.09	2.09	6
10	14.37	0.45	7	16.89	1.03	6	24.50	0.94	6	20.64	2.23	7
15	14.29	0.46	7	16.61	0.98	6	22.90	0.90	6	20.66	2.20	7
20	14.23	0.49	7	16.18	1.17	6	21.01	0.91	6	20.68	2.16	7
25	14.14	0.53	7	15.88	1.30	6	18.96	0.92	6	20.16	2.51	7
30	14.08	0.51	7	15.39	1.03	6	17.58	0.47	6	18.75	2.93	7
35	14.02	0.51	7	14.97	0.78	6	16.73	0.51	6	18.21	3.27	7
40	13.95	0.50	7	14.54	0.66	6	15.97	0.50	6	17.93	3.44	7
45	13.92	0.50	7	14.31	0.56	6	15.40	0.43	6	17.29	2.89	7
50	13.91	0.53	7	14.13	0.45	6	14.96	0.34	6	16.40	1.93	7
75	13.67	0.44	7	13.61	0.37	6	13.89	0.28	6	14.54	0.54	7
100	13.48	0.41	6	13.34	0.24	6	13.48	0.25	6	13.83	0.26	7
150	13.30	0.31	6	13.20	0.15	6	13.21	0.22	6	13.33	0.27	7
200	13.24	0.26	6	13.20	0.11	6	13.19	0.18	6	13.25	0.17	7
300	13.20	0.16	6	13.30	0.06	6	13.23	0.03	6	13.31	0.09	7
400	13.23	0.04	6	13.25	0.02	6	13.22	0.03	6	13.25	0.06	7
500	13.18	0.03	6	13.20	0.03	6	13.15	0.04	6	13.18	0.05	7
600	13.12	0.03	6	13.14	0.03	6	13.09	0.03	6	13.11	0.04	7
700	13.08	0.03	6	13.08	0.03	6	13.05	0.02	6	13.06	0.05	7
800	13.04	0.03	6	13.04	0.02	6	13.02	0.02	6	13.02	0.04	7
900	13.02	0.03	6	13.00	0.02	6	12.98	0.02	6	12.98	0.02	7
1000	13.00	0.03	6	12.97	0.02	6	12.95	0.02	6	12.95	0.02	7
1200	12.95	0.03	6	12.93	0.01	6	12.91	0.02	6	12.91	0.02	7
1400	12.92	0.03	6	12.90	0.02	5	12.89	0.03	6	12.89	0.02	7
1600	12.90	0.02	6	12.89	0.02	5	12.88	0.03	6	12.88	0.02	7
1800	12.89	0.02	6	12.89	0.01	5	12.88	0.02	6	12.89	0.02	7
2000	12.89	0.01	4	12.88	0.01	3	12.86	0.01	2	12.89	0.01	5

Estación CP4 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.58	0.30	7	37.43	0.25	6	37.19	0.21	6	37.31	0.55	6
10	37.61	0.28	7	37.49	0.23	6	37.24	0.24	6	37.27	0.51	7
15	37.66	0.25	7	37.54	0.23	6	37.33	0.23	6	37.29	0.51	7
20	37.74	0.22	7	37.60	0.22	6	37.42	0.24	6	37.31	0.51	7
25	37.82	0.25	7	37.67	0.22	6	37.47	0.32	6	37.29	0.53	7
30	37.86	0.25	7	37.75	0.22	6	37.66	0.24	6	37.32	0.51	7
35	37.91	0.24	7	37.82	0.19	6	37.75	0.20	6	37.38	0.45	7
40	37.95	0.22	7	37.92	0.17	6	37.79	0.17	6	37.45	0.41	7
45	37.98	0.20	7	37.96	0.16	6	37.87	0.16	6	37.47	0.34	7
50	38.02	0.17	7	37.98	0.15	6	37.93	0.12	6	37.48	0.30	7
75	38.15	0.09	7	38.13	0.05	6	38.09	0.06	6	37.86	0.17	7

Estación CP4 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
100	38.18	0.05	6	38.17	0.03	6	38.16	0.04	6	38.12	0.07	7
150	38.28	0.06	6	38.26	0.06	6	38.26	0.04	6	38.25	0.06	7
200	38.35	0.08	6	38.34	0.05	6	38.36	0.05	6	38.35	0.05	7
300	38.45	0.07	6	38.49	0.02	6	38.48	0.02	6	38.50	0.02	7
400	38.51	0.01	6	38.52	0.01	6	38.52	0.01	6	38.53	0.01	7
500	38.52	0.01	6	38.53	0.01	6	38.52	0.01	6	38.53	0.01	7
600	38.52	0.01	6	38.52	0.01	6	38.51	0.01	6	38.52	0.01	7
700	38.51	0.01	6	38.51	0.01	6	38.51	0.01	6	38.51	0.01	7
800	38.51	0.01	6	38.50	0.01	6	38.50	0.01	6	38.50	0.01	7
900	38.50	0.01	6	38.50	0.01	6	38.49	0.00	6	38.49	0.01	7
1000	38.50	0.01	6	38.49	0.01	6	38.49	0.01	6	38.49	0.01	7
1200	38.49	0.01	6	38.48	0.00	6	38.48	0.01	6	38.48	0.01	7
1400	38.48	0.01	6	38.48	0.00	5	38.47	0.01	6	38.47	0.01	7
1600	38.48	0.01	6	38.48	0.00	5	38.47	0.01	6	38.47	0.01	7
1800	38.48	0.01	6	38.48	0.00	5	38.47	0.01	6	38.48	0.01	7
2000	38.48	0.00	4	38.48	0.00	3	38.47	0.00	2	38.48	0.01	5

Tabla 4.3. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación C20.

Estación C20 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.65	0.76	13	19.04	2.25	20	24.60	0.87	8	20.85	2.19	9
10	13.60	0.72	13	18.32	2.07	20	24.41	0.91	8	20.87	2.06	10
15	13.54	0.69	13	17.50	1.92	20	21.54	1.72	8	20.88	2.07	10
20	13.46	0.65	13	16.35	1.76	20	20.09	2.04	8	20.55	2.01	10
25	13.39	0.62	13	15.49	1.64	20	18.49	2.07	8	20.38	2.10	10
30	13.36	0.60	13	14.77	1.06	20	17.28	1.49	8	20.02	2.15	10
35	13.32	0.58	13	14.46	1.00	20	16.38	1.24	8	19.11	2.00	9
40	13.24	0.56	13	14.19	0.89	20	15.81	1.08	8	18.57	2.01	9
45	13.22	0.56	13	13.80	0.56	19	15.39	0.85	8	17.96	2.22	9
50	13.20	0.52	13	13.67	0.50	20	15.08	0.76	8	17.06	1.61	9
75	13.05	0.50	13	13.30	0.30	20	14.01	0.64	8	15.44	1.86	9

Estación C20 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	38.06	0.11	12	37.78	0.24	20	37.71	0.39	8	37.91	0.28	9
10	38.07	0.10	12	37.83	0.25	20	37.70	0.39	8	37.91	0.26	10
15	38.08	0.09	12	37.88	0.16	19	37.69	0.30	8	37.91	0.26	10
20	38.06	0.11	13	37.91	0.14	19	37.76	0.25	8	37.91	0.26	10
25	38.07	0.10	13	37.95	0.14	19	37.77	0.25	8	37.95	0.24	10
30	38.08	0.09	13	38.01	0.11	19	37.74	0.26	8	37.96	0.21	10
35	38.08	0.08	13	38.03	0.11	20	37.79	0.26	8	37.90	0.34	9
40	38.09	0.08	13	38.05	0.10	20	37.85	0.26	8	37.93	0.22	9
45	38.10	0.07	13	38.06	0.10	20	37.89	0.24	8	37.97	0.13	9
50	38.11	0.07	13	38.06	0.14	20	37.95	0.22	8	37.97	0.10	9
75	38.12	0.07	13	38.11	0.11	20	38.10	0.07	8	38.06	0.04	9

Tabla 4.4. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación C18.

Estación C18 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.93	0.67	11	18.96	2.26	20	24.77	0.95	8	20.72	2.31	11
10	13.69	0.74	13	18.27	1.88	20	24.69	0.93	8	20.71	2.30	11
15	13.66	0.71	13	17.46	1.55	20	22.45	1.91	8	20.70	2.31	11
20	13.59	0.68	13	16.46	1.46	20	20.45	2.43	8	20.62	2.23	11
25	13.54	0.65	13	15.68	1.42	20	18.76	2.03	8	20.29	2.12	11
30	13.43	0.61	13	14.78	0.92	20	17.74	2.28	8	20.03	2.19	11
35	13.41	0.61	13	14.41	0.82	20	16.68	1.69	8	19.43	2.22	11
40	13.38	0.60	13	14.16	0.72	20	15.88	1.21	8	18.16	1.38	11
45	13.32	0.54	13	13.98	0.61	20	15.27	0.92	8	17.17	1.30	11
50	13.29	0.53	13	13.85	0.55	20	14.92	0.77	8	16.51	1.30	11
75	13.18	0.43	13	13.47	0.39	20	13.81	0.31	8	14.41	0.80	10
100	13.13	0.38	13	13.28	0.30	20	13.46	0.16	8	13.90	0.85	10
150	13.08	0.30	13	13.14	0.23	20	13.24	0.13	7	13.39	0.22	10
200	13.09	0.30	13	13.06	0.21	20	13.14	0.15	7	13.26	0.20	10
300	13.16	0.26	12	13.08	0.16	17	13.17	0.12	5	13.22	0.12	10

Estación C18 ( Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.98	0.26	11	37.84	0.18	19	37.68	0.39	8	37.71	0.32	11
10	38.01	0.26	13	37.85	0.19	19	37.67	0.38	8	37.71	0.31	11
15	38.09	0.12	12	37.89	0.20	19	37.57	0.33	8	37.72	0.31	11
20	38.10	0.10	12	37.89	0.19	19	37.66	0.36	8	37.74	0.29	11
25	38.10	0.10	12	37.92	0.18	19	37.71	0.34	8	37.78	0.26	11
30	38.10	0.09	12	37.93	0.14	19	37.77	0.29	8	37.82	0.24	11
35	38.11	0.09	12	37.95	0.12	19	37.82	0.29	8	37.84	0.20	11
40	38.12	0.08	12	37.99	0.11	19	37.87	0.29	8	37.84	0.23	11
45	38.11	0.09	13	38.02	0.13	19	37.89	0.27	8	37.89	0.19	11
50	38.12	0.08	13	38.05	0.11	19	37.95	0.22	8	37.93	0.16	11
75	38.14	0.07	13	38.12	0.08	19	38.07	0.10	8	38.09	0.05	10
100	38.16	0.07	13	38.14	0.09	20	38.16	0.04	8	38.16	0.05	10
150	38.20	0.05	13	38.21	0.09	20	38.21	0.03	7	38.25	0.06	10
200	38.26	0.07	13	38.26	0.09	20	38.27	0.04	7	38.31	0.06	10
300	38.38	0.10	12	38.38	0.08	17	38.44	0.04	5	38.46	0.04	10

Tabla 4.5. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación B1.

Estación B1 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.66	0.63	49	18.81	2.73	52	25.28	1.24	49	19.65	2.35	47
10	14.62	0.63	44	18.47	2.66	47	25.19	1.25	46	19.60	2.40	45
15	14.61	0.66	49	18.11	2.56	53	25.05	1.32	50	19.62	2.38	47
20	14.55	0.64	44	17.39	2.22	47	24.39	1.86	46	19.57	2.42	45
25	14.52	0.63	49	16.82	1.88	53	22.91	2.30	50	19.51	2.34	47
30	14.48	0.65	44	16.19	1.51	47	20.66	2.23	46	19.27	2.36	45
35	14.45	0.66	44	15.71	1.18	47	18.81	1.62	46	18.84	2.16	45
40	14.42	0.67	44	15.38	0.99	47	17.52	1.21	46	18.07	1.77	45
45	14.38	0.65	44	15.12	0.91	47	16.79	1.05	46	17.40	1.42	45
50	14.33	0.61	49	14.92	0.80	53	16.08	0.90	50	16.67	0.94	46
75	13.88	0.31	12	14.05	0.52	13	14.35	0.41	15	15.12	0.70	13

Estación B1 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.62	0.25	49	37.55	0.27	52	37.46	0.18	50	37.46	0.18	47
10	37.63	0.26	44	37.57	0.26	47	37.47	0.19	46	37.47	0.18	45
15	37.64	0.23	49	37.54	0.28	53	37.45	0.20	50	37.48	0.17	47
20	37.67	0.24	44	37.59	0.25	46	37.44	0.18	46	37.50	0.18	45
25	37.67	0.23	49	37.60	0.25	53	37.41	0.29	50	37.50	0.19	46
30	37.70	0.23	44	37.65	0.24	47	37.44	0.30	46	37.49	0.20	44
35	37.71	0.22	44	37.69	0.23	47	37.48	0.32	46	37.48	0.23	45
40	37.73	0.21	44	37.73	0.21	47	37.56	0.26	46	37.50	0.23	44
45	37.75	0.21	44	37.76	0.21	47	37.65	0.21	45	37.52	0.24	45
50	37.77	0.18	49	37.76	0.22	53	37.69	0.17	50	37.51	0.27	47
75	37.94	0.17	12	37.92	0.21	13	37.94	0.21	15	37.76	0.19	13

Tabla 4.6. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación B2.

Estación B2 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.59	0.62	27	18.67	2.74	30	25.20	1.28	24	19.81	2.37	25
10	14.51	0.60	22	18.25	2.63	25	25.06	1.32	20	19.76	2.45	23
15	14.51	0.62	27	17.88	2.34	31	24.72	1.44	24	19.79	2.38	25
20	14.42	0.63	22	17.20	2.00	25	24.10	1.58	20	19.75	2.48	23
25	14.40	0.63	27	16.94	2.03	31	22.54	1.78	23	19.74	2.39	25
30	14.30	0.64	22	16.14	1.38	25	20.95	2.24	19	19.65	2.41	23
35	14.26	0.63	22	15.65	1.21	25	19.04	1.95	20	19.10	1.95	23
40	14.23	0.64	22	15.18	1.01	25	17.51	1.27	20	18.29	1.52	23
45	14.20	0.64	22	14.83	0.91	25	16.56	1.00	20	17.60	1.44	23
50	14.20	0.60	27	14.65	0.72	31	15.86	0.85	24	16.68	1.08	24
75	14.00	0.50	27	13.95	0.59	30	14.37	0.55	24	14.67	0.60	24
100	13.86	0.46	10	13.69	0.24	10	13.64	0.21	9	14.10	0.70	9

Estación B2 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.66	0.27	27	37.58	0.28	30	37.45	0.15	24	37.47	0.24	25
10	37.71	0.28	22	37.62	0.30	25	37.47	0.18	20	37.48	0.25	23
15	37.67	0.26	28	37.57	0.34	31	37.45	0.20	24	37.48	0.24	25
20	37.73	0.28	22	37.63	0.28	24	37.51	0.24	20	37.50	0.25	23
25	37.70	0.26	28	37.61	0.29	31	37.50	0.26	23	37.50	0.25	25
30	37.76	0.27	22	37.69	0.26	25	37.54	0.24	19	37.54	0.27	23
35	37.77	0.26	22	37.74	0.24	25	37.42	0.38	20	37.51	0.32	22
40	37.79	0.26	22	37.76	0.24	25	37.53	0.29	20	37.49	0.31	23
45	37.81	0.25	22	37.79	0.23	25	37.59	0.26	20	37.53	0.31	23
50	37.80	0.22	28	37.78	0.24	31	37.66	0.22	24	37.53	0.28	25
75	37.94	0.17	28	37.93	0.20	30	37.92	0.14	24	37.85	0.20	25
100	37.99	0.18	11	37.99	0.16	10	38.06	0.10	9	38.07	0.09	9

Tabla 4.7. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación B3.

Estación B3 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.65	0.63	26	18.80	2.81	30	25.11	1.23	23	20.09	2.38	23
10	14.50	0.58	22	18.23	2.54	25	25.01	1.25	20	20.02	2.46	21
15	14.50	0.59	27	17.84	2.26	31	24.55	1.38	23	20.03	2.37	23
20	14.39	0.58	22	17.34	2.02	25	23.74	1.68	19	19.97	2.47	21
25	14.40	0.58	27	16.63	1.52	31	22.27	1.83	23	19.94	2.37	23
30	14.30	0.58	22	15.94	1.23	25	20.56	2.00	20	19.59	2.26	21
35	14.25	0.59	22	15.51	1.00	25	18.83	1.81	20	19.02	2.02	20
40	14.22	0.60	22	15.17	0.92	25	17.51	1.27	20	18.36	1.72	21
45	14.21	0.62	22	14.85	0.83	25	16.53	0.86	20	17.66	1.56	21
50	14.20	0.60	27	14.68	0.75	31	15.85	0.71	23	17.04	1.48	23
75	13.98	0.56	27	13.97	0.57	31	14.37	0.63	23	14.78	0.62	23
100	13.78	0.41	27	13.62	0.46	31	13.63	0.34	23	13.86	0.31	22
150	13.42	0.24	27	13.28	0.25	30	13.26	0.14	22	13.34	0.17	23
200	13.23	0.07	9	13.20	0.05	11	13.15	0.10	8	13.21	0.07	9

Estación B3 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.60	0.28	26	37.57	0.28	30	37.39	0.21	23	37.50	0.29	23
10	37.68	0.28	22	37.63	0.27	25	37.40	0.22	20	37.53	0.31	21
15	37.64	0.26	28	37.61	0.28	31	37.40	0.25	23	37.53	0.30	23
20	37.70	0.28	22	37.61	0.35	25	37.41	0.22	19	37.54	0.30	21
25	37.67	0.27	28	37.62	0.30	31	37.47	0.26	22	37.54	0.29	23
30	37.73	0.28	22	37.68	0.27	25	37.40	0.44	20	37.55	0.36	21
35	37.75	0.28	22	37.72	0.26	25	37.44	0.39	20	37.51	0.41	20
40	37.76	0.28	22	37.75	0.26	25	37.51	0.34	20	37.49	0.43	21
45	37.79	0.26	22	37.77	0.27	25	37.58	0.34	20	37.51	0.43	21
50	37.79	0.24	28	37.76	0.26	31	37.65	0.32	23	37.53	0.37	23

Estación B3 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
75	37.93	0.18	28	37.95	0.21	31	37.93	0.18	23	37.82	0.21	23
100	38.06	0.13	27	38.04	0.17	31	38.09	0.10	23	38.03	0.12	23
150	38.18	0.11	28	38.19	0.13	31	38.21	0.07	23	38.20	0.08	23
200	38.34	0.08	9	38.35	0.12	11	38.32	0.07	8	38.37	0.03	9

Tabla 4.8. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación MH2.

Estación MH2 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.48	0.30	4	17.13	3.05	6	25.11	1.60	3	18.47	2.75	3
10	13.42	0.25	5	16.51	2.67	6	24.24	1.41	3	18.46	2.76	3
15	13.37	0.27	5	16.11	2.43	6	23.31	1.74	3	18.43	2.81	3
20	13.37	0.28	5	15.75	2.15	6	21.51	2.39	3	18.40	2.85	3
25	13.36	0.30	5	15.45	1.89	6	20.01	2.62	3	18.37	2.89	3
30	13.35	0.33	5	15.00	1.46	6	18.46	2.29	3	18.36	2.90	3
35	13.37	0.36	5	14.62	1.13	6	17.20	1.53	3	18.36	2.90	3
40	13.40	0.39	5	14.38	0.88	6	16.45	1.49	3	18.36	2.90	3
45	13.40	0.39	5	14.13	0.58	6	15.63	1.45	3	17.86	2.77	3
50	13.38	0.37	5	13.97	0.47	6	15.15	1.26	3	17.36	2.74	3
75	13.29	0.24	5	13.55	0.31	6	13.93	0.60	3	14.81	0.31	3
100	13.22	0.23	5	13.36	0.27	6	13.40	0.23	3	13.95	0.29	3
150	13.08	0.26	5	13.14	0.11	5	13.11	0.06	3	13.61	0.38	3

Estación MH2 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	38.03	0.16	4	37.92	0.21	6	37.83	0.24	3	37.76	0.28	3
10	38.07	0.16	5	37.95	0.23	6	37.87	0.25	3	37.76	0.28	3
15	38.07	0.16	5	37.95	0.24	6	37.73	0.14	3	37.77	0.28	3
20	38.08	0.16	5	37.95	0.26	6	37.79	0.15	3	37.77	0.29	3
25	38.09	0.16	5	37.96	0.26	6	37.85	0.18	3	37.78	0.29	3
30	38.10	0.15	5	37.97	0.25	6	37.84	0.17	3	37.78	0.30	3
35	38.11	0.14	5	37.98	0.25	6	37.81	0.15	3	37.78	0.30	3
40	38.12	0.14	5	37.99	0.24	6	37.85	0.12	3	37.79	0.31	3
45	38.13	0.13	5	38.01	0.24	6	37.91	0.12	3	37.81	0.28	3
50	38.14	0.13	5	38.01	0.23	6	37.97	0.12	3	37.80	0.29	3
75	38.16	0.14	5	38.09	0.20	6	38.16	0.13	3	38.00	0.11	3
100	38.19	0.14	5	38.16	0.15	6	38.24	0.15	3	38.15	0.05	3
150	38.23	0.14	5	38.27	0.08	5	38.36	0.13	3	38.29	0.09	3

Tabla 4.9. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación MH4.

Prof.	Estación MH4 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.71	0.24	6	17.38	2.84	7	24.29	1.67	4	19.77	2.92	5
10	13.66	0.25	6	16.36	2.27	8	24.08	1.51	4	19.74	2.88	5
15	13.60	0.29	6	16.04	2.15	8	23.52	1.42	4	19.70	2.87	5
20	13.50	0.35	6	15.72	1.85	8	22.96	1.45	4	19.66	2.87	5
25	13.42	0.31	6	15.43	1.67	8	22.29	1.30	4	19.58	2.79	5
30	13.41	0.30	6	15.02	1.38	8	20.29	1.61	4	19.50	2.74	5
35	13.39	0.30	6	14.71	1.14	8	18.21	1.47	4	19.39	2.72	5
40	13.37	0.28	6	14.31	0.81	8	17.12	1.35	4	19.30	2.63	5
45	13.37	0.29	6	14.10	0.75	8	16.00	1.12	4	18.95	2.40	5
50	13.34	0.26	6	13.91	0.59	8	15.41	0.95	4	18.03	2.24	5
75	13.33	0.25	6	13.35	0.20	8	13.82	0.51	4	15.33	0.72	5
100	13.32	0.22	6	13.23	0.11	8	13.43	0.20	4	14.13	0.54	5
150	13.31	0.12	6	13.12	0.14	8	13.20	0.05	4	13.36	0.16	5
200	13.23	0.08	6	13.12	0.11	8	13.18	0.03	4	13.24	0.07	5
300	13.29	0.11	6	13.17	0.08	8	13.18	0.04	4	13.21	0.04	5
400	13.25	0.12	6	13.14	0.09	8	13.16	0.06	4	13.20	0.05	5
500	13.20	0.11	6	13.10	0.08	8	13.13	0.06	4	13.14	0.06	5
600	13.12	0.08	6	13.04	0.07	8	13.09	0.05	4	13.09	0.06	5
700	13.06	0.06	6	13.00	0.06	8	13.03	0.04	4	13.04	0.05	5
800	13.02	0.06	6	12.98	0.05	8	12.98	0.04	4	12.99	0.05	5
900	12.97	0.05	6	12.94	0.03	8	12.95	0.03	4	12.96	0.04	5
1000	12.94	0.04	6	12.93	0.02	8	12.93	0.02	4	12.93	0.04	5
1200	12.91	0.02	6	12.91	0.02	8	12.90	0.02	4	12.90	0.02	5
1400	12.89	0.02	6	12.90	0.02	8	12.89	0.03	4	12.90	0.01	5
1600	12.90	0.01	6	12.91	0.02	7	12.91	0.01	4	12.91	0.01	5
1800	12.90	0.01	6	12.91	0.01	7	12.91	0.01	4	12.90	0.00	5
2000	12.90	0.01	6	12.91	0.00	7	12.90	0.01	4	12.90	0.01	4
2200	12.90	0.01	5	12.90	0.01	7	12.89	0.01	3	12.90	0.01	4
2400	12.90	0.01	5	12.90	0.01	7	12.89	0.02	2	12.90	0.01	4

Prof.	Estación MH4 (Salinidad   desviación estándar   n° de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.99	0.18	6	37.93	0.29	7	37.78	0.10	4	37.70	0.18	5
10	37.98	0.14	6	37.92	0.24	8	37.74	0.07	4	37.71	0.17	5
15	38.01	0.12	6	37.95	0.26	8	37.79	0.10	4	37.72	0.18	5
20	38.05	0.12	6	37.98	0.26	8	37.83	0.11	4	37.72	0.18	5
25	38.07	0.13	6	37.99	0.26	8	37.79	0.16	4	37.74	0.18	5
30	38.08	0.13	6	38.00	0.27	8	37.77	0.18	4	37.76	0.17	5
35	38.09	0.13	6	38.04	0.23	8	37.87	0.15	4	37.78	0.15	5
40	38.10	0.12	6	38.12	0.18	8	37.91	0.10	4	37.79	0.15	5
45	38.12	0.12	6	38.14	0.18	8	37.89	0.12	4	37.75	0.18	5
50	38.12	0.12	6	38.16	0.16	8	37.96	0.09	4	37.65	0.33	5
75	38.17	0.13	6	38.25	0.10	8	38.15	0.06	4	37.86	0.18	5
100	38.21	0.13	6	38.32	0.09	8	38.25	0.04	4	38.09	0.12	5
150	38.35	0.13	6	38.39	0.04	8	38.35	0.06	4	38.31	0.07	5
200	38.43	0.06	6	38.45	0.03	8	38.43	0.04	4	38.42	0.03	5
300	38.53	0.02	6	38.51	0.02	8	38.50	0.01	4	38.50	0.01	5
400	38.55	0.03	6	38.52	0.02	8	38.52	0.01	4	38.53	0.01	5
500	38.54	0.03	6	38.52	0.02	8	38.52	0.01	4	38.53	0.01	5
600	38.53	0.02	6	38.51	0.02	8	38.52	0.01	4	38.52	0.01	5
700	38.51	0.02	6	38.50	0.02	8	38.50	0.01	4	38.51	0.01	5
800	38.50	0.01	6	38.49	0.01	8	38.49	0.01	4	38.50	0.01	5
900	38.49	0.01	6	38.49	0.01	8	38.49	0.00	4	38.49	0.01	5
1000	38.48	0.01	6	38.48	0.01	8	38.48	0.00	4	38.48	0.01	5
1200	38.48	0.01	6	38.48	0.01	8	38.47	0.01	4	38.48	0.00	5
1400	38.48	0.01	6	38.48	0.01	8	38.48	0.01	4	38.48	0.00	5
1600	38.48	0.01	6	38.48	0.01	7	38.48	0.01	4	38.48	0.00	5
1800	38.48	0.00	6	38.49	0.00	7	38.48	0.00	4	38.49	0.00	5
2000	38.49	0.00	6	38.49	0.00	7	38.48	0.00	4	38.49	0.00	4
2200	38.49	0.00	5	38.49	0.01	7	38.48	0.00	3	38.49	0.00	4
2400	38.49	0.01	5	38.49	0.01	7	38.49	0.01	2	38.49	0.00	4

Tabla 4.10. Igual que la tabla 4.1, pero para la estación EPC.

Prof.	Estación EPC (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	14.11	0.43	7	17.89	2.51	5	24.98	1.16	4	19.62	2.78	5
10	14.08	0.42	7	17.64	2.49	5	24.93	1.14	4	19.61	2.53	6
15	14.04	0.42	7	16.84	2.33	5	23.82	1.31	4	19.59	2.53	6
20	13.99	0.43	7	15.97	1.89	5	22.79	2.42	4	19.58	2.53	6
25	13.98	0.43	7	15.67	1.79	5	22.01	2.69	4	19.56	2.53	6
30	13.99	0.42	7	15.22	1.79	5	20.06	2.14	4	19.51	2.51	6
35	13.98	0.44	7	14.70	1.16	5	18.08	1.17	4	19.34	2.46	6
40	13.97	0.46	7	14.22	0.66	5	16.70	0.69	4	18.90	2.37	6
45	13.97	0.47	7	14.03	0.54	5	15.84	0.67	4	18.18	2.27	6
50	13.93	0.42	7	13.91	0.51	5	15.26	0.61	4	17.47	1.71	6
75	13.77	0.24	7	13.47	0.30	5	13.91	0.30	4	15.14	0.97	6
100	13.57	0.20	7	13.23	0.19	5	13.47	0.23	4	13.94	0.27	6
150	13.28	0.06	7	13.19	0.15	5	13.23	0.14	4	13.31	0.10	6
200	13.20	0.06	7	13.21	0.14	5	13.21	0.06	4	13.18	0.07	6
300	13.19	0.05	7	13.22	0.06	5	13.21	0.07	4	13.18	0.06	6
400	13.18	0.02	7	13.20	0.02	5	13.18	0.06	4	13.18	0.05	6
500	13.13	0.01	7	13.15	0.03	5	13.13	0.06	4	13.15	0.04	6
600	13.08	0.02	7	13.10	0.02	5	13.08	0.05	4	13.09	0.03	6
700	13.02	0.01	7	13.05	0.03	5	13.02	0.04	4	13.04	0.03	6
800	12.97	0.01	7	13.01	0.02	5	12.98	0.03	4	12.99	0.02	6
900	12.94	0.01	7	12.96	0.02	5	12.95	0.03	4	12.95	0.02	6
1000	12.92	0.01	7	12.94	0.02	5	12.92	0.03	4	12.93	0.01	6
1200	12.90	0.02	7	12.91	0.02	5	12.89	0.02	4	12.90	0.02	6
1400	12.90	0.01	7	12.90	0.02	5	12.88	0.02	4	12.89	0.02	6
1600	12.90	0.00	7	12.90	0.01	5	12.89	0.01	4	12.90	0.01	6
1800	12.90	0.01	7	12.90	0.01	5	12.89	0.01	4	12.90	0.01	6
2000	12.90	0.01	6	12.90	0.01	5	12.89	0.01	4	12.90	0.01	5
2200	12.90	0.01	6	12.90	0.01	4	12.88	0.02	3	12.88	0.02	3

Estación EPC (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.82	0.16	7	37.78	0.16	5	37.47	0.29	4	37.73	0.13	5
10	37.81	0.14	7	37.77	0.16	5	37.48	0.30	4	37.70	0.14	6
15	37.81	0.14	7	37.78	0.20	5	37.51	0.32	4	37.70	0.14	6
20	37.82	0.14	7	37.81	0.23	5	37.48	0.26	4	37.70	0.14	6
25	37.82	0.14	7	37.88	0.22	5	37.61	0.26	4	37.70	0.14	6
30	37.84	0.13	7	37.90	0.22	5	37.67	0.25	4	37.71	0.15	6
35	37.86	0.13	7	37.92	0.23	5	37.77	0.24	4	37.70	0.16	6
40	37.88	0.12	7	37.96	0.21	5	37.84	0.19	4	37.71	0.19	6
45	37.89	0.11	7	37.98	0.19	5	37.85	0.15	4	37.68	0.21	6
50	37.91	0.10	7	38.02	0.16	5	37.90	0.13	4	37.69	0.22	6
75	38.01	0.14	7	38.10	0.12	5	38.07	0.09	4	37.94	0.11	6
100	38.22	0.07	7	38.15	0.10	5	38.17	0.05	4	38.13	0.06	6
150	38.34	0.05	7	38.28	0.06	5	38.31	0.06	4	38.30	0.06	6
200	38.42	0.04	7	38.39	0.05	5	38.39	0.06	4	38.39	0.05	6
300	38.50	0.02	7	38.49	0.03	5	38.50	0.02	4	38.49	0.02	6
400	38.53	0.01	7	38.52	0.00	5	38.52	0.02	4	38.52	0.01	6
500	38.52	0.00	7	38.52	0.01	5	38.52	0.02	4	38.53	0.01	6
600	38.51	0.00	7	38.52	0.01	5	38.51	0.01	4	38.52	0.01	6
700	38.50	0.00	7	38.51	0.01	5	38.50	0.01	4	38.51	0.01	6
800	38.49	0.00	7	38.50	0.01	5	38.49	0.01	4	38.50	0.00	6
900	38.48	0.00	7	38.49	0.01	5	38.49	0.00	4	38.49	0.00	6
1000	38.48	0.00	7	38.48	0.01	5	38.48	0.00	4	38.48	0.00	6
1200	38.48	0.01	7	38.48	0.01	5	38.47	0.00	4	38.47	0.01	6
1400	38.48	0.00	7	38.48	0.01	5	38.47	0.01	4	38.47	0.01	6
1600	38.48	0.00	7	38.48	0.00	5	38.48	0.00	4	38.48	0.01	6
1800	38.48	0.00	7	38.48	0.00	5	38.48	0.00	4	38.48	0.01	6
2000	38.49	0.00	6	38.48	0.00	5	38.48	0.00	4	38.49	0.00	5
2200	38.49	0.00	6	38.48	0.00	4	38.48	0.00	3	38.48	0.00	3

Tabla 4.11. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación CP2. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Estación CP2 (Clorofila-a (mg/m3)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.33	0.18	8	0.11	0.07	6	0.08	0.01	6	0.48	0.62	5
10	0.30	0.12	8	0.18	0.09	6	0.08	0.01	6	0.48	0.60	5
20	0.30	0.13	8	0.41	0.37	6	0.10	0.04	6	0.48	0.31	5
50	0.36	0.10	8	0.54	0.47	6	0.28	0.11	6	0.26	0.15	5
75	0.28	0.19	7	0.21	0.11	6	0.26	0.08	6	0.07	0.05	5

Estación CP2 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.37	0.39	6	5.39	0.38	6	4.46	0.47	5	5.14	0.30	6
10	5.39	0.37	6	5.41	0.43	6	4.50	0.49	5	5.29	0.42	7
20	5.30	0.41	6	5.55	0.54	6	4.90	0.66	5	5.26	0.50	7
50	5.22	0.46	6	5.49	0.63	6	5.38	0.66	5	5.44	0.70	7
75	5.33	0.29	5	5.14	0.50	5	4.97	0.72	3	4.93	0.28	6

Estación CP2 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.39	0.36	4	0.08	0.05	4	0.13	0.07	3	1.11	1.43	4
10	0.56	0.57	4	0.07	0.06	4	0.12	0.01	3	0.60	0.91	4
20	0.53	0.56	4	0.11	0.02	4	0.12	0.03	3	0.78	1.21	4
50	1.40	0.47	4	1.16	1.55	4	0.17	0.08	3	3.63	2.05	4
75	1.82	0.73	3	2.95	1.16	4	1.86	0.46	3	3.80	1.75	4

Estación CP2 (Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.12	0.09	4	0.02	0.01	4	0.02	0.02	3	0.22	0.31	4
10	0.12	0.11	4	0.02	0.01	4	0.13	0.11	3	0.06	0.04	4
20	0.14	0.09	4	0.04	0.01	4	0.05	0.03	3	0.06	0.04	4
50	0.19	0.07	4	0.07	0.02	4	0.03	0.01	3	0.11	0.06	4
75	0.16	0.11	3	0.15	0.10	4	0.20	0.08	3	0.05	0.02	4

Estación CP2 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.03	0.01	4	0.07	0.06	4	0.04	0.00	3	0.04	0.02	4
10	0.04	0.02	4	0.06	0.05	4	0.04	0.01	3	0.04	0.02	4
20	0.04	0.01	4	0.07	0.05	4	0.04	0.00	3	0.06	0.01	4
50	0.05	0.01	4	0.08	0.05	4	0.03	0.00	3	0.16	0.09	4
75	0.04	0.02	3	0.11	0.05	4	0.04	0.01	3	0.17	0.08	4

Estación CP2 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.10	0.20	4	0.79	0.22	4	0.59	0.02	3	0.62	0.22	4
10	1.11	0.25	4	0.76	0.18	4	0.60	0.02	3	0.76	0.43	4
20	1.11	0.25	4	0.76	0.33	4	0.68	0.09	3	0.98	0.52	4
50	1.40	0.09	4	1.55	0.41	4	0.92	0.39	3	1.93	0.63	4
75	1.57	0.25	3	2.34	0.23	4	2.07	0.20	3	2.13	0.32	4

Tabla 4.12. Igual que la tabla 4.11, pero para la estación CP4.

Estación CP4 (Clorofila-a (mg/m3)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.41	0.20	10	0.10	0.04	7	0.09	0.05	9	0.22	0.13	10
10	0.43	0.23	10	0.12	0.07	7	0.10	0.03	9	0.27	0.23	10
20	0.40	0.17	10	0.14	0.08	7	0.12	0.05	9	0.78	1.12	10
50	0.32	0.14	10	0.34	0.09	7	0.26	0.06	9	0.46	0.42	9
75	0.33	0.55	10	0.26	0.10	7	0.40	0.18	9	0.17	0.20	9
100	0.18	0.22	8	0.15	0.11	5	0.08	0.04	6	0.03	0.02	5

Estación CP4 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.64	0.19	8	5.39	0.23	8	4.62	0.43	7	5.28	0.39	8
10	5.56	0.27	9	5.45	0.28	8	4.67	0.42	7	5.23	0.38	9
20	5.47	0.34	9	5.53	0.42	8	5.05	0.59	7	5.23	0.39	9
50	5.39	0.31	9	5.42	0.49	8	5.49	0.66	7	5.23	0.54	9
75	5.02	0.32	9	5.27	0.41	8	4.99	0.59	7	5.02	0.41	9
100	4.92	0.30	6	5.05	0.42	6	4.48	0.53	4	4.87	0.33	7
200	4.48	0.33	6	4.60	0.55	6	4.09	0.56	4	4.52	0.27	7
300	4.26	0.27	6	4.17	0.22	6	3.81	0.53	4	4.21	0.36	7
500	4.00	0.22	6	4.07	0.16	6	3.82	0.47	4	4.22	0.38	7
700	4.08	0.20	6	4.13	0.18	6	3.89	0.48	4	4.34	0.40	7
1000	4.16	0.20	6	4.26	0.18	6	4.00	0.50	4	4.46	0.40	7
2100				4.44		1				4.97	0.65	2

Estación CP4 (Nitratos (µM)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.31	0.26	6	0.21	0.32	4	0.12	0.04	5	0.13	0.12	8
10	0.49	0.66	6	0.37	0.52	4	0.11	0.05	5	0.10	0.07	8
20	1.22	1.57	6	0.54	0.70	4	0.17	0.20	5	0.15	0.16	8
50	1.88	1.47	6	0.81	0.78	4	0.55	0.80	5	2.55	2.12	8
75	2.95	1.49	6	1.95	1.30	4	1.62	1.61	5	3.34	2.30	8
100	3.58	1.20	4	4.69	2.83	3	3.96	0.80	3	4.55	1.46	5
200	5.53	1.06	4	6.15	3.29	3	8.50		1	6.88	2.45	5
300	8.02	1.46	3	7.95	1.63	3	9.77		1	7.93	2.58	5
500	8.22	1.21	3	9.56	2.58	3	10.21		1	7.85	2.50	5
700	8.26	1.21	3	9.63	2.86	3	10.09		1	7.77	2.51	5
1000	8.12	1.14	3	9.21	2.50	3	9.92		1	7.56	2.51	5
2100	7.94	1.22	3	10.52	1.76	2	9.48		1	7.45	2.52	5

Estación CP4 (Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.08	0.06	6	0.02	0.02	4	0.08	0.08	5	0.03	0.03	8
10	0.12	0.13	6	0.02	0.01	4	0.06	0.04	5	0.03	0.03	8
20	0.07	0.04	6	0.03	0.01	4	0.03	0.02	5	0.03	0.04	8
50	0.15	0.08	6	0.08	0.04	4	0.08	0.07	5	0.18	0.16	8
75	0.10	0.05	6	0.14	0.09	4	0.23	0.13	5	0.08	0.07	8
100	0.12	0.07	4	0.04	0.01	3	0.08	0.01	3	0.14	0.16	5
200	0.03	0.01	4	0.03	0.01	3	0.05		1	0.04	0.03	5
300	0.03	0.02	2	0.03	0.01	3	0.05		1	0.03	0.02	5
500	0.02	0.02	2	0.03	0.02	3	0.07		1	0.03	0.02	5
700	0.02	0.01	2	0.02	0.01	3	0.05		1	0.03	0.02	5
1000	0.02	0.02	2	0.02	0.01	3	0.02		1	0.03	0.02	5
2100	0.02	0.01	2	0.03	0.01	2	0.02		1	0.03	0.02	5

Estación CP4 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.04	0.01	6	0.06	0.05	4	0.03	0.01	5	0.03	0.01	8
10	0.04	0.03	6	0.06	0.05	4	0.04	0.01	5	0.03	0.02	8
20	0.06	0.05	6	0.06	0.06	4	0.03	0.01	5	0.06	0.08	8
50	0.05	0.03	6	0.06	0.05	4	0.04	0.01	5	0.14	0.10	8
75	0.08	0.04	6	0.09	0.06	4	0.06	0.03	5	0.15	0.07	8
100	0.13	0.05	4	0.21	0.14	3	0.14	0.01	3	0.17	0.07	5
200	0.23	0.09	4	0.30	0.17	3	0.37		1	0.31	0.05	5
300	0.41	0.04	3	0.43	0.05	3	0.67		1	0.39	0.05	5
500	0.43	0.05	3	0.51	0.09	3	0.63		1	0.41	0.07	5
700	0.45	0.07	3	0.54	0.10	3	0.68		1	0.40	0.09	5
1000	0.46	0.08	3	0.53	0.10	3	0.75		1	0.41	0.04	5
2100	0.43	0.06	3	0.49	0.09	2	0.48		1	0.39	0.07	5

Estación CP4 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	invierno			primavera			verano			otoño		
0	0.98	0.14	6	0.74	0.07	4	0.48	0.13	5	0.63	0.15	8
10	0.99	0.20	6	0.87	0.12	4	0.52	0.15	5	0.64	0.17	8
20	1.20	0.40	6	1.01	0.23	4	0.61	0.16	5	0.69	0.21	8
50	1.42	0.46	6	1.31	0.32	4	0.88	0.46	5	1.61	0.77	8
75	1.75	0.36	6	1.79	0.65	4	1.42	0.70	5	1.93	0.75	8
100	2.13	0.35	4	2.70	0.97	3	2.16	0.06	3	2.24	0.51	5
200	3.42	0.64	4	4.01	1.66	3	3.78		1	4.11	0.54	5
300	6.32	0.96	3	5.39	0.34	3	5.15		1	5.70	0.51	5
500	7.31	0.48	3	8.34	1.52	3	6.76		1	7.37	0.68	5
700	8.05	0.41	3	8.96	1.19	3	7.14		1	7.97	0.49	5
1000	8.25	0.48	3	9.33	1.11	3	7.71		1	8.41	0.36	5
2100	8.55	0.49	3	10.15	1.06	2	7.54		1	8.62	0.57	5

Tabla 4.13. Profundidad media del disco de Secchi para las estaciones de la radial de Cabo de Palos. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

RADIAL CP (Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   nº de datos)												
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
CP2	18.6	2.6	7	19.8	7.2	8	25.3	3.1	6	20.4	10.1	5
CP4	15.8	3.0	6	24.0	4.6	6	29.8	4.9	6	24.2	6.3	6

Tabla 4.14. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación C20. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Estación C20 (Clorofila-a (mg/m3)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.41	0.12	8	0.18	0.06	7	0.09	0.03	3	0.22	0.02	4
25	0.43	0.11	8	0.18	0.08	7	0.10	0.01	3	0.20	0.05	4
50	0.36	0.12	8	0.46	0.35	7	0.19	0.04	3	0.23	0.04	4
75	0.30	0.16	8	0.28	0.15	7	0.32	0.09	3	0.18	0.05	4
95	0.33	0.17	8	0.27	0.11	6	0.17	0.10	2	0.18	0.05	4

Estación C20 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.80	0.27	5	5.22	0.44	7	4.48	0.58	4	5.34	0.42	4
25	5.79	0.26	5	5.55	0.51	7	5.37	0.55	4	5.37	0.38	5
50	5.68	0.15	5	5.31	0.48	7	5.34	0.61	4	5.73	0.76	4
75	5.63	0.14	5	5.10	0.56	7	4.81	0.50	4	5.40	0.64	4
95	5.77	0.05	2	4.80		1				5.10		1

Estación C20 (Nitratos (µM)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.38	0.35	5	0.29	0.31	6	0.08	0.04	3	0.08	0.08	6
25	0.55	0.38	5	0.23	0.19	6	0.15	0.01	3	0.33	0.35	6
50	1.00	0.46	4	1.25	0.65	6	0.20	0.15	3	0.67	0.68	6
75	1.22	0.50	4	2.55	0.82	6	1.63	1.38	3	1.29	0.87	6
95	1.38	0.44	4	2.68	1.21	6	4.72		1	1.82	1.17	5

Estación C20 (Nitritos (µM)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.19	0.18	5	0.08	0.07	6	0.05	0.03	3	0.05	0.04	6
25	0.25	0.12	5	0.08	0.06	6	0.10	0.08	3	0.05	0.03	6
50	0.26	0.11	4	0.21	0.13	6	0.18	0.12	3	0.10	0.06	6
75	0.30	0.12	4	0.35	0.21	6	0.21	0.07	3	0.13	0.07	6
95	0.38	0.12	4	0.32	0.15	6	0.62	NaN	1	0.10	0.02	5

Estación C20 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.07	0.05	5	0.08	0.07	6	0.03	0.01	3	0.05	0.05	6
25	0.05	0.03	5	0.06	0.05	6	0.03	0.01	3	0.03	0.02	6
50	0.05	0.02	4	0.06	0.05	6	0.03	0.01	3	0.03	0.03	6
75	0.08	0.03	4	0.10	0.05	6	0.06	0.02	3	0.05	0.03	6
95	0.08	0.03	4	0.10	0.04	5	0.14		1	0.08	0.04	5

Estación C20. Silicatos ( $\mu\text{M}$ ), desviación estándar y n° de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.56	0.29	5	0.56	0.28	6	0.51	0.04	3	0.68	0.22	6
25	0.60	0.29	5	0.83	0.51	6	0.66	0.10	3	0.97	0.39	6
50	0.92	0.39	4	1.60	0.43	6	1.40	0.36	3	1.43	0.60	6
75	1.09	0.43	4	2.53	0.45	6	2.70	0.78	3	2.41	0.78	6
95	1.12	0.39	4	2.76	0.39	5	3.45		1	2.79	1.11	5

Tabla 4.15. Igual que la tabla 4.14, pero para la estación C18.

Estación C18 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.34	0.07	7	0.13	0.08	8	0.09	0.02	3	0.18	0.06	4
25	0.39	0.10	7	0.22	0.17	8	0.11	0.02	3	0.20	0.06	4
50	0.33	0.08	7	0.48	0.23	8	0.29	0.10	3	0.26	0.05	4
75	0.18	0.08	7	0.22	0.09	8	0.34	0.07	3	0.21	0.10	4
100	0.10	0.06	7	0.09	0.12	8	0.11	0.04	3	0.13	0.06	4

Estación C18 (Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ ), desviación estándar y n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.81	0.27	5	5.16	0.43	7	4.43	0.52	4	5.12	0.26	5
25	5.71	0.27	6	5.52	0.48	7	5.57	0.61	4	5.38	0.39	5
50	5.61	0.18	6	5.32	0.43	7	5.39	0.64	4	5.86	0.63	5
75	5.53	0.25	6	5.09	0.50	7	4.88	0.66	4	5.33	0.38	5
100	5.49	0.24	6	5.04	0.40	7	4.76	0.61	4	5.11	0.30	5
200	5.15	0.31	6	4.83	0.42	7	4.72	0.67	4	4.95	0.46	5
300	4.73	0.37	6	4.29	0.38	5	4.64	0.17	2	4.62	0.44	5

Estación C18 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.40	0.35	5	0.41	0.77	9	0.07	0.04	3	0.10	0.08	6
25	0.60	0.60	5	0.16	0.23	9	0.17	0.02	3	0.24	0.20	6
50	1.00	0.72	5	1.06	0.69	10	0.11	0.03	3	0.55	0.51	6
75	2.17	0.53	5	2.14	0.94	11	1.30	1.07	3	1.27	0.77	6
100	2.72	0.81	5	3.60	1.87	11	3.27	0.25	3	2.26	1.08	6
200	3.85	1.36	5	4.42	1.27	10	4.64	0.34	2	4.15	1.70	6
300	6.40	0.96	3	6.73	1.77	8	7.29		1	6.20	2.05	6

Estación C18 (Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.12	0.10	5	0.16	0.33	9	0.04	0.02	3	0.02	0.01	6
25	0.19	0.16	5	0.11	0.20	9	0.11	0.11	3	0.03	0.02	6
50	0.14	0.11	5	0.20	0.15	10	0.07	0.02	3	0.04	0.03	6
75	0.13	0.06	5	0.19	0.13	11	0.12	0.04	3	0.08	0.05	6
100	0.10	0.06	5	0.12	0.10	11	0.17	0.15	3	0.05	0.03	6
200	0.08	0.08	5	0.10	0.12	10	0.17	0.16	2	0.04	0.02	6
300	0.02	0.02	3	0.11	0.09	8	0.54		1	0.05	0.05	6

Estación C18 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.06	0.04	5	0.07	0.06	9	0.18	0.22	3	0.05	0.05	6
25	0.04	0.02	5	0.05	0.06	9	0.02	0.00	3	0.03	0.02	6
50	0.05	0.03	5	0.07	0.04	10	0.02	0.01	3	0.02	0.01	6
75	0.08	0.04	5	0.08	0.05	11	0.04	0.01	3	0.03	0.01	6
100	0.08	0.03	5	0.11	0.08	11	0.07	0.02	3	0.03	0.01	6
200	0.13	0.07	5	0.18	0.09	10	0.07	0.00	2	0.14	0.07	6
300	0.27	0.16	3	0.30	0.09	8	0.22		1	0.24	0.11	6

Estación C18 ( Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.09	0.16	5	0.96	0.36	9	0.43	0.28	3	0.66	0.16	6
25	1.15	0.19	5	0.96	0.36	9	0.63	0.12	3	0.73	0.19	6
50	1.17	0.32	5	1.16	0.69	10	0.84	0.17	3	1.06	0.32	6
75	1.55	0.12	5	1.59	0.46	11	1.25	0.51	3	1.49	0.67	6
100	1.74	0.25	5	2.18	0.75	11	2.10	0.25	3	2.16	0.73	6
200	2.39	0.81	5	2.72	0.73	10	2.44	0.16	2	2.85	0.50	6
300	4.02	0.37	3	4.42	1.23	8	4.22		1	4.65	1.03	6

Tabla 4.16. Profundidad media del disco de Secchi para las estaciones de la radial del Canal de Ibiza. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   nº de datos												
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
C20	14.9	2.2	7	18.6	4.1	9	21.3	3.5	3	20.4	4.7	5
C18	18.9	4.1	7	24.0	4.5	9	24.0	2.3	4	21.5	5.6	6

Tabla 4.17. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación B1. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Estación B1 (Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.49	0.38	9	0.14	0.08	11	0.09	0.05	5	0.16	0.06	8
25	0.48	0.36	9	0.17	0.19	11	0.12	0.11	5	0.16	0.05	8
50	0.39	0.25	9	0.35	0.22	11	0.18	0.06	5	0.26	0.10	8
75	0.39	0.36	9	0.49	0.37	11	0.43	0.21	5	0.15	0.08	8

Estación B1 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.71	0.09	4	5.25	0.21	7	4.42	0.56	4	5.36	0.41	5
25	5.60	0.04	4	5.47	0.30	7	5.04	0.40	4	5.38	0.45	5
50	5.41	0.17	4	5.53	0.40	7	5.32	0.82	4	5.73	0.89	5
75	5.51	0.14	2	5.11	0.47	2	5.63		1	6.96		1

Estación B1 (Nitratos (μM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.43	0.47	5	0.05	0.06	8	0.03	0.05	5	0.05	0.07	9
25	0.06	0.10	5	0.20	0.34	8	0.25	0.38	5	0.06	0.08	9
50	0.36	0.37	5	0.67	1.04	8	0.24	0.38	5	0.18	0.31	9
75	1.89	1.46	5	1.71	1.10	8	0.54	0.38	5	1.10	0.75	9

Estación B1 (Nitritos (μM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.01	0.01	5	0.02	0.02	8	0.03	0.05	5	0.02	0.03	9
25	0.03	0.04	5	0.04	0.05	8	0.06	0.10	5	0.03	0.04	9
50	0.04	0.05	5	0.08	0.10	8	0.05	0.08	5	0.06	0.06	9
75	0.03	0.03	5	0.15	0.14	8	0.19	0.18	5	0.12	0.09	9

Estación B1 (Fosfatos (μM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.01	0.01	5	0.02	0.02	8	0.02	0.01	5	0.01	0.01	9
25	0.02	0.02	5	0.02	0.02	8	0.02	0.02	5	0.04	0.07	9
50	0.01	0.02	5	0.02	0.03	8	0.13	0.23	5	0.02	0.01	9
75	0.02	0.02	5	0.06	0.08	8	0.03	0.03	5	0.03	0.03	9

Prof.	Estación B1 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.97	0.09	5	0.90	0.42	8	0.69	0.35	5	0.62	0.31	9
25	0.98	0.05	5	1.06	0.35	8	0.68	0.35	5	0.56	0.36	9
50	1.23	0.39	5	1.02	0.63	8	0.63	0.73	5	0.93	0.16	9
75	1.76	0.80	5	1.50	0.87	8	1.38	0.51	5	1.46	0.45	9

Tabla 4.18. Igual que la tabla 4.17, pero para la estación B2.

Prof.	Estación B2 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.31	0.20	9	0.10	0.07	11	0.06	0.03	5	0.09	0.03	7
25	0.39	0.27	9	0.18	0.20	11	0.09	0.05	5	0.12	0.04	7
50	0.33	0.16	9	0.23	0.12	11	0.14	0.04	5	0.25	0.10	7
75	0.30	0.22	9	0.45	0.63	11	0.21	0.10	5	0.14	0.07	7
100	0.14	0.07	9	0.20	0.14	10	0.23	0.13	5	0.06	0.04	7

Prof.	Estación B2 (Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.73	0.08	4	5.20	0.18	7	4.44	0.56	4	5.32	0.42	6
25	5.67	0.06	4	5.43	0.27	7	5.09	0.37	4	5.36	0.41	6
50	5.46	0.24	4	5.64	0.45	7	5.36	0.78	4	5.71	0.80	6
75	5.39	0.30	4	5.06	0.32	7	4.72	0.70	4	5.41	0.66	6
100	4.99	0.17	2	4.75	0.33	4	5.14		1	4.81	0.33	4

Prof.	Estación B2 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.02	0.03	5	0.28	0.46	8	0.05	0.05	5	0.18	0.35	8
25	0.22	0.39	5	0.13	0.26	8	0.44	0.78	5	0.05	0.04	8
50	0.48	0.44	5	0.54	0.83	8	0.47	0.77	5	0.23	0.37	8
75	1.92	1.08	5	1.81	1.14	8	1.31	1.06	5	1.18	0.85	8
100	3.32	0.77	5	4.09	2.47	7	3.10	0.12	5	2.08	1.12	8

Prof.	Estación B2 (Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.02	0.02	5	0.06	0.11	8	0.02	0.03	5	0.06	0.12	8
25	0.01	0.01	5	0.02	0.02	8	0.03	0.04	5	0.05	0.10	8
50	0.05	0.08	5	0.09	0.12	8	0.05	0.08	5	0.07	0.09	8
75	0.02	0.02	5	0.13	0.15	8	0.14	0.18	5	0.08	0.05	8
100	0.03	0.05	5	0.09	0.11	7	0.15	0.17	5	0.09	0.07	8

Prof.	Estación B2 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.01	0.02	5	0.04	0.05	8	0.03	0.03	5	0.02	0.01	8
25	0.01	0.01	5	0.01	0.01	8	0.02	0.02	5	0.06	0.11	8
50	0.01	0.02	5	0.02	0.02	8	0.02	0.02	5	0.02	0.02	8
75	0.02	0.02	5	0.05	0.05	8	0.03	0.03	5	0.03	0.04	8
100	0.04	0.06	5	0.09	0.08	7	0.07	0.06	5	0.04	0.04	8

Estación B2 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.95	0.11	5	1.03	0.22	8	0.67	0.35	5	0.66	0.23	8
25	0.99	0.03	5	1.08	0.34	8	0.67	0.34	5	0.56	0.29	8
50	1.19	0.41	5	0.89	0.65	8	0.76	0.67	5	0.88	0.24	8
75	1.52	0.59	5	1.47	0.54	8	1.41	0.56	5	1.27	0.38	8
100	2.09	0.11	5	2.17	0.67	7	2.13	0.49	5	1.77	0.51	8

Tabla 4.19. Igual que la tabla 4.17, pero para la estación B3.

Estación B3 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.35	0.20	7	0.10	0.06	11	0.06	0.03	5	0.10	0.03	6
25	0.32	0.25	7	0.11	0.05	10	0.11	0.08	5	0.13	0.04	6
50	0.29	0.13	7	0.18	0.08	11	0.13	0.09	5	0.29	0.11	6
75	0.32	0.21	7	0.30	0.17	11	0.22	0.08	5	0.16	0.08	6
100	0.13	0.13	7	0.14	0.11	11	0.10	0.05	5	0.05	0.02	6

Estación B3 (Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.71	0.09	3	5.20	0.19	7	4.44	0.56	4	5.32	0.40	6
25	5.68	0.09	4	5.46	0.28	7	5.15	0.43	4	5.37	0.41	6
50	5.55	0.14	4	5.59	0.46	7	5.41	0.72	4	5.55	0.75	6
75	5.33	0.20	4	5.19	0.40	7	4.71	0.57	4	5.31	0.71	6
100	4.80	0.09	4	4.91	0.29	7	4.51	0.60	4	5.06	0.51	6
200	4.35	0.18	3	4.32	0.23	6	4.16	0.58	4	4.68	0.33	6

Estación B3 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.01	0.02	5	0.73	1.79	8	0.07	0.08	5	0.20	0.39	8
25	0.03	0.05	5	0.06	0.06	8	0.64	1.18	5	0.04	0.03	8
50	0.64	0.75	5	0.64	1.43	8	0.86	1.57	5	0.32	0.30	8
75	1.95	0.97	5	1.99	1.48	8	2.11	1.74	5	1.33	0.83	8
100	3.79	1.38	5	3.39	1.28	8	4.11	1.29	5	2.38	1.41	8
200	6.96	1.63	5	7.03	1.37	7	6.35	1.27	3	5.59	1.47	8

Estación B3 (Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.00	0.01	5	0.02	0.02	8	0.02	0.03	5	0.08	0.13	8
25	0.01	0.01	5	0.02	0.02	8	0.02	0.02	5	0.01	0.01	8
50	0.05	0.06	5	0.03	0.03	8	0.02	0.02	5	0.08	0.05	8
75	0.02	0.03	5	0.07	0.07	8	0.13	0.13	5	0.16	0.13	8
100	0.01	0.01	5	0.04	0.05	8	0.08	0.10	5	0.15	0.17	8
200	0.01	0.01	5	0.03	0.03	7	0.01	0.01	3	0.08	0.16	8

Estación B3 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.01	0.02	5	0.01	0.02	8	0.02	0.02	5	0.02	0.02	8
25	0.01	0.01	5	0.01	0.01	8	0.02	0.02	5	0.01	0.01	8
50	0.01	0.01	5	0.03	0.04	8	0.14	0.25	5	0.02	0.02	8
75	0.02	0.02	5	0.05	0.05	8	0.03	0.03	5	0.04	0.05	8
100	0.05	0.07	5	0.08	0.07	8	0.12	0.12	5	0.05	0.06	8
200	0.12	0.15	5	0.17	0.15	7	0.12	0.17	3	0.14	0.12	8

Estación B3 Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.94	0.13	5	0.85	0.55	8	0.67	0.35	5	0.70	0.20	8
25	0.92	0.14	5	0.91	0.44	8	0.88	0.64	5	0.59	0.28	8
50	1.24	0.39	5	1.09	0.61	8	1.04	1.03	5	0.81	0.16	8
75	1.57	0.50	5	1.66	0.59	8	1.74	1.18	5	1.01	0.25	8
100	2.39	0.48	5	2.26	0.44	8	2.38	0.96	5	1.56	0.50	8
200	4.41	0.82	5	4.32	0.70	7	4.12	0.17	3	3.74	0.39	8

Tabla 4.20. Profundidad media del disco de Secchi para las estaciones de la radial de Baleares, al sur de la bahía de Palma de Mallorca. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   n° de datos												
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
B1	23.0	5.2	27	25.6	6.8	29	31.4	6.3	18	26.1	5.9	22
B2	22.6	4.8	27	27.7	6.8	30	32.8	5.1	19	27.4	5.6	21
B3	22.0	4.8	27	28.2	6.2	26	31.7	5.7	18	27.0	3.9	20

Tabla 4.21. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación MH2. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Estación MH2 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.60	0.44	7	0.16	0.13	6	0.05	0.01	2	0.14		1
25	0.42	0.22	7	0.25	0.29	6	0.05	0.01	2	0.15		1
50	0.28	0.17	7	0.35	0.26	6	0.11	0.01	2	0.26		1
75	0.21	0.14	7	0.19	0.11	6	0.35	0.23	2	0.09		1
100	0.25	0.19	7	0.10	0.06	6	0.18	0.08	2	0.01		1

Estación MH2 (Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.77	0.10	3	5.37	0.45	6	4.59	0.55	3	4.96	0.07	3
25	5.65	0.19	4	5.53	0.43	6	5.32	0.34	3	4.97	0.09	3
50	5.53	0.23	4	5.59	0.48	6	5.67	0.76	3	5.20	0.34	3
75	5.42	0.27	4	5.29	0.44	6	5.24	0.83	3	5.16	0.16	3
100	5.43	0.19	4	5.16	0.42	6	4.89	0.54	3	4.82	0.20	3

Estación MH2 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño	
0	0.57	0.24	2	0.07	0.07	3	0.08	0.01	2	0.14	1
25	0.89	0.41	2	0.28	0.37	3	0.11	0.05	2	0.02	1
50	1.02	0.47	2	0.35	0.40	3	0.06	0.01	2	0.07	1
75	1.14	0.45	2	2.37	1.76	3	0.78	0.73	2	0.63	1
100	1.23	0.38	2	3.06	1.35	3	3.18	0.78	2	1.13	1
180	1.91	0.39	2	3.13	0.38	2	5.35		1		

Estación MH2 (Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño	
0	0.13	0.06	2	0.02	0.01	3	0.02	0.01	2	0.01	1
25	0.20	0.08	2	0.05	0.05	3	0.02	0.01	2	0.00	1
50	0.30	0.16	2	0.06	0.06	3	0.02	0.01	2	0.05	1
75	0.27	0.09	2	0.08	0.03	3	0.13	0.03	2	0.12	1
100	0.27	0.07	2	0.05	0.01	3	0.06	0.02	2	0.12	1
180	0.27	0.09	2	0.04	0.00	2	0.05		1		

Estación MH2 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño	
0	0.04	0.01	2	0.02	0.00	3	0.02	0.01	2	0.01	1
25	0.03	0.00	2	0.01	0.00	3	0.02	0.00	2	0.01	1
50	0.04	0.01	2	0.04	0.02	3	0.02	0.00	2	0.01	1
75	0.04	0.00	2	0.08	0.05	3	0.03	0.02	2	0.02	1
100	0.04	0.00	2	0.11	0.04	3	0.09	0.02	2	0.04	1
180	0.06	0.00	2	0.14	0.04	2	0.30		1		

Estación MH2 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño	
0	1.40	0.10	2	1.13	0.13	3	0.88	0.01	2	0.64	1
25	1.50	0.18	2	1.41	0.29	3	0.88	0.03	2	0.55	1
50	1.53	0.19	2	1.37	0.31	3	0.59	0.09	2	0.75	1
75	1.59	0.21	2	1.99	0.92	3	1.14	0.39	2	0.89	1
100	1.61	0.16	2	2.24	0.75	3	2.02	0.04	2	1.01	1
180	1.85	0.16	2	2.46	0.08	2	2.88		1		

Tabla 4.22. Igual que la tabla 4.21, pero para la estación MH4.

Estación MH4 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.60	0.46	7	0.12	0.08	6	0.05	0.01	2			
25	0.44	0.24	7	0.35	0.35	6	0.06	0.01	2	0.17	0.02	2
50	0.31	0.17	7	0.41	0.26	6	0.13	0.01	2	0.19	0.06	2
75	0.17	0.07	7	0.21	0.11	6	0.52	0.18	2	0.14	0.03	2
100	0.11	0.15	7	0.11	0.04	5	0.09	0.00	2	0.04	0.01	2

Estación MH4 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.75	0.26	3	5.14	0.28	4	4.58	0.58	3	5.10	0.26	4
25	5.47	0.21	3	5.50	0.41	5	5.01	0.44	3	5.09	0.26	4
50	5.43	0.20	3	5.57	0.52	5	5.72	0.64	3	5.24	0.30	4
75	5.38	0.20	3	5.14	0.34	5	5.04	0.80	3	5.31	0.36	4
100	5.31	0.32	3	4.94	0.30	5	4.80	0.64	3	5.06	0.49	4
200	4.43	0.22	3	4.42	0.13	5	4.48	0.68	3	4.51	0.33	4
300	4.09	0.08	3	4.27	0.11	5	4.17	0.55	3	4.32	0.25	4
500	3.99	0.02	3	4.18	0.17	5	4.02	0.50	3	4.17	0.23	4
700	4.17	0.09	3	4.24	0.14	5	4.10	0.53	3	4.27	0.25	4
1000	4.19	0.06	3	4.32	0.09	5	4.24	0.56	3	4.37	0.24	4
1500	4.33	0.09	3	4.40	0.06	4	4.33	0.58	3	4.47	0.25	4

Estación MH4 (Nitratos (µM)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.06	0.41	2	0.39	0.60	4	0.10	0.08	2	0.05	NaN	1
25	1.15	0.44	2	0.25	0.21	4	0.11	0.02	2	0.03	0.03	2
50	1.27	0.32	2	0.57	0.43	4	0.13	0.07	2	0.33	0.23	2
75	1.39	0.38	2	2.94	0.75	4	1.24	0.72	2	1.03	0.62	2
100	4.11	3.25	2	3.87	1.45	4	3.68	0.28	2	1.64	0.74	2
200	6.79	0.59	2	6.27	2.04	4	6.50		1	6.06	0.42	2
300	7.77	0.32	2	6.73	1.99	4	7.50		1	7.78	0.08	2
500	8.84	0.34	2	7.11	1.78	4	9.51		1	8.83	0.64	2
700	8.76	0.23	2	7.07	1.82	4	9.75		1	8.63	0.63	2
1000	8.94	0.03	2	7.01	1.86	4	8.91		1	8.49	0.64	2
1500	8.85	0.03	2	6.94	1.79	4	9.02		1	8.08	0.30	2
2500	8.77	0.01	2	6.24	1.72	3	8.25		1	8.30	0.65	2

Estación MH4 (Nitritos (µM)   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.11	0.01	2	0.02	0.00	4	0.08	0.07	2	0.00		1
25	0.12	0.01	2	0.07	0.04	4	0.18	0.17	2	0.02	0.02	2
50	0.14	0.03	2	0.10	0.08	4	0.06	0.04	2	0.14	0.10	2
75	0.15	0.04	2	0.21	0.12	4	0.48	0.32	2	0.14	0.07	2
100	0.09	0.08	2	0.11	0.04	4	0.45	0.41	2	0.04	0.02	2
200	0.02	0.00	2	0.03	0.01	4	0.89		1	0.03	0.01	2
300	0.01	0.00	2	0.04	0.01	4	0.73		1	0.02	0.02	2
500	0.00	0.00	2	0.04	0.02	4	0.40		1	0.06	0.03	2
700	0.01	0.01	2	0.02	0.01	4	0.25		1	0.04	0.04	2
1000	0.00	0.00	2	0.03	0.01	4	0.75		1	0.02	0.02	2
1500	0.00	0.00	2	0.04	0.03	4	0.77		1	0.10	0.06	2
2500	0.00	0.00	2	0.02	0.01	3	0.55		1	0.03	0.02	2

Estación MH4. Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), desviación estándar y nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.04	0.01	2	0.05	0.03	4	0.04	0.02	2	0.01		1
25	0.03	0.00	2	0.03	0.00	4	0.05	0.04	2	0.02	0.02	2
50	0.04	0.00	2	0.03	0.01	4	0.06	0.03	2	0.03	0.01	2
75	0.04	0.00	2	0.08	0.01	4	0.05	0.03	2	0.03	0.00	2
100	0.16	0.13	2	0.17	0.06	4	0.13	0.03	2	0.04	0.02	2
200	0.26	0.03	2	0.37	0.03	4	0.25		1	0.18	0.14	2
300	0.32	0.01	2	0.41	0.03	4	0.31		1	0.26	0.18	2
500	0.39	0.03	2	0.46	0.06	4	0.42		1	0.36	0.14	2
700	0.38	0.02	2	0.46	0.06	4	0.44		1	0.34	0.19	2
1000	0.40	0.01	2	0.45	0.05	4	0.43		1	0.36	0.13	2
1500	0.39	0.01	2	0.44	0.05	4	0.41		1	0.40	0.08	2
2500	0.39	0.01	2	0.45	0.05	3	0.41		1	0.32	0.14	2

Estación MH4 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.39	0.07	2	1.30	0.31	4	0.84	0.07	2	0.56		1
25	1.39	0.08	2	1.50	0.17	4	0.92	0.21	2	0.64	0.07	2
50	1.47	0.00	2	1.55	0.56	4	1.33	0.15	2	0.76	0.10	2
75	1.50	0.05	2	2.54	0.53	4	1.63	0.20	2	1.05	0.16	2
100	2.89	1.49	2	3.01	0.60	4	2.34	0.16	2	1.40	0.10	2
200	3.93	0.46	2	5.13	0.66	4	3.59		1	3.49	0.48	2
300	5.25	0.24	2	6.22	0.68	4	4.72		1	5.22	0.45	2
500	7.37	0.41	2	7.60	0.40	4	6.99		1	7.34	0.20	2
700	7.67	0.71	2	8.14	0.47	4	7.82		1	7.71	0.31	2
1000	8.58	0.22	2	8.41	0.36	4	7.35		1	8.18	0.39	2
1500	8.69	0.30	2	8.28	0.43	4	7.50		1	8.05	0.01	2
2500	8.82	0.44	2	8.39	0.49	3	7.50		1	8.79	0.61	2

Tabla 4.23. Profundidad media del disco de Secchi para las estaciones de la radial de Mahón. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   nº de datos												
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
MH2	16.5	5.3	8	24.4	8.2	7	29.0		1	23.0	5.2	3
MH4	14.9	4.7	8	24.9	8.2	8	32.0		1	25.8	5.6	4

Tabla 4.24. Abundancias medias, expresadas en células por mililitro (cel./ml), a lo largo de la columna de agua en la estación CP2 para los grupos micro-fitoplanctónicos: diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio, y los valores mínimos y máximos registrados para cada grupo y cada estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

Estación CP2. Diatomeas (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	62	153	8	0	465	16	23	7	0	69	1	1	7	0	4	28	38	6	1	105
10	35	72	8	0	224	22	25	7	0	56	2	3	7	0	9	40	55	6	0	145
20	4	5	8	0	13	35	52	7	0	141	4	5	7	0	12	30	46	5	1	121
50	4	3	8	0	10	57	123	7	0	358	8	16	7	0	48	13	11	6	2	32
75	3	3	7	0	11	23	36	7	0	107	13	28	7	0	83	1	0	4	1	2

Estación CP2. Dinoflagelados (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	6	8	8	0	21	7	6	7	0	16	5	9	7	0	27	18	15	6	0	42
10	6	7	8	0	21	6	6	7	0	15	3	3	7	0	8	17	10	6	0	31
20	5	6	8	0	19	7	9	7	0	25	6	7	7	0	20	8	6	5	0	16
50	2	1	8	0	4	10	11	7	0	30	8	12	7	0	35	10	11	6	1	27
75	3	3	7	0	10	2	3	7	0	7	4	7	7	0	22	1	0	2	1	1

Estación CP2. Pequeños flagelados (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	49	40	7	0	123	42	43	7	0	122	19	19	7	0	52	81	126	6	4	358
10	50	58	8	0	145	45	37	7	0	88	53	64	7	0	190	54	49	6	1	134
20	32	29	7	0	83	26	25	7	0	73	37	32	7	0	73	23	17	5	9	54
50	16	13	7	0	38	32	52	7	0	157	26	30	7	0	85	52	63	6	5	175
75	14	22	7	0	66	12	15	7	0	47	9	8	7	0	21	3	3	5	1	8

Tabla 4.25. Igual que la tabla 4.24, pero para la estación C20.

Estación C20. Diatomeas (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	16	17	8	0	54	41	54	8	0	165	1	1	5	0	4
25	16	20	8	0	65	34	59	8	0	183	1	2	5	0	5
50	10	11	8	0	35	5	5	7	0	14	3	3	5	0	6
75	13	14	8	0	44	7	8	8	0	21	7	7	5	0	19
95	13	18	8	0	53	4	5	7	0	13	3	3	4	0	8

Estación C20. Dinoflagelados (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	11	11	9	0	30	8	9	8	0	25	10	14	5	0	37
25	5	5	8	0	18	6	6	8	0	20	8	10	5	0	26
50	5	6	9	0	15	5	7	7	0	18	7	9	5	0	23
75	3	3	9	0	8	7	14	8	0	44	3	4	5	0	9
95	2	3	8	0	9	3	3	7	0	8	4	4	4	0	10

Estación C20. Pequeños flagelados (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	67	62	8	0	208	27	21	7	0	52	15	14	5	0	37
25	52	31	8	0	103	46	50	8	0	146	34	30	5	0	75
50	27	23	8	0	61	33	33	7	0	88	21	22	5	0	58
75	21	15	9	0	43	14	14	8	0	43	10	11	5	0	28
95	15	18	8	0	58	11	11	7	0	29	5	8	4	0	19

Tabla 4.26. Igual que la tabla 4.24, pero para la estación B1.

Estación B1. Diatomeas (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	7	15	15	0	51	3	4	14	0	15	3	3	7	0	9
25	4	6	12	0	24	2	2	14	0	5	1	1	9	0	2
50	4	4	12	0	15	4	10	15	0	38	1	1	9	0	4
75	3	3	12	0	9	9	16	13	0	61	2	3	8	0	8

Estación B1. Dinoflagelados (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4	3	15	1	11	8	7	14	1	29	12	14	7	3	46
25	3	2	12	0	8	9	6	14	3	19	6	3	9	0	10
50	4	3	12	1	13	5	5	15	0	19	6	4	9	0	15
75	3	3	12	0	10	4	4	13	1	17	4	3	8	0	9

Estación B1. Pequeños flagelados (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	13	23	15	0	83	28	43	14	0	150	17	16	7	1	42
25	51	78	13	0	232	15	36	14	0	129	9	12	10	0	38
50	24	29	13	0	80	7	9	15	0	31	4	3	9	0	7
75	13	23	12	0	66	5	9	13	0	33	7	10	9	0	26

Tabla 4.27. Igual que la tabla 4.24, pero para la estación B2.

Estación B2. Diatomeas.(células/ml)														
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño				
	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4	6	0	13	2	3	6	0	7	1	1	3	0	2
25	3	6	1	10	16	28	6	0	77	3	2	3	1	5
50	7	6	1	20	16	32	6	0	88	1	1	3	0	2
75	11	6	0	32	20	35	6	1	99	3	4	3	0	8
100	4	3	0	9	5	6	5	0	15	16	12	3	5	32

Estación B2. Dinoflagelados (células/ml)														
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño				
	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	2	6	0	7	13	16	6	1	46	18	13	3	1	33
25	3	6	0	8	8	5	6	1	15	21	21	3	3	51
50	3	6	1	8	16	20	6	1	59	11	6	3	2	16
75	2	6	0	4	15	19	6	1	52	9	10	3	1	24
100	4	6	1	12	25	40	5	1	103	8	9	3	1	21

Estación B2. Pequeños flagelados (células/ml)														
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño				
	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	49	44	3	138	71	91	6	0	254	22	19	3	1	47
25	79	84	6	259	42	39	6	4	114	41	28	3	12	79
50	47	56	6	166	38	16	5	18	62	26	15	3	12	46
75	11	6	5	4	22	15	9	6	27					
100	17	10	5	3	32	12	7	5	2	18	10	4	3	5

Tabla 4.28. Igual que la tabla 4.24, pero para la estación B3.

Estación B3. Diatomeas (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	7	6	6	2	19	3	4	6	0	9	1	1	3	0	1	3	2	7	0	7
25	9	11	6	0	32	4	5	6	0	16	1	1	3	0	2	2	3	7	0	8
50	5	7	6	0	21	6	6	6	1	17	7	5	3	0	13	5	8	7	0	24
75	10	16	5	0	41	9	14	5	0	37	13	10	3	4	27	8	15	5	0	37
100	5	6	6	0	16	8	7	6	0	17	10	4	3	4	15	2	1	5	0	3

Estación B3. Dinoflagelados. Valores (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4	4	6	0	13	31	54	6	1	151	27	22	3	0	55	7	6	7	0	19
25	4	5	6	0	11	15	16	6	3	49	16	10	3	2	23	20	40	7	0	118
50	4	4	6	0	10	7	5	6	2	15	19	15	3	2	39	3	2	6	1	5
75	5	5	5	0	14	20	17	5	2	49	10	9	3	0	22	3	2	5	0	6
100	1	1	6	0	4	83	175	6	0	474	6	8	3	0	17	2	2	6	1	7

Estación B3. Pequeños flagelados. Valores (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	82	62	6	0	184	79	71	6	8	180	24	8	2	15	32	58	37	6	24	122
25	76	57	6	17	175	94	111	6	6	317	24	1	1	1	32	35	7	2	92	
50	36	19	5	16	61	58	46	6	1	128	46	30	3	13	86	28	21	7	0	63
75	37	42	5	5	113	12	5	4	5	17	12	7	3	4	20	19	20	5	0	58
100	11	10	6	0	26	25	33	6	1	92	7	6	3	3	16	11	18	6	0	51

Tabla 4.29. Igual que la tabla 4.24, pero para la estación MH2.

Estación MH2. Diatomeas (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	3	5	7	0	15	1	1	6	0	3	0	0	3	0	0
25	1	1	6	0	3	1	1	6	0	2	1	1	3	0	2
50	1	1	7	0	2	1	1	6	0	3	9	12	3	0	26
75	27	60	7	0	174	8	15	6	0	41	24	34	3	0	71
100	22	35	7	0	93	1	2	6	0	5	4	5	3	0	12

Estación MH2. Dinoflagelados (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4	5	7	0	12	4	8	6	0	23	1	2	3	0	4
25	9	12	6	1	36	3	4	6	0	10	5	7	3	0	16
50	4	5	7	0	16	3	4	6	0	10	2	3	3	0	6
75	6	10	7	0	31	4	6	6	0	15	1	2	3	0	4
100	13	25	7	0	74	2	2	6	0	6	1	2	3	0	3

Estación MH2. Pequeños flagelados (células/ml)															
Invierno				Primavera				Verano				Otoño			
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	101	83	7	0	226	73	100	6	0	290	11	15	3	0	32
25	97	70	6	20	221	69	77	6	0	227	15	21	3	0	45
50	52	63	7	0	195	50	39	6	0	108	10	15	3	0	31
75	30	32	7	0	94	30	42	6	0	121	0	1	3	0	1
100	18	17	7	0	42	12	14	6	0	38	1	1	3	0	3

Tabla 4.30. Abundancias medias, expresadas en células por mililitros (cel./ml), a lo largo de la columna de agua en la estación CP2 para las células nanoeucariotas, piceocariotas, bacterias del género *Prochlorococcus* y *Synechococcus*. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio, y los valores mínimo y máximo registrados para cada grupo y estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

Estación CP2. Nanoeucariotas (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	1699	1075	7	775	3410	906	531	5	3	1591	464	249	7	3	898	1247	753	4	560	2521
10	1755	1009	7	811	3455	811	531	5	0	1659	439	217	7	0	731	1394	1235	4	445	3511
20	1172	813	7	93	2840	1015	721	5	0	2156	515	229	7	0	701	1170	581	4	669	2159
50	797	380	7	165	1291	643	460	5	0	1074	10604	18993	7	0	55327	732	357	4	246	1224
75	394	293	6	62	772	281	125	5	84	458	453	198	7	174	810	220	196	3	66	497

Estación CP2. Picoeucariotas (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4734	3182	7	2090	11755	1314	733	5	0	2132	640	324	7	0	1157	7157	11569	4	286	27193
10	3862	1869	7	1407	6934	1349	736	5	0	2006	694	381	7	0	1145	8080	13385	4	314	31263
20	3173	1925	7	90	5620	1435	915	5	0	2856	741	443	7	6	1492	3811	5693	4	352	13670
50	2954	1968	7	416	5591	2233	2473	5	3	6446	2704	3062	7	3	9479	2046	1947	4	439	5243
75	1580	1327	6	252	4090	1419	909	5	93	2758	2002	1122	7	710	3926	732	679	3	114	1677

Estación CP2. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
Prof.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	5000	8177	7	263	24890	2177	2955	5	0	7590	6528	12470	7	0	36441	32485	28956	4	1023	79782
10	5449	8000	7	314	24739	3756	5465	5	0	14165	6159	9414	7	209	26137	24665	17066	4	1190	47886
20	5975	8916	7	0	27370	7109	6792	5	0	18839	6487	9449	7	62	23706	24106	13082	4	1791	34523
50	4448	4819	7	356	14848	3811	1821	5	1371	6150	25457	11981	7	6150	43729	22964	19595	4	5859	56108
75	1806	1324	6	3	3895	3932	5966	5	293	15773	10961	6923	7	2264	21123	5152	4115	3	2048	10967

Estación CP2. <i>Synechococcus</i> (células/ ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n					
0	25881	10808	7	12800	41387	8796	8388	5	30	22419	17631	14588	7	30	39986	24916	6845	4	16672	35329
10	24785	11902	7	12422	47176	11320	10011	5	37	24737	16186	15041	7	67	40659	25375	9924	4	10547	38235
20	33774	29970	7	11886	105140	17164	22882	5	0	59184	19796	17234	7	482	48106	26326	14008	4	13496	48873
50	16684	13270	7	368	35247	34586	35493	5	123	81432	28526	20853	7	123	55279	8504	6949	4	2856	20407
75	9815	6410	6	850	17213	5402	5057	5	144	14428	10171	10004	7	1252	26160	797	741	3	237	1844

Tabla 4.31. Igual que la tabla 4.30, pero para la estación CP4.

Estación CP4. <i>Nanoeucariotas</i> (células/ ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n					
0	1705	851	7	889	3535	522	282	4	66	790	430	178	7	66	686	735	312	5	355	1294
10	1534	294	5	1111	1983	647	419	4	165	1319	444	160	6	165	628	786	507	4	239	1606
20	1912	897	7	798	3713	548	341	4	78	1038	516	206	7	78	765	822	462	5	295	1683
50	1573	1028	7	547	3839	579	346	4	149	1062	674	502	7	149	1556	660	146	5	407	809
75	557	546	7	96	1490	435	148	4	278	638	992	490	7	377	1796	171	110	5	72	333
100	221	173	7	21	512	143	86	4	39	246	172	96	7	60	377	89	68	5	9	198

CP4. <i>Picoeucariotas</i> (células/ ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n					
0	6378	4458	7	937	14537	1234	547	4	329	1752	679	314	7	329	1359	1354	1055	5	322	3129
10	7462	4182	5	940	13677	1103	476	4	365	1659	670	218	6	365	1025	1418	864	4	333	2695
20	6538	4643	7	901	15030	1749	1317	4	305	3892	695	245	7	305	1065	1645	1402	5	382	4245
50	5326	2458	7	1757	10000	3045	2074	4	281	5340	523	268	7	46	878	2451	2216	5	166	6515
75	1820	1429	7	75	4195	1548	734	4	914	2780	1946	1805	7	569	6114	434	204	5	260	817
100	733	520	7	21	1380	465	279	4	39	763	416	259	7	120	784	572	511	5	114	1449

Estación CP4. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	5953	6164	7	218	18922	425	398	4	0	994	4606	8990	7	0	26515	23757	14596	5	0	37571
10	9750	11682	5	186	31955	698	599	4	3	1446	5961	7956	6	411	22788	31639	18286	4	0	43447
20	11810	14057	7	308	36408	26610	43707	4	0	102266	5523	8826	7	413	26872	36220	25255	5	0	67057
50	9462	10728	7	1388	34832	12423	11489	4	1901	31104	15697	9322	7	3042	26042	19156	18968	5	1347	50835
75	4269	4043	7	695	11064	10582	13120	4	1530	33224	18790	11231	7	4780	36266	10622	14427	5	341	38126
100	1257	979	7	263	3273	2253	3476	4	120	8267	5963	6466	7	383	18168	4822	5952	5	704	16611

Estación CP4. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	34677	22431	7	10093	83215	15653	5149	4	10294	24102	20017	12312	7	4030	36508	30049	7674	5	16776	38121
10	35530	23918	5	13243	77329	27497	22097	4	11710	65620	17537	13551	6	943	40370	35795	7489	4	24231	43192
20	34595	15884	7	15390	58235	42881	37890	4	5680	102040	17305	16127	7	247	43153	31829	9058	5	15728	43663
50	23149	10681	7	13458	46169	41179	17849	4	11865	55584	31526	15858	7	11536	55584	5456	3936	5	431	9810
75	6571	6994	7	60	20496	10708	11025	4	2532	29686	7281	3162	7	3428	12501	1017	1085	5	129	3105
100	1861	1660	7	45	4485	1601	841	4	231	2515	621	602	7	159	1755	342	205	5	108	638

Tabla 4.32. Igual que la tabla 4.30, pero para la estación C20.

C20. Nanoeucariotas. Valores en células/ml																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	1517	885	7	512	3413	1064	600	5	138	1892	767	533	5	250	1760	519	148	4	365	753
25	1098	426	7	563	1881	815	375	5	171	1290	612	164	5	410	913	637	188	4	424	933
50	629	223	7	398	1013	1012	710	5	288	2234	660	147	5	481	898	681	143	4	493	836
75	368	185	7	33	659	718	962	5	81	2632	653	294	5	243	1088	294	146	3	99	452

Estación C20. Picoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4346	4749	7	766	15113	1120	556	5	180	1728	842	268	5	530	1188	788	117	4	596	889
25	3544	3432	7	853	11482	1121	798	5	332	2386	800	175	5	480	967	656	122	4	485	824
50	2492	1769	7	572	6230	3782	4339	5	595	12259	703	294	5	467	1225	1913	770	4	857	2818
75	1210	1029	7	36	3547	1397	931	5	383	2650	2512	1819	5	663	5791	2897	1235	3	1377	4401

Estación C20. Prochlorococcus (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	4712	6920	7	464	20607	620	458	5	144	1425	4961	9805	5	0	24570	7658	1276	4	6318	9703
25	7187	11679	7	473	35151	1471	1354	5	171	3913	5596	8612	5	199	22622	10610	3031	4	7668	15672
50	2562	3102	7	0	9485	5807	8920	5	491	23587	12733	7838	5	2328	21269	41759	17252	4	23902	60721
75	913	799	7	133	2305	2219	2962	5	132	8047	14185	10859	5	4638	33054	16016	12849	3	2365	33229

Estación C20. Synechococcus (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	33275	16737	7	15397	62845	6430	5110	5	346	13261	30609	19922	5	10681	68156	35138	6170	4	27633	44775
25	32478	12825	7	14382	50656	9301	6431	5	1427	15869	31570	22982	5	8149	66417	34701	5699	4	28401	43535
50	15804	11297	7	2698	40564	20074	13857	5	7069	41817	28043	9321	5	13578	41848	10319	2269	4	7549	13831
75	6228	5063	7	45	17066	4872	2742	5	680	8718	23248	21419	5	2111	59018	1854	287	3	1500	2203

Tabla 4.33. Igual que la estación 4.30, pero para la estación C18.

Prof.	Estación C18. Nanoeucariotas (células/ml)																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	Max.	Min.	n	Max.	Min.	n	Max.							
0	1347	803	7	443	2848	1077	665	5	177	2007	688	163	5	417	902	545	225	4	223	757
25	1119	576	7	395	2120	1045	648	5	34	1677	620	65	5	573	749	483	162	4	271	663
50	1197	938	7	350	3302	1492	956	5	281	2923	884	306	5	399	1255	384	117	4	238	555
75	398	166	7	24	530	368	121	5	198	554	1162	1082	5	356	3276	205	57	4	132	282
100	200	126	7	6	374	152	61	5	72	249	168	101	5	48	308	90	19	4	69	120

Prof.	Estación C18. Picoeucariotas (células/ml)																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	Max.	Min.	n	Max.	Min.	n	Max.							
0	4868	3999	7	1091	13126	800	293	5	341	1239	783	233	5	434	1051	819	316	4	529	1352
25	4192	3052	7	1136	10520	960	792	5	25	2398	1034	355	5	617	1645	806	288	4	432	1234
50	2749	1708	7	1387	6530	2803	1872	5	147	5489	1195	682	5	463	2334	1245	696	4	411	1997
75	1772	1178	7	192	3527	1301	477	5	662	1904	1292	583	5	375	2048	1401	294	4	895	1627
100	986	965	7	15	2868	440	355	5	18	1033	792	577	5	254	1886	716	102	4	593	853

Prof.	Estación C18. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	Max.	Min.	n	Max.	Min.	n	Max.							
0	7069	9256	7	344	26421	226	404	5	0	1029	8509	10558	5	0	25033	8087	3321	4	4360	13457
25	8419	10485	7	203	26722	662	986	5	0	2593	4273	7790	5	0	19842	14572	5682	4	8007	21960
50	7518	8253	7	404	20995	8067	6564	5	2607	17444	28683	11622	5	16054	50292	59413	25547	4	15634	80066
75	2594	3685	7	186	11348	2814	2362	5	266	6069	12883	11147	5	1153	33246	22645	13853	4	392	34954
100	621	521	7	0	1467	349	258	5	75	668	4127	4901	5	0	12827	6000	3437	4	410	9782

Estación C18. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n								
0	31525	23895	7	3156	84939	14316	6955	5	6713	27428	13405	14406	5	72	40005	30023	5541	4	23872	36816
25	34341	27132	7	3545	91006	27425	23129	5	10605	73120	15934	12606	5	1567	38906	31011	6537	4	21729	38996
50	26193	27209	7	3773	90139	49793	29060	5	19601	105334	28300	2970	5	24223	32542	8506	2977	4	4083	12478
75	6573	3063	7	683	10506	7187	4374	5	1698	11955	10260	7001	5	2257	23114	1272	958	4	467	2881
100	2889	2688	7	150	8312	1833	1096	5	257	3261	1392	935	5	473	3063	245	58	4	177	329

Tabla 4.34. Igual que la estación 4.30, pero para la estación B2.

Estación B2. Nanoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n								
0	1841	1123	3	838	3409	838	418	5	159	1255	536	82	3	425	620	901	655	4	329	1998
25	1448	569	3	1009	2251	1120	407	5	506	1737	652	89	3	533	746	766	672	4	207	1914
50	634	112	3	483	750	564	235	5	219	933	658	19	3	633	680	909	476	4	300	1603
75	742	651	3	126	1643	431	220	5	193	772	537	263	3	210	855	493	463	4	42	1179
100	534	480	3	90	1201	386	339	4	51	949	379	299	3	96	793	166	178	4	18	461

Estación B2. Picoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n	<i>media</i>	$\sigma$	n								
0	1696	294	3	1281	1909	949	418	5	314	1597	754	206	3	464	916	1213	1059	4	308	3003
25	3295	2241	3	934	6306	1256	564	5	560	2246	826	309	3	470	1223	1168	550	4	561	2011
50	2149	1385	3	683	4006	1428	762	5	389	2464	2902	3028	3	602	7180	2042	1005	4	563	3357
75	2648	2351	3	719	5958	1341	750	5	316	2466	4975	3409	3	2242	9781	929	511	4	254	1691
100	704	419	3	380	1296	819	555	4	254	1662	2870	1946	3	832	5490	589	346	4	174	1129

Estación B2. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.		
0	6242	8539	3	183	18318	1479	1910	5	0	5168	155	219	3	0	464	16339	12246	4	2802	36190
25	18941	22779	3	237	51007	777	616	5	0	1683	2806	3613	3	0	7907	23840	12011	4	10692	43183
50	15859	10593	3	1030	25117	9283	15566	5	272	40358	14549	16554	3	1060	37864	29076	8776	4	17719	42163
75	6833	5768	3	799	14604	8299	10140	5	132	25017	24644	18680	3	3159	48698	7930	6287	4	1363	16602
100	4960	4824	3	401	11635	5047	4904	4	0	11365	11941	8229	3	596	19861	7557	3997	4	1425	12566

Estación B2. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.		
0	42188	35292	3	11327	91588	16770	17002	5	464	49359	16083	7200	3	10833	26264	20974	5899	4	11204	26755
25	42616	24163	3	14243	73295	23670	16815	5	12701	57037	16995	10071	3	8500	31143	22471	8214	4	10680	32326
50	11479	1074	3	10086	12700	13632	11175	5	386	32960	8391	3720	3	3647	12732	7805	4289	4	1920	13870
75	6528	5759	3	772	14396	7017	3041	5	2222	10891	8424	5428	3	2310	15500	1125	945	4	314	2651
100	1825	1785	3	464	4347	2459	1748	4	189	5081	1647	488	3	1024	2215	266	168	4	108	518

Tabla 4.35. Igual que la tabla 4.30, pero para la estación MH2.

Estación MH2. <i>Nanoecartiotas</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.		
0	5045	5087	6	1288	15344	1263	978	5	171	3027	508	127	3	395	686	359	126	2	233	485
25	2545	2504	4	548	6838	1111	974	5	123	2912	675	91	3	584	799	8780	8482	2	298	17261
50	867	522	5	219	1519	766	356	5	159	1222	888	57	3	835	967	479	67	2	412	545
75	705	329	5	266	1039	634	639	5	162	1889	760	247	3	413	968	431	105	2	326	536
100	410	295	5	141	970	349	347	5	78	985	633	361	3	123	922	298	220	2	78	518

Estación MH2. Picoeucariotas (células/ml)													
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño			
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	
0	7151	7550	6	19222	569	5	1174	631	5	1842	320	512	1714
25	4438	5056	4	13061	755	5	1331	978	5	2596	314	294	1540
50	1112	608	5	2017	386	5	2097	2085	5	6135	575	478	1193
75	1327	855	5	2973	614	5	1888	1474	5	4429	234	814	937
100	1051	570	5	2099	608	5	716	847	5	2395	90	317	1162

Estación MH2. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)													
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño			
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	
0	6900	7258	6	21911	527	5	709	380	5	1081	0	365	18410
25	6204	2206	4	8788	2751	5	2003	2433	5	6794	0	111	26365
50	16382	12836	5	31046	746	5	10087	11560	5	30894	3593	248	18099
75	11096	13692	5	37366	281	5	9552	10906	5	26154	6072	1169	15416
100	2228	1562	5	4371	455	5	2082	2787	5	7590	335	6344	15003

Estación MH2. <i>Synechococcus</i> (células/ml)													
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño			
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	n	
0	34871	30567	6	100496	7237	5	28070	23884	5	66732	6692	3242	17574
25	23777	14345	4	37402	877	5	18776	17596	5	52711	2820	712	18028
50	18509	19575	5	56167	1545	5	15548	4207	5	18478	7353	1018	14263
75	9382	7572	5	22422	2015	5	6376	3090	5	10477	8075	458	10054
100	3949	1630	5	6632	2410	5	2426	1574	5	4859	503	5674	11410

Tabla 4.36. Igual que la tabla 4.30, pero para la estación MH4.

Estación MH4. Nanoeucariotas (células/ml)															
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño					
	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n
0	5344	5590	6	1092	533	6	351	105	3	1777	213	476	581	215	2
25	3417	3582	5	1720	1929	5	647	89	3	5527	171	719	509	296	2
50	1668	1126	5	1079	708	6	894	316	3	2350	176	1268	456	123	2
75	1181	1320	5	291	175	6	1078	114	3	641	111	1209	796	9	2
100	759	619	6	223	189	5	329	166	3	497	42	525	147	24	2
Estación MH4. Picoeucariotas (células/ml)															
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño					
	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n
0	7579	5818	6	1693	1087	6	603	160	3	3832	431	722	806	302	2
25	4257	5472	5	1558	777	5	815	130	3	2702	491	919	975	577	2
50	3350	2087	5	2483	2072	6	981	259	3	5557	428	1217	1165	650	2
75	2789	1852	5	988	485	6	4165	3266	3	1796	159	8396	875	135	2
100	3005	4141	6	507	329	5	739	210	3	952	129	942	306	189	2
Estación MH4. Prochlorococcus (células/ml)															
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño					
	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n
0	8716	7573	6	307	357	6	153	127	3	878	0	311	26403	11446	2
25	8375	7045	5	606	882	5	83	67	3	2342	0	165	26456	5718	2
50	7678	4443	5	4809	8618	6	16920	15957	3	23979	0	38402	25146	2572	2
75	7516	10127	5	3526	5595	6	24743	14277	3	15855	11312	44514	15838	647	2
100	4769	5727	6	207	207	5	4793	3322	3	596	171	7831	4310	4280	2

Estación MH4. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n								
0	39313	32289	6	6704	106274	24413	31114	6	1486	92606	11513	5271	3	4446	17099	20101	4008	2	16093	24109
25	23063	13219	5	10207	44472	27994	14273	5	9213	45287	14119	7353	3	4530	22399	17047	1848	3	15199	18895
50	18650	16127	5	6386	50262	28717	29419	6	2311	89337	14655	3658	3	9692	18400	15548	146	2	15402	15693
75	6774	4767	5	1677	13156	4411	4158	6	689	13096	21346	14708	3	7622	41744	4505	3939	2	566	8443
100	6192	8049	6	153	23549	2055	2045	5	225	5713	7592	9657	3	746	21249	181	79	2	102	260

Tabla 4.37. Tabla construida a partir de la información proporcionada en Fernández de Puelles et al., 2007. Abundancias medias, expresadas en individuos por metro cúbico para los principales grupos meso-zooplanktónicos en la estación B1. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para calcular el promedio.

Grupo	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n
Copépodos	624	237	10	637	254	10	473	151	10	404	131	10
Apendicularias	170	67	10	181	76	10	147	60	10	134	72	10
Cladóceros	23	16	10	144	118	10	177	168	10	34	25	10
Doliólidos	47	46	10	55	51	10	54	66	10	36	32	10
Quetognatos	17	14	10	20	14	10	21	12	10	21	11	10
sifonóforos	31	19	10	41	32	10	17	10	10	13	7	10
Ostrácodos	13	9	10	4	3	10	5	4	10	13	7	10
Escifozoos												
Biomasa (mg/m3)												

Según Fernández de Puelles et al. (2007), la media anual de la biomasa zooplanktónica es 5,4 mg/m<sup>3</sup>, con máximo en abril de 6,4 mg/m<sup>3</sup> y mínimo en agosto de 4 mg/m<sup>3</sup>.



## Capítulo 5. Tarragona y Barcelona



Las radiales más septentrionales dentro del sistema de monitorización del proyecto RADMED se encuentran dentro de la plataforma y talud continental de Cataluña. Concretamente se visitan de forma rutinaria dos radiales, una frente a la desembocadura del río Ebro, en la provincia de Tarragona (radial T), y otra frente a la ciudad de Barcelona (radial BNA). La figura 5.1 muestra la posición de ambas radiales, así como de las estaciones T2 y T4, dentro de la radial de Tarragona, y BNA2 y BNA4, en la radial de Barcelona. Estas estaciones son las que se utilizarán en el presente capítulo para ilustrar las condiciones representativas de las aguas de la plataforma (estaciones etiquetadas con el número 2) y del talud continental (estaciones etiquetadas con el número 4).

Esta región del Mediterráneo se caracteriza por la extensión a lo largo del talud continental de la Corriente Septentrional y de la formación sobre la ruptura de la plataforma del llamado Frente Catalán (Salat et al., 2002; Font et al., 1988; Salat y Font, 1987). Tal y como se esquematiza en la figura 5.1, el área localizada entre las costas catalanas y el norte de las islas Baleares se caracteriza por una circulación ciclónica, es decir, en contra de las agujas del reloj. Este tipo de circulación conlleva una divergencia de las aguas superficiales en la parte central con un ascenso de las aguas sub-superficiales y un hundimiento de las aguas superficiales en la periferia del giro. De esta forma la zona interior de la célula de circulación ciclónica, es decir, entre Cataluña y las Baleares, se caracteriza por salinidades más altas y temperaturas más bajas, debido al ascenso de las aguas de carácter mediterráneo, principalmente Agua Levantina Intermedia (ALI). Por el contrario, en la periferia del giro ciclónico hay una acumulación de aguas superficiales

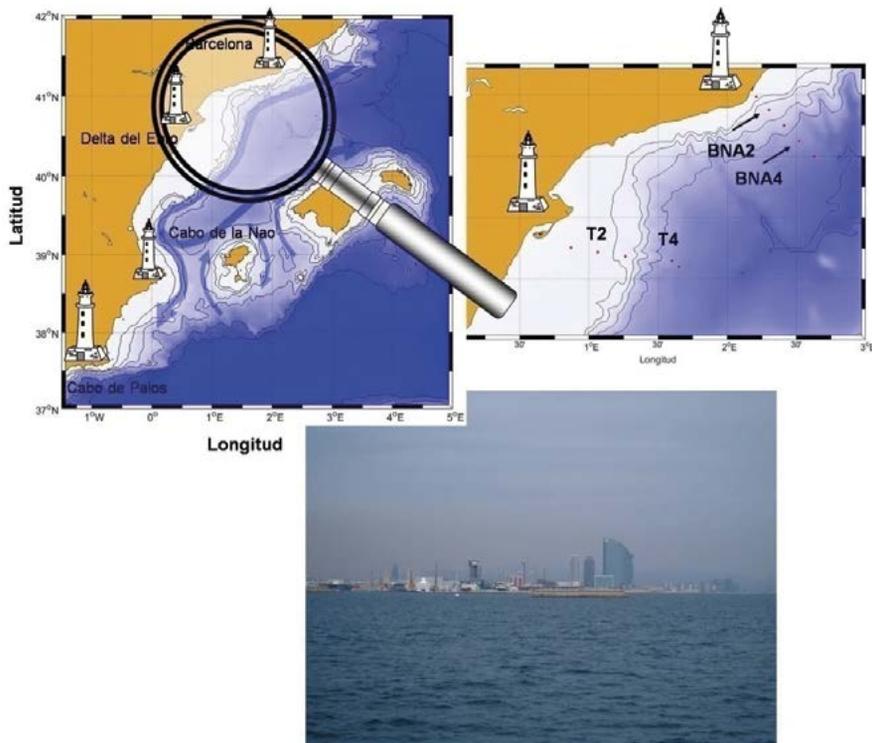


Figura 5.1. Mapa con la situación de las estaciones del proyecto RADMED correspondientes a las radiales de Tarragona y Barcelona. Fotografía de la ciudad de Barcelona durante una de las campañas RADMED.

y, en consecuencia, estas aguas sobre la plataforma continental de Cataluña y la plataforma norte de las Baleares tienen un carácter más atlántico, con salinidades más bajas. En el caso de las aguas catalanas hay que añadir a este efecto el de las aguas continentales procedentes de los aportes de los ríos como el Ebro (Salat y Font, 1987). De esta forma se genera un frente o zona de transición entre las aguas de la plataforma continental catalana, menos saladas, y las aguas de mar abierto, que denominamos Frente Catalán. De igual manera se genera otra zona de transición entre las aguas de mar abierto, más saladas, y las aguas de la plataforma al norte de las Baleares con mayor influencia del Agua Atlántica (AA). Llamamos a esta segunda zona Frente Balear (Ruiz et al., 2009; Pinot y Ganachaud, 1999; Pinot et al., 1995).

Otra de las características importantes de esta zona es la persistencia de vientos fríos y secos procedentes del continente durante el invierno. Estos vientos producen un considerable descenso de las temperaturas en la plataforma continental de Cataluña. El carácter más atlántico de las aguas de plataforma y los aportes de aguas continentales por parte de los ríos impiden el aumento excesivo de la salinidad. De esta forma se genera un agua muy fría ( $< 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y con salinidad entre 37,7 y 38,3 ups que se hunde bajo el AA y por encima del ALI (entre 100 y 200 m de profundidad) formando lo que se conoce como Agua Occidental Intermedia (AOI, Vargas-Yáñez et al., 2012a; Pinot y Ganachaud, 1999; López-Jurado et al., 1995; López-Jurado, 1990; Salat y Font, 1987).

Uno de los efectos de estos procesos de formación de aguas intermedias y de las intensas mezclas invernales que conllevan, es la homogeneización de las propiedades de la columna de agua en invierno, con un importante aporte de nutrientes a la capa fótica. Este aporte de nutrientes también se ve favorecido por los aportes de los ríos. Este fenómeno es aún más intenso más al norte, frente al Golfo de León, donde los procesos convectivos pueden afectar a toda la columna de agua produciendo la formación de aguas profundas, en lugar de intermedias. La formación de aguas profundas conlleva un aporte aún mayor de nutrientes a la superficie (Saiz et al., 2014), la oxigenación de las capas profundas del Mediterráneo Occidental y un considerable aumento de la productividad primaria de estas aguas, lo que podría afectar a las aguas del talud continental catalán por el efecto de la advección de la Corriente Septentrional. Como consecuencia de esta fertilización de las aguas durante el invierno, a finales del mismo o a principios de primavera, se produce una fuerte proliferación fitoplanctónica con dominio de las células de mayor tamaño (diatomeas) y un importante incremento de la producción primaria respecto de los valores característicos del resto del Mediterráneo (Estrada, 1996). Según avanza la primavera y sobre todo, ya en verano, se restablece la estratificación de las aguas, y a medida que se agotan los nutrientes en las capas más superficiales se desarrolla un Máximo Profundo de Clorofila (MPC) que en las aguas catalanas puede situarse entre 50 y 75 m de profundidad (Arín et al., 2005; Estrada, 1985).

## 5.1 Condiciones meteorológicas

La figura 5.2 muestra la rosa de los vientos medios diarios para las estaciones de Sant Jaume, próxima a la desembocadura del Ebro, y para Barcelona. Estas figuras indican con qué frecuencia los vientos diarios tienen una u otra dirección de procedencia. La escala de colores indica la intensidad en km/h de dichos vientos. También se incluyen en la figura 5.2 los valores medios para cada mes del año de las temperaturas mínimas, medias y máximas diarias en las dos estaciones meteorológicas citadas.

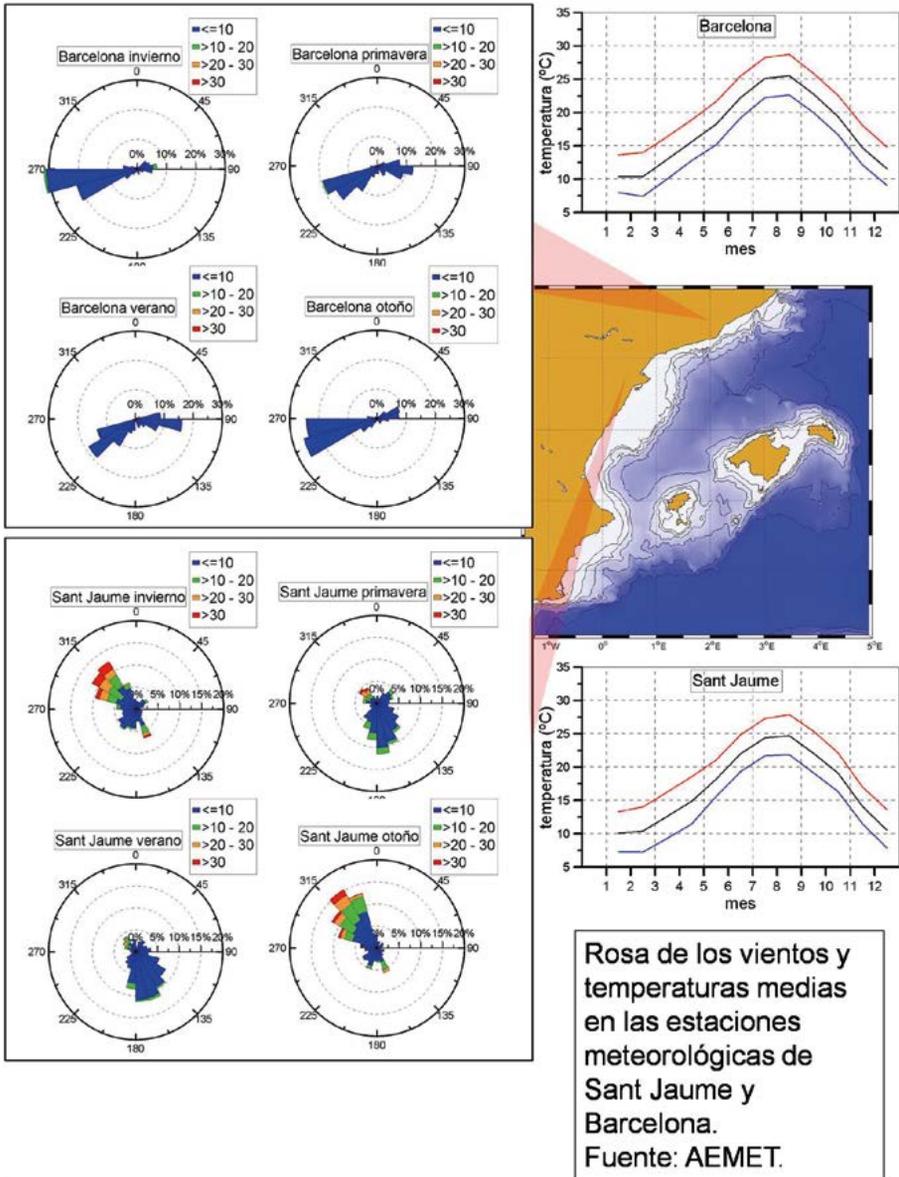


Figura 5.2. Rosas de los vientos y temperatura del aire en las estaciones meteorológicas de Sant Jaume (Tarragona) y Barcelona. La dirección de procedencia de los vientos viene expresada en tantos por ciento y la escala de colores indica su intensidad: Menor de 10 km/h (azul), de entre 10 y 20 km/h (verde), de entre 20 y 30 km/h (naranja) y de más de 30 km/h (rojo). La rosa de vientos de la equina superior izquierda corresponde al invierno, superior derecha a la primavera, inferior izquierda al verano e inferior derecha al otoño. Para cada estación se muestran las temperaturas promedio mínimas (azul), medias (negro) y máximas (rojo) para cada mes.

En el caso de Barcelona los vientos son principalmente del oeste-sudoeste, incrementándose ligeramente los vientos de componente este en primavera y verano. En general las intensidades son bajas no superando en promedio los 10 km/h. En Sant Jaume, las intensidades sí son altas en invierno y otoño, cuando la dirección predominante es del noroeste. Por el contrario en primavera y verano se produce un cambio, predominando los vientos del sudeste, en este caso más suaves.

Las temperaturas más bajas, como ocurre en el resto de las costas mediterráneas españolas, se registran en enero, y las máximas en agosto. En Barcelona los valores de enero para las mínimas, medias y máximas diarias son de 8,0, 10,4 y 13,7 °C respectivamente, mientras que los valores correspondientes al mes de agosto son 22,6, 25,5 y 28,7 °C. En Sant Jaume las temperaturas para los meses de enero y agosto son ligeramente más bajas que las registradas en Barcelona, siendo las mínimas, medias y máximas diarias para enero 7,3, 10,1 y 13,3 °C y para agosto 21,9, 24,7 y 27,9 °C.

## 5.2 Masas de agua

Las figuras 5.3 y 5.4 muestran los diagramas TS medios para las radiales de Tarragona (estaciones T2 y T4) y de Barcelona (BNA2 y BNA4).

En invierno, en las estaciones de plataforma, tanto en T2 como en BNA2, se observan temperaturas potenciales por debajo de los 13 °C. En el caso de la plataforma de Tarragona estas temperaturas se observan en prácticamente la totalidad de la columna de agua (75 m de profundidad) y corresponden a valores de salinidad de 37,63 ups en superficie y 38,13 ups a 75 m de profundidad. Estos valores TS y el enfriamiento de toda la columna de agua indican un proceso de formación de AOI frente a la desembocadura del Ebro, lo que estaría apoyado por los fuertes vientos del noroeste observados en la figura 5.2. La baja salinidad observada en la capa superficial de la estación T2 es provocada sin duda por los aportes del Ebro, cuya desembocadura se encuentra próxima a esta estación.

En la estación BNA2 la temperatura es algo más elevada en las capas superficiales, en torno a los 13 °C, cayendo por debajo de esta temperatura solo a 150 m de profundidad. Los valores de salinidad se encuentran en torno a 38,12 ups. Nuevamente podemos considerar que la plataforma continental frente a la ciudad de Barcelona es un lugar frecuente de formación de AOI. Por el contrario, esta masa de agua no se observa en invierno en las estaciones T4 y BNA4 sobre el talud. En primavera, es en la estación BNA4 donde vuelve a detectarse el AOI, pero solo a 200 m de profundidad (12,98 °C, 38,24 ups). Este hecho sugiere que se trata de AOI formada más al norte, posiblemente frente al Golfo de León durante el invierno anterior, y que unos meses más tarde alcanza el talud continental frente a Barcelona arrastrada por la Corriente Septentrional.

En cuanto a la salinidad superficial, ésta es mínima en invierno y primavera en la estación T2. Este comportamiento es justo el contrario al observado en todas las estaciones oceanográficas del Mediterráneo español (ver capítulos 3 y 4). Sin duda esto es debido al mayor caudal del Ebro en estos meses. En la estación T4 no se aprecia un ciclo estacional claro para la salinidad superficial que pudiera indicar en qué época es mayor la influencia del AA. Nuevamente suponemos que se trata de la influencia del Ebro, aunque mucho menor que en la estación T2, al estar más alejada de la desembocadura. En la radial de Barcelona, en cambio, vuelve a

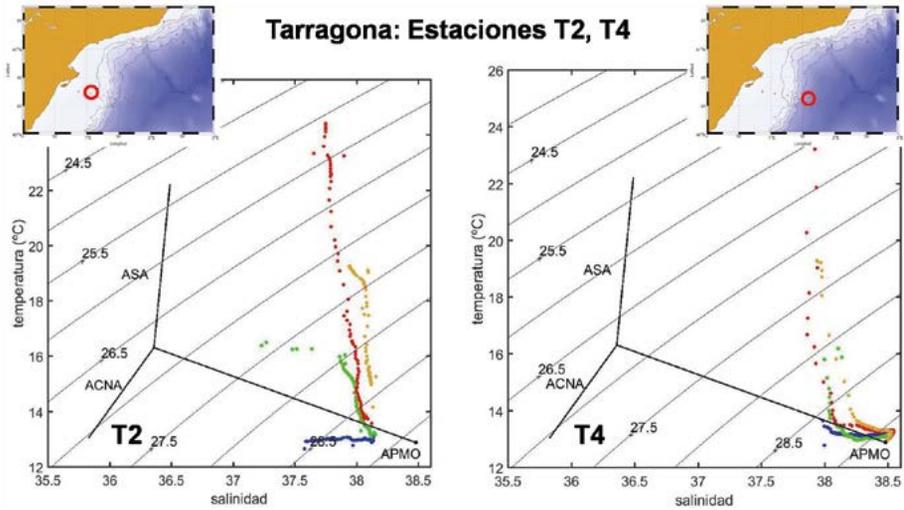


Figura 5.3. Diagramas TS medios para el invierno (azul), primavera (verde), verano (rojo) y otoño (marrón claro) obtenidos mediante el uso de todos los perfiles de temperatura potencial y salinidad procedentes de las campañas RADMED en las estaciones T2 y T4 de la radial de Tarragona.

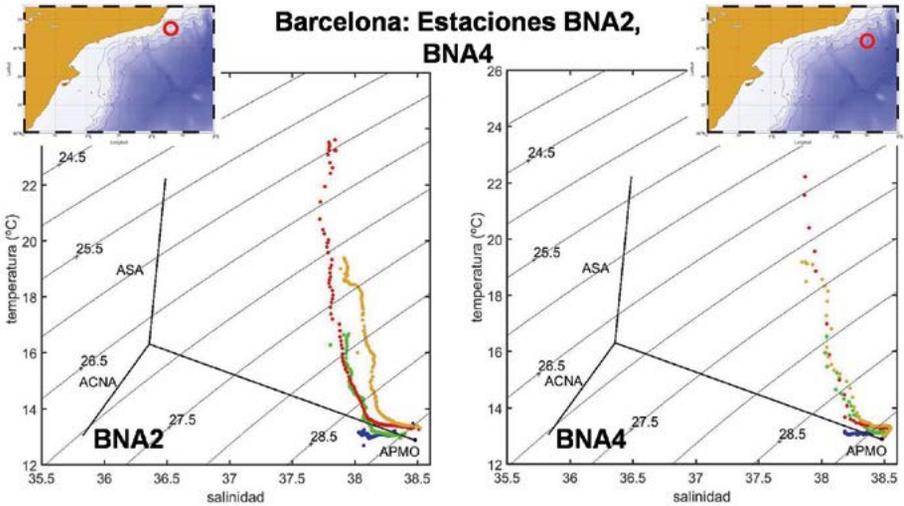


Figura 5.4. Igual que la figura 5.3, pero para las estaciones BNA2 y BNA4 de la radial de Barcelona.

observarse el mismo ciclo estacional que ya se ha descrito en otras partes del Mediterráneo, siendo la salinidad máxima en invierno en BNA2 y BNA4, con valores de 38,08 y 38,19 ups respectivamente, y mínima en verano en BNA2 (37,8 ups) y en otoño en BNA4 (37,85 ups). Este ciclo, con un carácter más atlántico de las aguas superficiales en verano y otoño debe estar ligado al descenso de la intensidad de los vientos y la mayor frecuencia de vientos de componente este (Fig. 5.2).

En las estaciones T4 y BNA4, debido a sus mayores profundidades, puede apreciarse claramente la presencia del ALI. Si consideramos el máximo de salinidad asociado a esta masa de agua como una indicación de la posición de su núcleo, éste se encuentra en T4 entre 400 y 600 m de profundidad con valores TS que varían según la estación del año, pero que pueden alcanzar 13,29 °C y 38,54 ups. En la estación BNA4 el núcleo del ALI varía entre 300 y 600 m y puede alcanzar valores de temperatura potencial y salinidad de hasta 13,3 °C y 38,55 ups. Las aguas más profundas de la estación BNA4 alcanzan los 1200 m de profundidad. Estas aguas serían una mezcla entre el ALI y el Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (APMOc) y tienen valores TS de 12,92-12,94 °C y 38,49 ups.

Tal y como se hizo en los capítulos anteriores, los valores medios, desviaciones estándar y número de datos promediados se ofrecen en las tablas 5.1 a 5.4.

### 5.3 Distribuciones de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a

Las figuras 5.5 y 5.6 muestran los perfiles verticales medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, nitratos y nitritos para las cuatro estaciones del año en las estaciones T2 y T4 de la radial de Tarragona.

En invierno se observa que las concentraciones superficiales de nitratos son elevadas, con un valor de 1,5  $\mu\text{M}$ . Como consecuencia, la concentración de clorofila en superficie es también relativamente alta (0,7  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y el máximo de clorofila se alcanza a 10 m de profundidad, con un valor de 0,75  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Estos valores son elevados si se comparan con los de las radiales de más al sur: Cabo de Palos, Canal de Ibiza y radial de Baleares, e incluso más altos que los de la radial de Mahón. El máximo de oxígeno se encuentra en superficie, como corresponde al máximo somero de clorofila. Se observa el Máximo Primario de Nitritos (MPN) a 20 m, por debajo del máximo de clorofila. Hay que señalar que los nitratos descienden por debajo de la superficie hasta los 50 m de profundidad, si bien se mantienen en valores en torno a 1  $\mu\text{M}$ . Este hecho sugiere que, al margen de la mezcla invernal ocasionada por los fuertes vientos del noroeste (ver Fig. 5.2), el aumento superficial de los nitratos puede estar ligado a los aportes del Ebro que se extienden por la superficie del mar. Este efecto sería menor hacia mar adentro como indican las concentraciones más bajas en superficie de nitratos en la estación T4 (0,49  $\mu\text{M}$ ) así como las concentraciones de clorofila en el máximo de clorofila y en superficie, 0,49 y 0,36  $\text{mg}/\text{m}^3$  respectivamente. La posición del máximo de clorofila en la estación T4, sobre el talud, está a 20 m, es decir, en aguas someras, lo que refleja nuevamente la fertilización de las aguas superficiales en invierno. Los valores del máximo de clorofila y la concentración de esta variable en superficie disminuyen en primavera tanto en plataforma como en talud, con valores en torno a los 0,3  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Mientras en la plataforma (T2), el máximo de clorofila sigue estando en aguas superficiales (10 m), en el talud ya se ha desarrollado un Máximo Profundo de Clorofila (MPC) a 50 m. Esta diferencia entre ambas estaciones es coherente con el hecho de que en la estación T4 los nitratos se han agotado en primavera (0,04  $\mu\text{M}$ ), mientras que en la plataforma aún hay concentraciones apreciables (0,16  $\mu\text{M}$ ). En verano las concentraciones de clorofila son muy bajas tanto en T2 como en T4, alcanzándose valores más altos en el MPC, el cual se desarrolla en ambas estaciones en torno a los 75 m de profundidad. En otoño las concentraciones de nitratos siguen siendo bajas en las aguas superficiales, al igual que las concentraciones de clorofila tanto en superficie como en el MPC.

Tarragona: T2

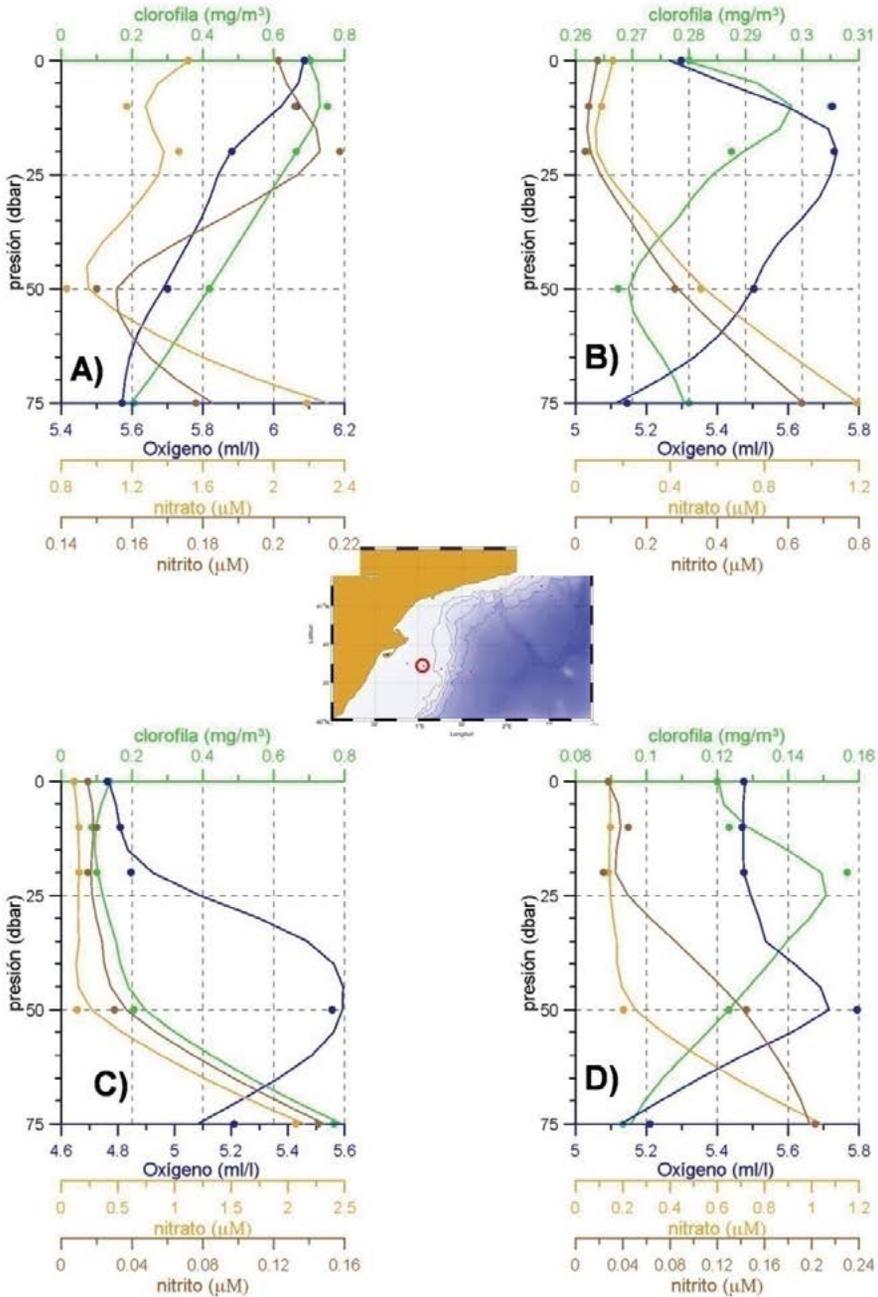


Figura 5.5. Perfiles verticales medios correspondientes a la estación T2, promediando todos los perfiles de las campañas RADMED para las concentraciones de clorofila-a (verde), oxígeno disuelto (azul), nitratos (marrón claro) y nitritos (marrón oscuro). La figura 5.5 A corresponde al invierno, B a la primavera, C al verano y D al otoño.

Tarragona: T4

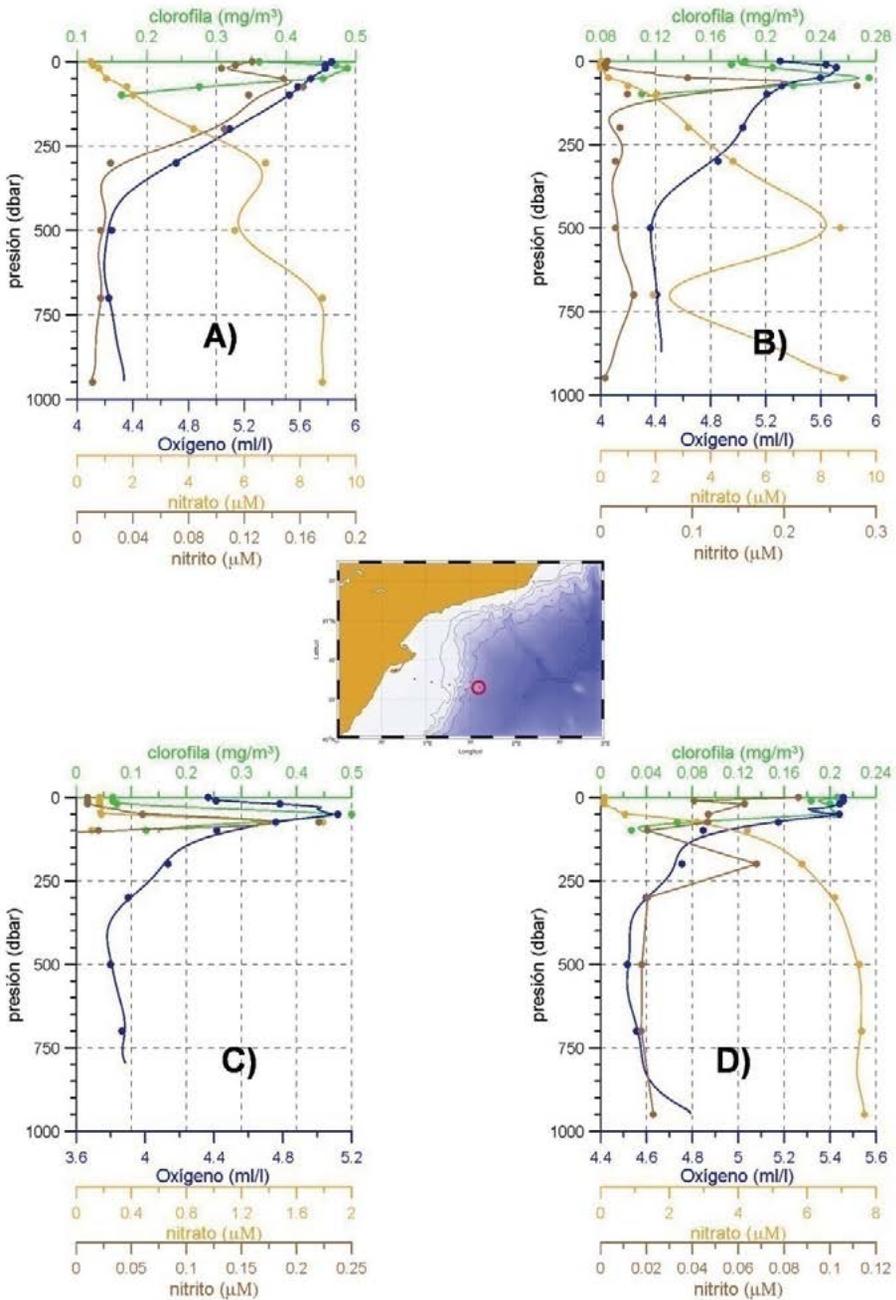


Fig. 5.6. Igual que la figura 5.5, pero para la estación T4.

Llama también la atención que durante la primavera, verano y otoño, no se observa el MPN en la estación T2 de plataforma, mientras que este rasgo está presente a lo largo de todo el año por debajo del máximo de clorofila en la estación exterior T4. Las estadísticas correspondientes a las concentraciones estacionales de clorofila, oxígeno, nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos para las estaciones T2 y T4 pueden consultarse en las tablas 5.5 y 5.6.

Las figuras 5.7 y 5.8 muestran los perfiles medios estacionales de clorofila-a, oxígeno disuelto, nitratos y nitritos en las estaciones BNA2 y BNA4 de la radial de Barcelona.

Al igual que sucedía en la radial de Tarragona, los valores más altos de clorofila y nitratos en superficie, así como la posición más somera del máximo de clorofila se observan en invierno, como consecuencia de la mezcla invernal. En primavera y verano, el MPC se hunde en BNA2 hasta los 50 y 75 m de profundidad respectivamente, al mismo tiempo que se agotan los nitratos en superficie. En primavera en BNA4 los nitratos están agotados a 10 m de profundidad, pero son muy elevados en superficie, donde también se registran concentraciones altas de clorofila. Esto hace pensar que se trate de una pluma de agua superficial de influencia continental, pero sorprende que su efecto se aprecie en la estación exterior y no en la estación de plataforma. También hay que señalar que los promedios para el verano en la radial de Barcelona están basados en tan solo tres veranos. Un verano anómalo, por cualquier circunstancia, desviaría mucho el valor medio de aquel que realmente represente las condiciones medias y más frecuentes. A medida que la serie temporal vaya haciéndose más larga podremos discernir si se trata de una anomalía o de una situación recurrente.

Finalmente en otoño, el MPC asciende hasta posiciones más próximas a la superficie (20 m) en ambas estaciones. Se produce una cierta homogeneización de los 20 m superiores de la columna de agua con un ligero aumento de las concentraciones de nitratos (0,25  $\mu\text{M}$ ), lo que sugiere el inicio de la actividad tormentosa.

En cualquier caso, sí parece claro que las concentraciones de clorofila y nutrientes en la capa superior de la columna de agua son más elevadas en la plataforma y talud continental catalán que en las estaciones situadas más al sur entre Cabo de Palos y el sur de las islas Baleares. Los valores al norte de las islas (radial de Mahón) resultarían similares, muy posiblemente por la mayor intensidad de los vientos invernales.

Las estadísticas correspondientes a las distribuciones estacionales de clorofila, oxígeno y nutrientes para las estaciones BNA2 y BNA4 se presentan en las tablas 5.7 y 5.8. También se adjunta la tabla 5.9 con los valores medios estacionales de las profundidades del disco de Secchi correspondientes a las radiales de Tarragona y Barcelona.

Para tener una idea de la productividad de toda la columna de agua, las figuras 5.9 y 5.10 presentan las concentraciones de clorofila, nitratos, fosfatos, silicatos y oxígeno disuelto integradas para los 100 m superiores de la columna de agua.

En la radial de Tarragona la capa de mezcla sigue el mismo comportamiento que ya se ha descrito para otras regiones, con un espesor máximo en invierno, mínimo en verano, y una cierta recuperación en otoño. Hay que señalar que en la estación T4 el espesor invernal de la capa de mezcla alcanza los 200 m de profundidad. Tanto en la estación T2 de plataforma, como en la estación T4 sobre el talud, la clorofila integrada es máxima en invierno, con valores

Barcelona: BNA2

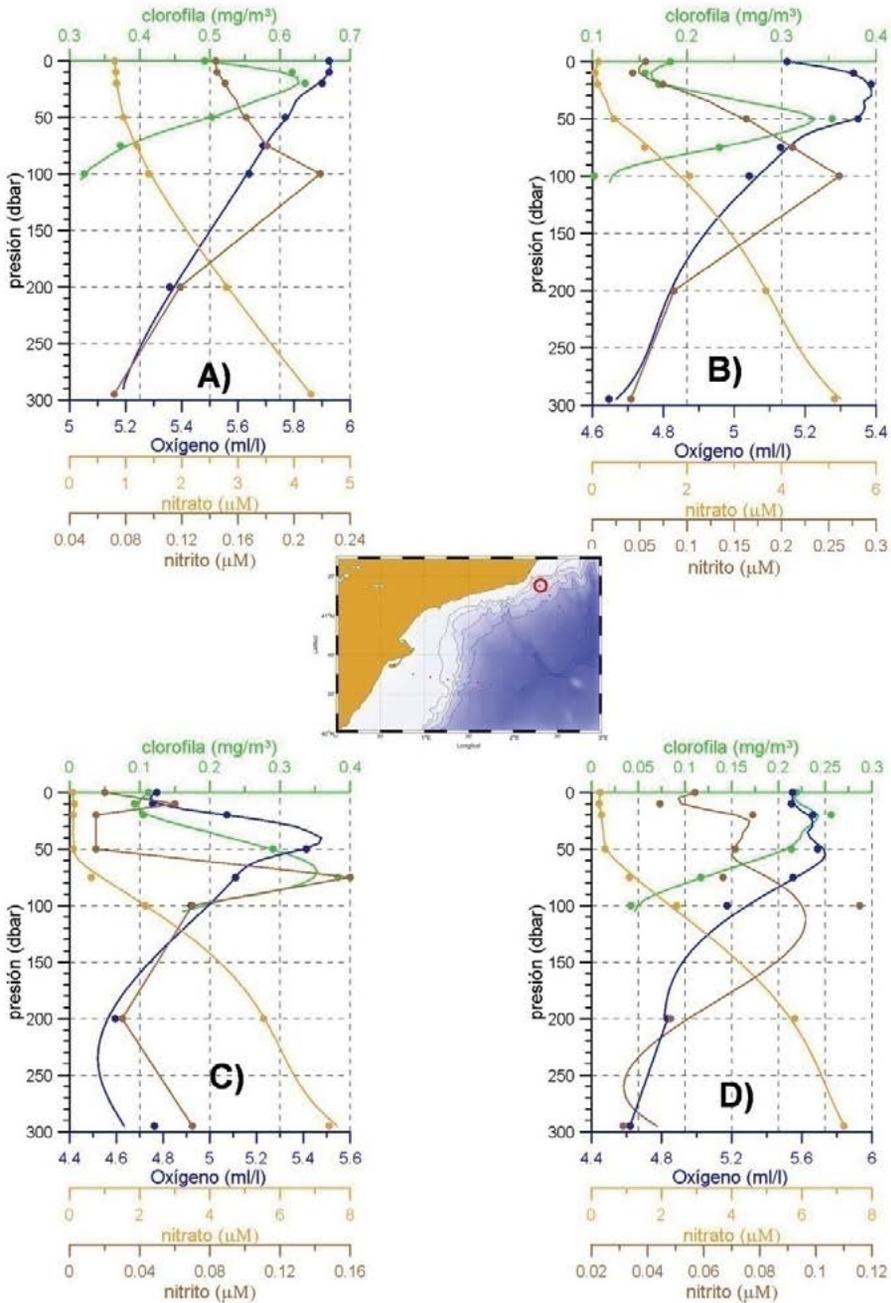


Figura 5.7. Igual que la figura 5.5, pero para la estación BNA2.

Barcelona: BNA4

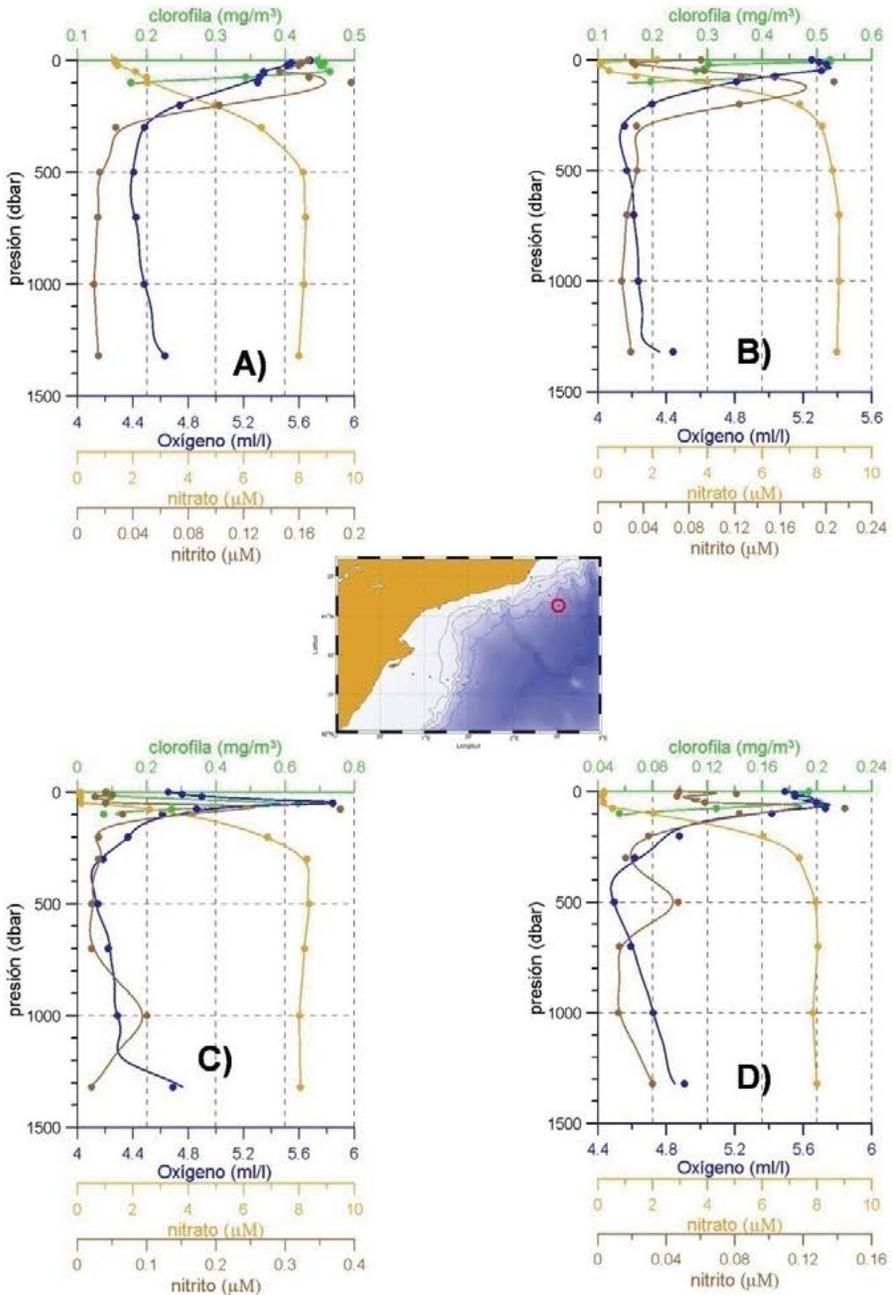
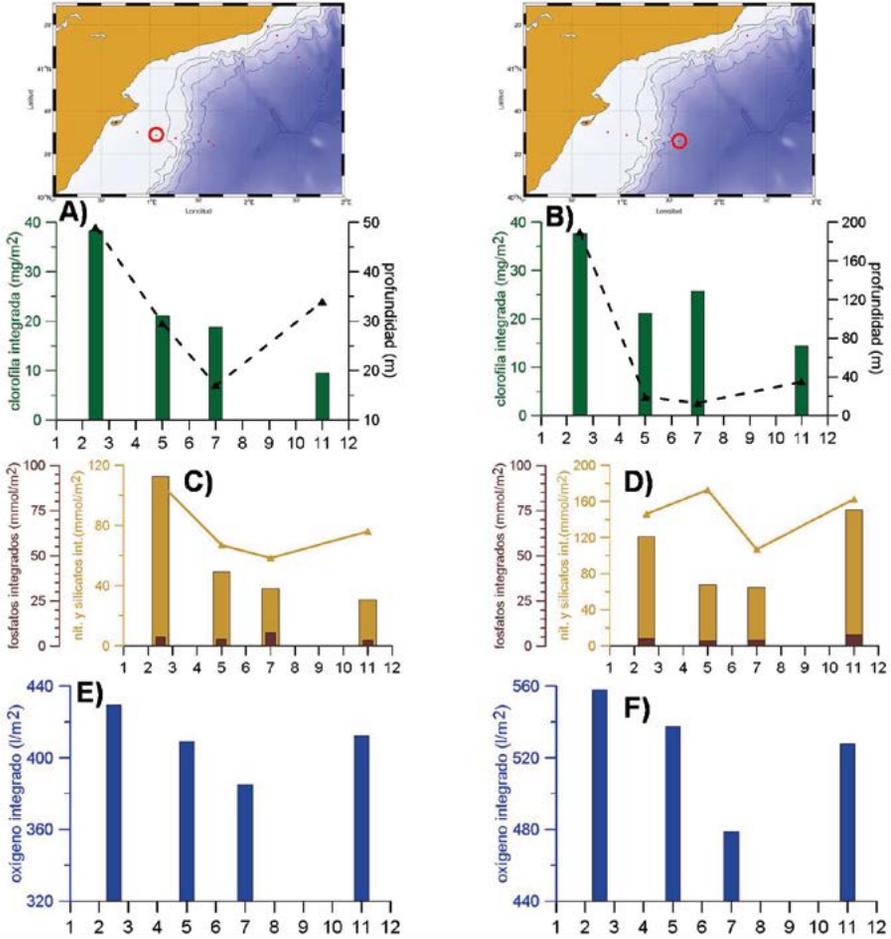


Figura 5.8. Igual que la figura 5.5, pero para la estación BNA4.

próximos a  $40 \text{ mg/m}^2$ . Estos valores van decreciendo a lo largo de todo el año hasta alcanzar los valores mínimos en otoño cuando las concentraciones están alrededor de  $10 \text{ mg/m}^2$ . Los nitratos integrados reflejan la evolución de la clorofila integrada, y los silicatos la de la capa de mezcla en la estación T2. Los nitratos en la estación T4 son máximos en invierno y mínimos en verano, recuperándose en otoño. Los valores más altos de nitratos integrados están en torno a los  $120 \text{ mmol/m}^2$ , mientras que los más bajos pueden caer hasta los  $30 \text{ mmol/m}^2$ . Los fosfatos muestran el mismo comportamiento que en la zona de Cabo de Palos y Baleares, con valores bastante constantes a lo largo del año en torno a los  $5 \text{ mmol/m}^2$ . Las concentraciones integradas de oxígeno disuelto siguen el mismo patrón de la capa de mezcla, así como del ciclo estacional de temperatura. La profundidad de la nutriclina, estimada a partir de los perfiles de las figuras 5.5 a 5.8 es mínima en invierno en la estación T2, cuando se encuentra en la superficie. Durante el resto del año sufre un progresivo hundimiento hasta 65 y 75 m de profundidad, coincidiendo con el descenso de la clorofila y nitratos integrados desde primavera a otoño. Sorprendentemente, a pesar de la profunda capa de mezcla desarrollada en invierno en la estación T4 (si se compara con otros valores de este mismo trabajo), la nutriclina siempre se mantuvo en torno a los 50 m de profundidad.

La radial de Barcelona muestra un comportamiento parecido con concentraciones de clorofila integradas máximas en invierno que decrecen durante el resto del año. Los valores invernales en BNA2 son algo más elevados que los de la radial de Tarragona, alcanzándose los  $50 \text{ mg/m}^2$ . Tal vez el resultado más interesante de esta radial es la gran profundidad alcanzada por la capa de mezcla en invierno en la estación BNA4. Este valor llega a 900 m, lo que indica que se trata de una zona de convección intermedia y que se encuentra próxima a las zonas de convección profunda del Mediterráneo Noroccidental. Este hecho explicaría las concentraciones más altas de clorofila, si se comparan con las radiales de Baleares y Cabo de Palos. En el próximo epígrafe se mostrará que también hay un aumento de células micro-fitoplanctónicas hacia el norte.

Tarragona: Estaciones T2, T4



Figuras 5.9A y B. Concentraciones de clorofila-a integradas para los 100 m superiores de la columna de agua expresadas en mg/m<sup>2</sup> (barras verdes), profundidad de la capa de mezcla (línea negra discontinua). Fig. 5.9A corresponde a la estación T2 y 5.9B a la estación T4. Figuras 5.9C (estación T2) y 5.9D (estación T4): concentraciones de nitratos más nitritos integradas para los 100 m superiores de la columna de agua expresadas en mmol/m<sup>2</sup> (barras marrón claro). Las barras marrón oscuro representan los fosfatos integrados, y las líneas marrón claro los silicatos integrados, también expresados en mmol/m<sup>2</sup>. Las figuras 5.9E (estación T2) y 5.9F (estación T4) representan las concentraciones de oxígeno disuelto integradas para los 100 m superiores de la columna de agua y expresadas en l/m<sup>2</sup>.

**Barcelona: Estaciones BNA2, BNA4**

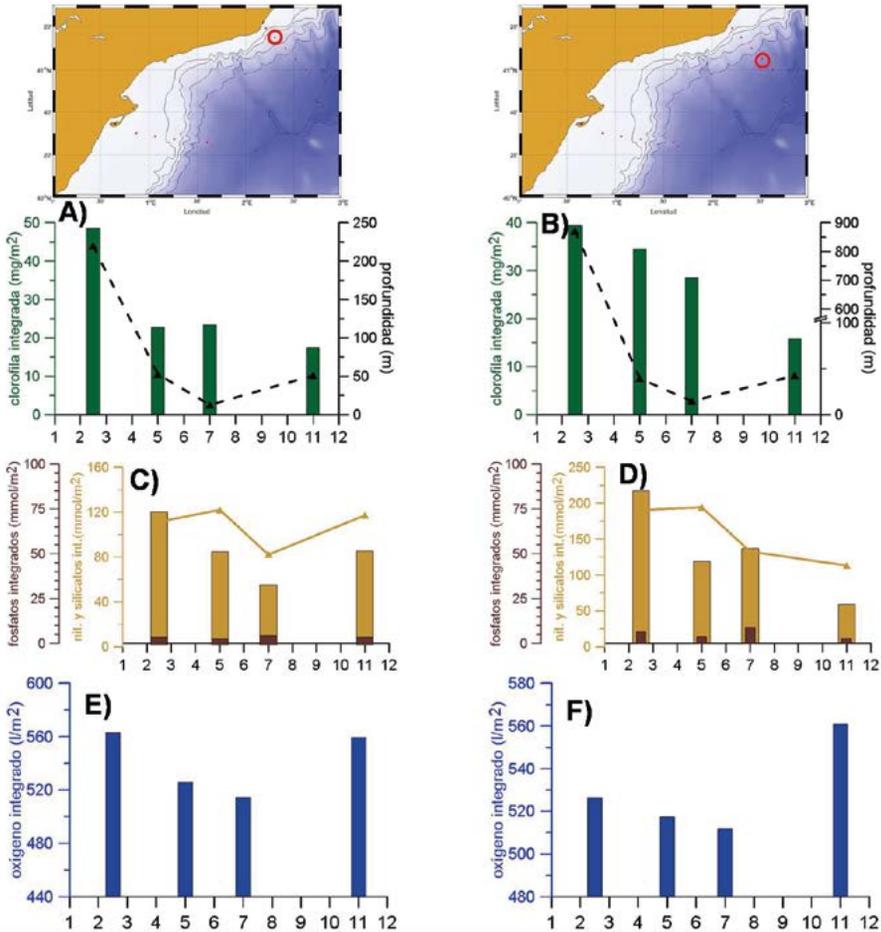


Figura 5.10. Igual que la figura 5.9, pero para las estaciones BNA2 y BNA4.

## 5.4 Distribuciones fitoplanctónicas

### 5.4.1 Micro-fitoplancton

Las figuras 5.11 y 5.12 muestran las distribuciones verticales del micro-fitoplancton (Figuras 5.11 y 5.12A, C, E y G) y del nano y picoplancton (Figuras 5.11 y 5.12 B, D, F y H). No obstante, tal y como se hizo en capítulos anteriores, este epígrafe se dedica al análisis de la fracción de mayor tamaño (micro-fitoplancton >20  $\mu\text{m}$  DEE), y el siguiente se dedicará al estudio del nanoplancton y el picoplancton, éste último tanto eucariota como procariota. Al final del capítulo se presentan las tablas 5.10 y 5.11 con las estadísticas correspondientes a las abundancias del micro-fitoplancton para las estaciones T2 y BNA2, así como las tablas 5.12 a

5.15 con las estadísticas correspondientes a las abundancias del nanoplancton eucariota y el picoplancton eucariota y procariota.

Las figuras 5.11 A, C, E y G muestran las abundancias de diatomeas (verde), dinoflagelados (rojo) y pequeños flagelados (marrón claro) en la estación de plataforma T2.

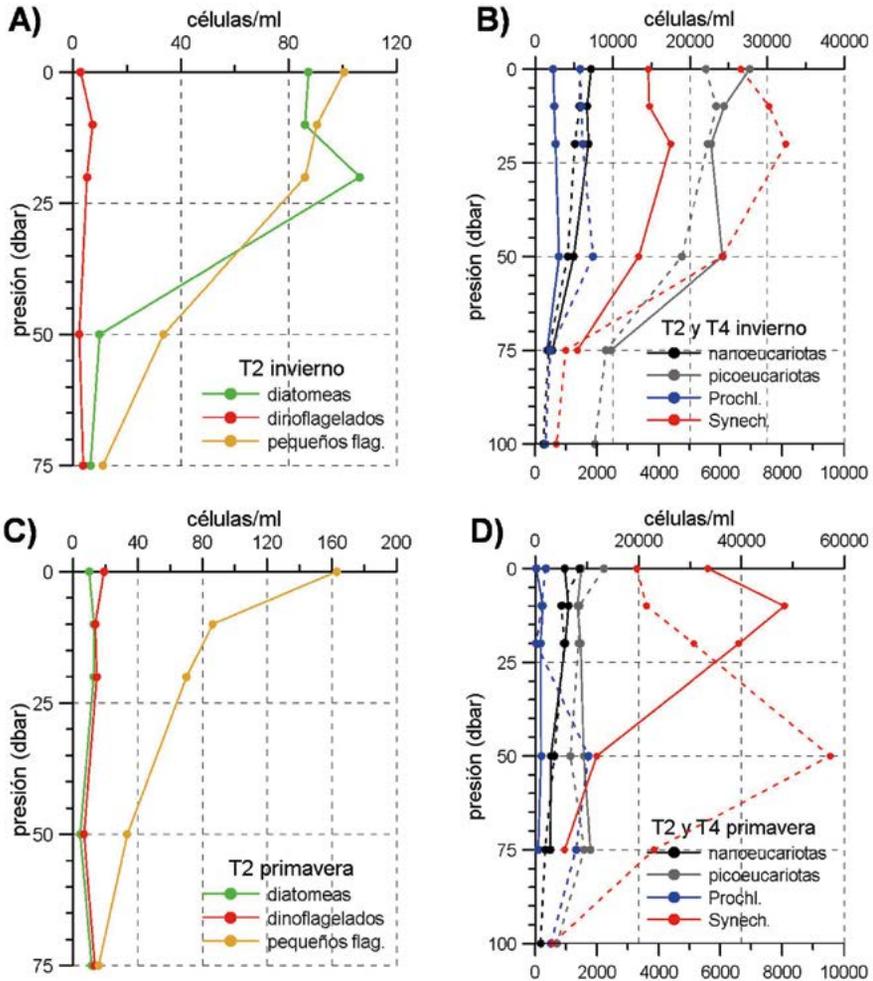


Figura 5.11.

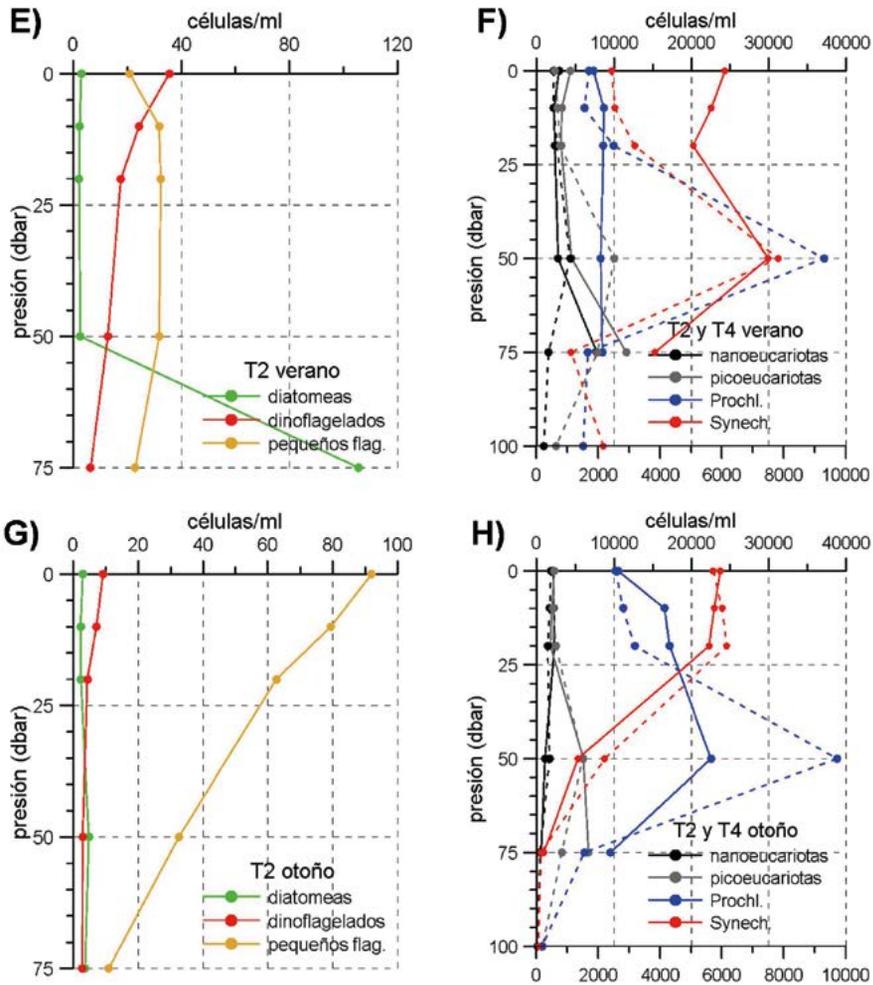
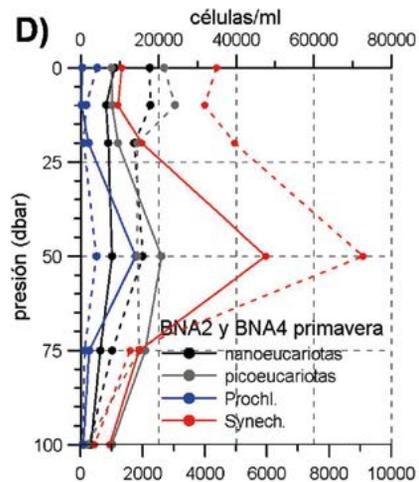
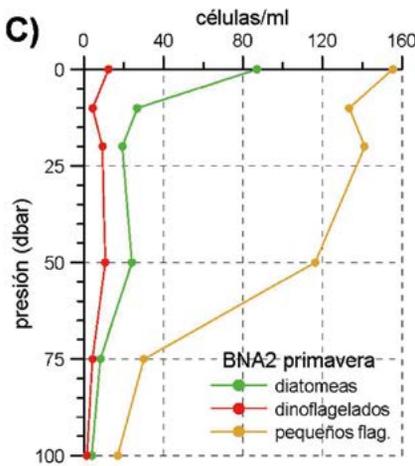
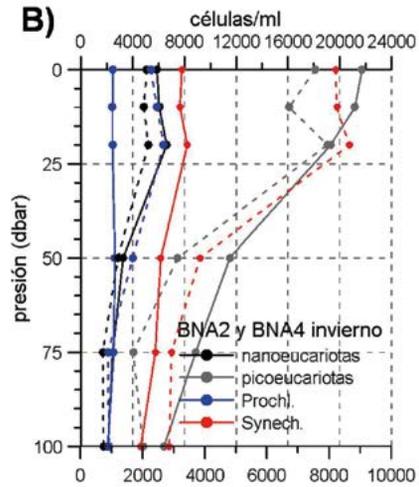
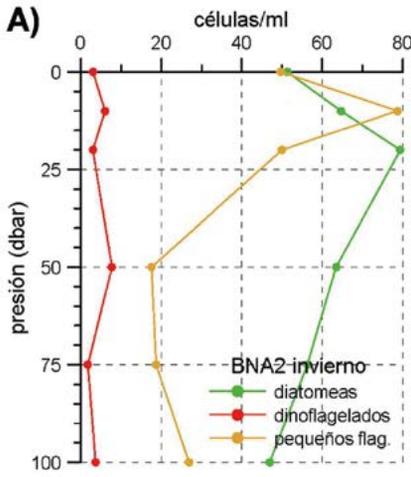


Figura 5.11. Figura 5.11A presenta los perfiles medios verticales de invierno de abundancias de diatomeas (verde), dinoflagelados (rojo) y pequeños flagelados (marrón claro) obtenidos usando todos los perfiles del proyecto RADMED en la estación T2. La figura 5.11B presenta los perfiles verticales medios de invierno para el nanoplancton eucariota en la estación T2 (línea negra continua), picoplancton eucariota (línea gris continua), bacterias del género *Prochlorococcus* (línea azul continua) y bacterias del género *Synechococcus* (línea roja continua). Las líneas discontinuas corresponden a la misma estación del año (invierno) y los mismos grupos fitoplanctónicos, pero para la estación T4. Todas las abundancias se expresan en células por mililitro (cel./ml). Las figuras C, D son iguales pero para la primavera, las figuras E, F corresponden al verano, y las figuras G, H al otoño.

En invierno se observan las mayores abundancias de diatomeas, con valores del orden de las 100 cel./ml, las cuales se concentran en los primeros veinte metros de la columna de agua, lo que coincide con las mayores concentraciones de nitratos y clorofila en superficie. Los pequeños flagelados tienen abundancias parecidas, y también decrecen desde un valor máximo en superficie hacia el fondo. Los dinoflagelados presentan bajas abundancias (< 5 cel./ml) a lo

largo de toda la columna de agua. En primavera se produce un descenso notable de las diatomeas, siendo sus abundancias del orden de 10 cel./ml para todas las profundidades, valores muy parecidos a los correspondientes al grupo de los dinoflagelados. Los pequeños flagelados son el grupo más abundante en esta época del año, con valores de 160 cel./ml en superficie que decrecen con la profundidad. En verano, cuando la estratificación de la columna de agua es máxima, las diatomeas son prácticamente inexistentes y solo hay abundancias apreciables de pequeños flagelados y dinoflagelados (entre 10 y 20 cel./ml). Cabe destacar el aumento de los dinoflagelados respecto del invierno y la primavera. Finalmente, en otoño vuelve a aumentar la abundancia de pequeños flagelados, siendo éstas más altas en superficie y decreciendo hacia el fondo. Las diatomeas y dinoflagelados son muy escasos en todas las profundidades.



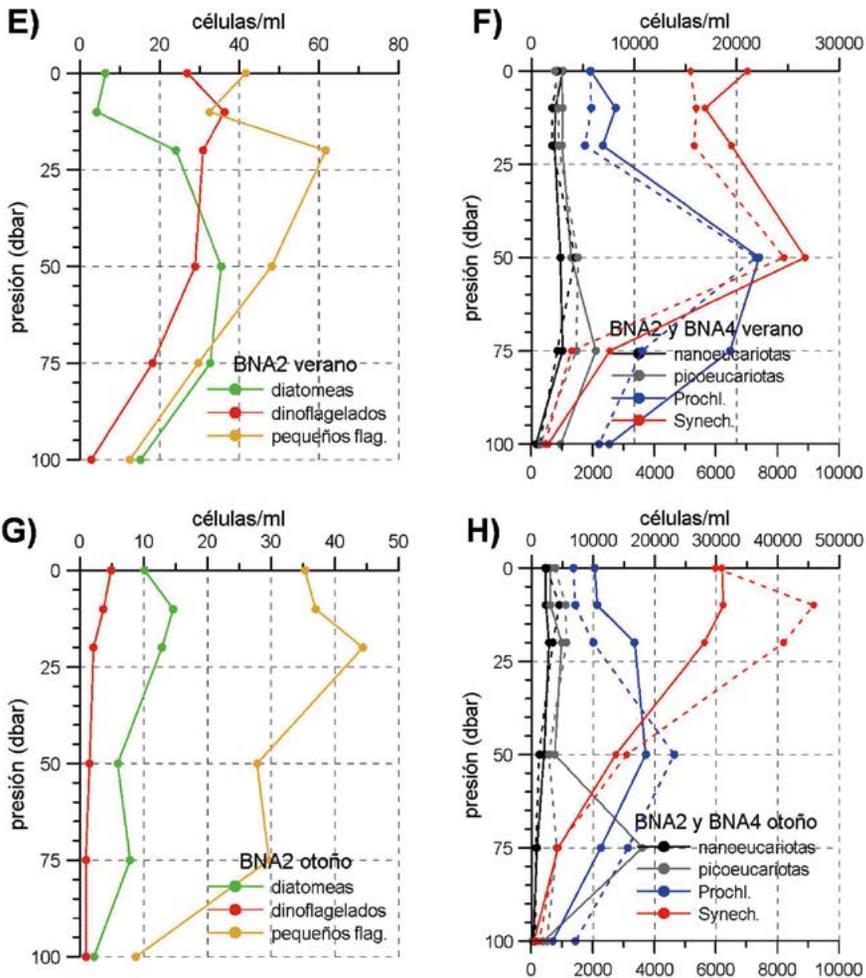


Figura 5.12. Igual que la figura 5.11, pero para las estaciones BNA2 y BNA4 de la radial de Barcelona.

La distribución vertical de abundancias micro-fitoplanctónicas en la estación BNA2 es muy similar a la que acabamos de describir para T2. La principal diferencia es que el grupo de las diatomeas es más abundante durante todo el año de lo que es en T2. Así, las diatomeas son el grupo más abundante en invierno, superando a los pequeños flagelados. En primavera, de forma parecida a lo que ocurre en T2, se produce un importante descenso de las diatomeas convirtiéndose los pequeños flagelados en el grupo más abundante. Sin embargo, las diatomeas, a diferencia de lo que ocurre en T2, siguen teniendo abundancias apreciables, especialmente en superficie (80 cel./ml). En verano, lo más destacable es el aumento de los dinoflagelados que llegan a ser más abundantes que las diatomeas. Los pequeños flagelados, con su distribución característica, decreciente con la profundidad, siguen siendo el grupo más importantes. La situación se mantiene en otoño, donde el principal cambio es el descenso de la abundancia de dinoflagelados.

Las figuras 5.13 a 5.16 muestran las abundancias relativas de diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados integradas para los 100 primeros metros de la columna de agua durante las cuatro estaciones del año.

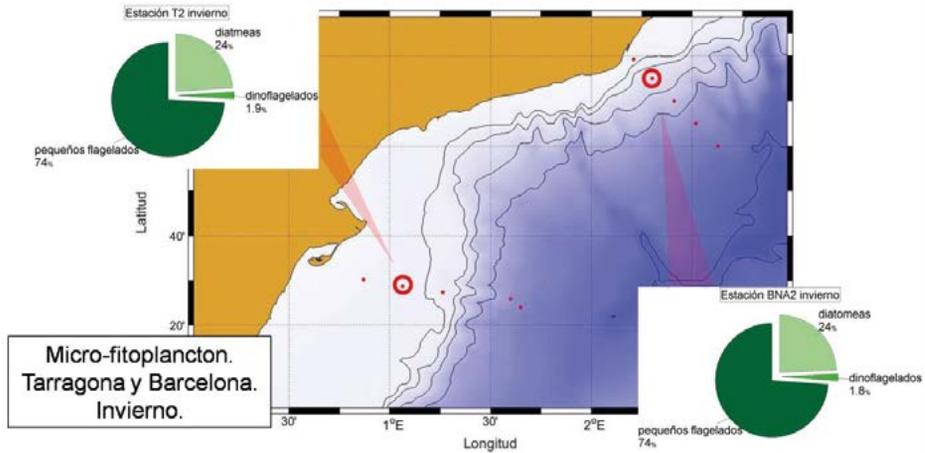


Figura 5.13. Importancia relativa durante el invierno de los grupos micro-fitoplanctónicos: diatomeas (verde claro), dinoflagelados (verde) y pequeños flagelados (verde oscuro) para las estaciones de la plataforma continental de Tarragona y Barcelona: T2 y BNA2.

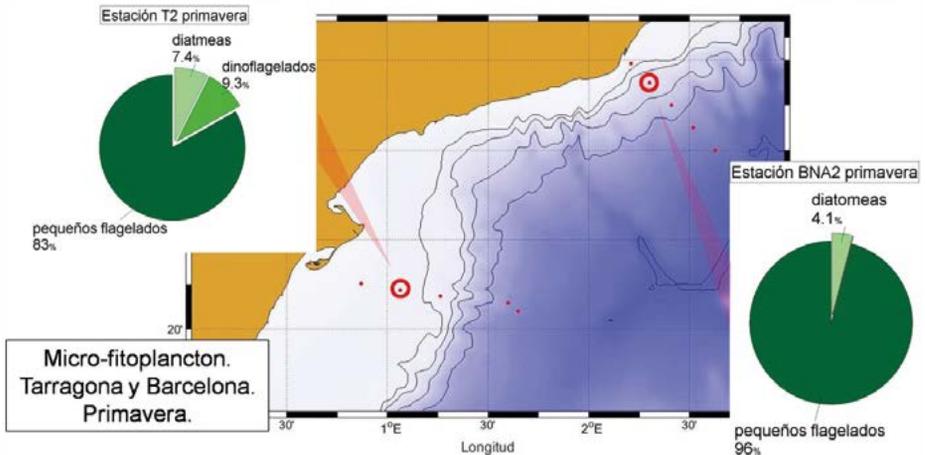


Figura 5.14. Igual que la figura 5.13, pero para la primavera.

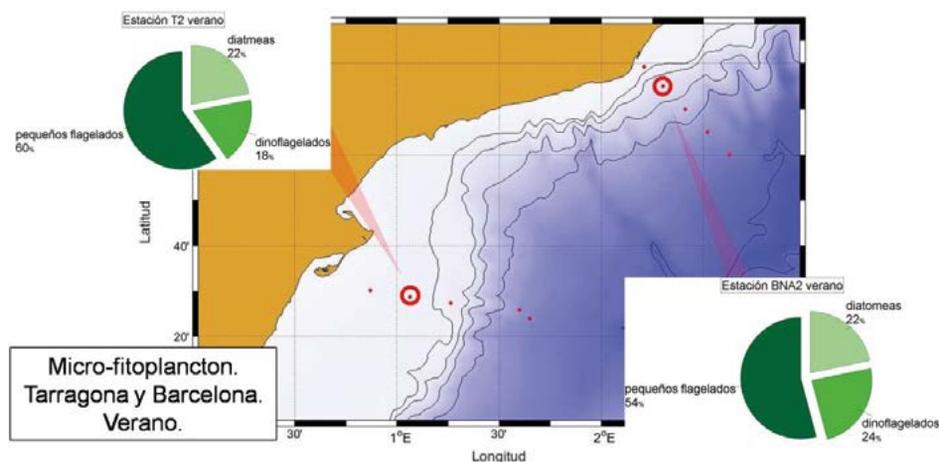


Figura 5.15. Igual que la figura 5.13, pero para el verano.

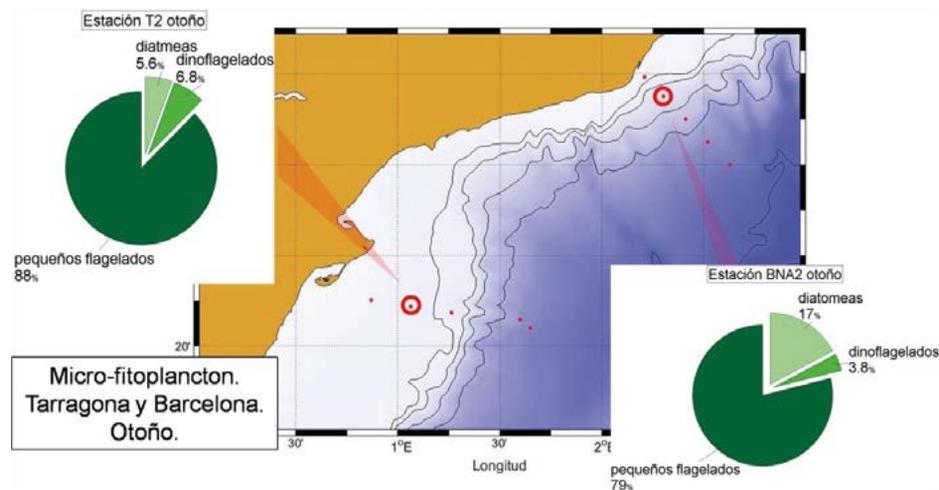


Figura 5.16. Igual que la figura 5.13, pero para el otoño.

Puede apreciarse que al integrar sobre toda la columna de agua, los pequeños flagelados son el grupo más abundante durante todo el año y en las dos estaciones analizadas: T2 y BNA2. Estas abundancias integradas confirman el incremento de las diatomeas en invierno, así como el aumento de los dinoflagelados en verano. Durante el verano, las abundancias de diatomeas también muestran valores relativamente altos para esta época del año en la que predominan las condiciones de estratificación de la columna de agua y los aportes de nutrientes a la capa fótica son escasos. En el caso de la estación T2, este aumento está ligado a una abundancia

muy alta en el fondo de la plataforma (75 m). Este elevado valor medio es causado por una alta abundancia de diatomeas durante una de las cuatro campañas de verano analizadas. La escasez de datos no nos permite, por el momento, discernir si se trata de una característica recurrente en esta región del Mediterráneo, o si se trata de un hecho aislado. A medida que las series temporales se hagan más largas y se actualicen los análisis podremos resolver esta duda. Hay que indicar que este aumento de las diatomeas en verano también se aprecia en BNA2, y en este caso ligado a valores relativamente altos en toda la columna de agua (Fig. 5.12 E).

Además de los cambios en la composición de la comunidad micro-fitoplanctónica, también se observan cambios en las abundancias totales de este tipo de células. En T2 y BNA2 las abundancias mínimas (integrando verticalmente y sumando los tres grupos) se obtienen en verano y otoño, con valores de 174 y 252 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup>, mientras que las abundancias máximas corresponden a invierno en T2 y primavera en BNA2, con valores de 476 y 667 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup> respectivamente. Los valores medios anuales son 337 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup> en T2 y 404 x 10<sup>6</sup> cel./m<sup>2</sup> en BNA2. Es interesante señalar que las abundancias en Barcelona son mayores que en Tarragona, que a su vez presenta mayores abundancias fitoplanctónicas que las estaciones de Cabo de Palos y Baleares (capítulo 4, sección 4.4.1). Por otra parte, las abundancias de este sector más septentrional son más bajas que las que se presentaron para el Mar de Alborán, (capítulo 3, sección 3.4.1) mostrando una posible zonación de las aguas mediterráneas españolas.

#### 5.4.2 Nano y picoplancton

Las figuras 5.11B y 5.12B muestran que en invierno el comportamiento de las radiales de Tarragona y Barcelona es similar, con mayores abundancias de *Synechococcus* (hasta 30.000 cel./ml) que de *Prochlorococcus* (< 5.000 cel./ml), decreciendo las concentraciones de *Synechococcus* desde superficie hasta el fondo. *Prochlorococcus* mantiene abundancias bastante homogéneas a lo largo de la columna de agua. Las células nanoeucariotas son el grupo menos abundante, con abundancias inferiores a 2.000 cel./ml, mientras que las células picoeucariotas pueden superar las 6.000 cel./ml. Nótese la diferente escala para el plancton eucariota (eje inferior) y procariota (eje superior). Durante el resto de las estaciones del año, el pico y nanoplancton eucariota presenta distribuciones verticales bastante homogéneas y valores bajos que no suelen superar las 2.000 cel./ml. En el caso del picoplancton procariota es difícil extraer un claro patrón espacial y estacional, sin duda debido a la alta variabilidad de estos organismos y la aún corta longitud de las series disponibles. No obstante, y como se observaba en las radiales de Cabo de Palos y Baleares, parece que *Synechococcus* tiene tendencia a situarse en las capas superiores de la columna de agua, y *Prochlorococcus* tiende a desarrollar un máximo profundo, especialmente durante el otoño.

## 5.5 Tablas. Estadísticas estacionales de Tarragona y Barcelona

Tabla 5.1. Valores medios de temperatura potencial y salinidad a lo largo de la columna de agua para la estación T2. Para cada estación del año, invierno, primavera, verano y otoño, se presentan el valor medio, la desviación estándar, y el número de datos usados para el cálculo del promedio estacional.

Prof.	Estación T2 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	12.95	0.86	6	16.26	2.21	5	24.29	1.48	4	19.28	1.28	3
10	12.96	0.84	6	15.86	2.10	5	23.95	1.15	4	19.22	1.23	3
15	13.02	0.79	6	15.51	1.77	5	22.99	0.74	4	19.21	1.22	3
20	13.00	0.76	6	15.29	1.64	5	22.50	1.01	4	19.13	1.29	3
25	13.07	0.64	6	14.90	1.37	5	20.69	1.44	4	19.07	1.36	3
30	13.00	0.62	6	14.30	1.10	5	19.10	1.49	4	18.91	1.36	3
35	12.97	0.61	6	13.95	0.95	5	17.30	0.74	4	18.70	1.32	3
40	12.98	0.60	6	13.71	0.85	5	16.57	0.74	4	18.64	1.35	3
45	12.99	0.59	6	13.60	0.76	5	16.06	0.74	4	18.18	1.47	3
50	13.03	0.58	6	13.47	0.63	5	15.45	0.53	4	17.09	0.98	3
75	12.94	0.52	5	13.25	0.30	4	13.77	0.13	3	15.02	0.99	3

Prof.	Estación T2 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.63	0.38	6	37.48	0.76	5	37.75	0.20	4	37.94	0.21	3
10	37.69	0.33	6	37.87	0.23	5	37.74	0.19	4	37.95	0.21	3
15	37.78	0.24	6	37.90	0.19	5	37.79	0.14	4	37.95	0.21	3
20	37.86	0.18	6	37.95	0.16	5	37.79	0.13	4	37.96	0.22	3
25	37.94	0.09	6	37.99	0.15	5	37.79	0.10	4	37.97	0.23	3
30	37.96	0.07	6	38.00	0.14	5	37.86	0.03	4	38.01	0.20	3
35	38.00	0.05	6	38.02	0.13	5	37.92	0.06	4	38.06	0.13	3
40	38.02	0.04	6	38.04	0.13	5	37.96	0.03	4	38.06	0.13	3
45	38.04	0.03	6	38.06	0.12	5	37.99	0.05	4	38.08	0.11	3
50	38.07	0.04	6	38.07	0.12	5	38.02	0.05	4	38.09	0.07	3
75	38.13	0.04	5	38.14	0.15	4	38.06	0.03	3	38.12	0.06	3

Tabla 5.2. Igual que la tabla 5.1, pero para la estación T4.

Estación T4 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.65	0.53	5	16.21	2.61	4	24.35	1.25	3	19.29	1.52	3
10	13.46	0.56	6	15.81	2.16	5	23.22	0.22	3	19.28	1.52	3
15	13.43	0.55	6	15.16	1.74	5	21.87	0.69	3	19.27	1.51	3
20	13.43	0.55	6	14.78	1.40	5	20.27	0.36	3	19.26	1.51	3
25	13.41	0.55	6	14.50	1.18	5	19.04	1.08	3	19.22	1.53	3
30	13.36	0.50	6	14.28	1.03	5	18.15	0.97	3	18.96	1.81	3
35	13.27	0.47	6	14.00	0.82	5	17.27	0.84	3	18.71	2.01	3
40	13.25	0.48	6	13.87	0.66	5	16.68	0.86	3	18.07	2.21	3
45	13.25	0.48	6	13.76	0.58	5	16.25	0.75	3	16.67	2.23	3
50	13.25	0.48	6	13.71	0.54	5	15.67	0.42	3	15.84	1.96	3
75	13.20	0.44	6	13.41	0.36	5	13.88	0.20	3	13.79	0.31	3
100	13.20	0.38	6	13.18	0.26	5	13.50	0.08	3	13.52	0.12	3
150	13.17	0.33	6	13.10	0.20	5	13.34	0.16	3	13.41	0.08	3
200	13.14	0.32	6	12.98	0.14	5	13.28	0.14	3	13.31	0.09	3
300	13.15	0.28	6	13.04	0.15	5	13.31	0.13	3	13.27	0.01	3
400	13.28	0.16	6	13.10	0.13	5	13.29	0.09	3	13.19	0.07	3
500	13.25	0.11	6	13.07	0.11	5	13.23	0.08	3	13.15	0.03	3
600	13.22	0.06	6	13.01	0.08	5	13.14	0.06	3	13.10	0.04	3
700	13.14	0.06	6	12.98	0.06	5	13.09	0.04	3	13.06	0.04	3
800	13.08	0.08	6	12.95	0.03	5	13.04	0.04	3	13.02	0.04	3
900	13.04	0.09	6	12.94	0.02	5	13.00	0.03	2	13.00	NaN	1

Estación T4 ( Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	37.99	0.11	5	38.11	0.13	4	37.94	0.14	3	37.94	0.21	3
10	38.00	0.10	6	38.00	0.25	5	37.92	0.12	3	37.94	0.21	3
15	38.02	0.06	6	38.02	0.25	5	37.93	0.11	3	37.94	0.20	3
20	38.02	0.05	6	38.04	0.24	5	37.86	0.17	3	37.95	0.20	3
25	38.03	0.04	6	38.04	0.23	5	37.94	0.13	3	37.97	0.21	3
30	38.04	0.02	6	38.04	0.23	5	37.88	0.06	3	37.98	0.21	3
35	38.05	0.03	6	38.04	0.23	5	37.87	0.07	3	37.98	0.20	3
40	38.05	0.03	6	38.04	0.23	5	37.87	0.04	3	37.98	0.20	3
45	38.06	0.04	6	38.05	0.21	5	37.92	0.02	3	38.04	0.20	3
50	38.06	0.03	6	38.07	0.19	5	37.93	0.02	3	38.09	0.17	3
75	38.09	0.04	6	38.14	0.12	5	38.06	0.03	3	38.23	0.07	3
100	38.12	0.03	6	38.15	0.14	5	38.12	0.03	3	38.31	0.07	3
150	38.20	0.08	6	38.21	0.13	5	38.35	0.05	3	38.38	0.06	3
200	38.27	0.11	6	38.24	0.13	5	38.42	0.02	3	38.44	0.04	3
300	38.40	0.14	6	38.40	0.06	5	38.52	0.02	3	38.52	0.01	3
400	38.52	0.04	6	38.48	0.03	5	38.54	0.02	3	38.53	0.02	3
500	38.54	0.03	6	38.50	0.03	5	38.54	0.02	3	38.53	0.01	3
600	38.54	0.02	6	38.50	0.02	5	38.53	0.02	3	38.52	0.01	3
700	38.53	0.01	6	38.50	0.02	5	38.52	0.01	3	38.51	0.02	3
800	38.52	0.02	6	38.49	0.01	5	38.51	0.01	3	38.50	0.02	3
900	38.51	0.02	6	38.49	0.01	5	38.50	0.01	2	38.51	NaN	1

Tabla 5.3. Igual que la tabla 5.1, pero para la estación BNA2.

Estación BNA2. Temperatura potencial, desviación estándar y nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.24	0.49	6	16.51	2.46	7	23.45	0.65	4	19.01	2.34	4
10	13.13	0.51	7	15.97	2.06	7	22.79	1.39	4	19.39	2.24	5
15	13.10	0.53	7	15.44	1.67	7	20.78	1.51	4	19.23	2.04	5
20	13.09	0.54	7	15.04	1.43	7	19.79	1.33	4	18.93	1.76	5
25	13.09	0.53	7	14.77	1.25	7	18.87	0.86	4	18.60	1.64	5
30	13.09	0.52	7	14.54	1.18	7	18.23	0.82	4	18.57	1.62	5
35	13.09	0.51	7	14.42	1.14	7	17.39	0.71	4	18.50	1.60	5
40	13.09	0.51	7	14.29	1.09	7	16.44	1.04	4	18.44	1.58	5
45	13.09	0.50	7	14.09	0.91	7	15.73	1.33	4	18.40	1.58	5
50	13.11	0.50	7	13.91	0.74	7	15.40	1.35	4	18.09	1.65	5
75	13.12	0.45	7	13.57	0.63	7	13.85	0.29	4	16.15	1.71	5
100	13.04	0.38	7	13.34	0.38	7	13.56	0.11	4	14.46	0.58	5
150	12.96	0.32	7	13.16	0.24	7	13.44	0.09	4	13.60	0.18	5
200	13.11	0.38	7	13.10	0.25	7	13.39	0.10	4	13.44	0.09	5

Estación BNA2. Salinidad, desviación estándar y nº de datos												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	38.08	0.06	6	37.93	0.19	7	37.80	0.10	4	37.89	0.12	4
10	38.05	0.09	7	37.93	0.20	7	37.80	0.10	4	37.92	0.13	5
15	38.05	0.08	7	37.96	0.16	7	37.72	0.11	4	37.93	0.11	5
20	38.05	0.08	7	37.96	0.17	7	37.78	0.08	4	37.94	0.12	5
25	38.05	0.07	7	37.97	0.16	7	37.80	0.13	4	37.91	0.19	5
30	38.06	0.06	7	38.00	0.14	7	37.82	0.12	4	37.94	0.17	5
35	38.06	0.06	7	38.04	0.12	7	37.81	0.12	4	37.96	0.16	5
40	38.06	0.06	7	38.07	0.11	7	37.89	0.12	4	37.97	0.15	5
45	38.07	0.06	7	38.09	0.10	7	37.91	0.11	4	38.02	0.09	5
50	38.08	0.06	7	38.08	0.11	7	37.93	0.10	4	38.06	0.03	5
75	38.10	0.05	7	38.11	0.09	7	38.08	0.04	4	38.12	0.05	5
100	38.10	0.05	7	38.14	0.09	7	38.15	0.02	4	38.17	0.08	5
150	38.12	0.07	7	38.19	0.10	7	38.24	0.01	4	38.29	0.05	5
200	38.20	0.05	7	38.26	0.09	7	38.35	0.03	4	38.38	0.06	5

Tabla 5.4. Igual que la tabla 5.1, pero para la estación BNA4.

Estación BNA4 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	13.16	0.10	5	16.54	2.47	7	24.04	1.29	4	19.20	2.37	5
10	13.11	0.15	6	15.96	2.03	7	23.66	1.18	4	19.19	2.36	5
15	13.11	0.15	6	15.47	1.80	7	22.23	0.60	4	19.16	2.34	5
20	13.08	0.13	6	15.26	1.65	7	21.56	0.80	4	19.14	2.37	5
25	13.07	0.12	6	15.06	1.54	7	20.40	0.67	4	19.11	2.38	5
30	13.06	0.12	6	14.66	1.25	7	19.57	1.40	4	18.50	1.59	5
35	13.06	0.12	6	14.52	1.13	7	18.87	1.57	4	18.58	1.72	5
40	13.07	0.12	6	14.32	0.98	7	16.99	1.31	4	18.34	1.49	5

Continuación Tabla 5.4. Igual que la tabla 5.1, pero para la estación BNA4.

Estación BNA4 (Temperatura potencial   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
45	13.07	0.13	6	14.21	0.92	7	15.90	0.84	4	18.16	1.38	5
50	13.08	0.15	6	14.08	0.84	7	14.99	0.35	4	17.80	1.28	5
75	13.10	0.20	6	13.58	0.67	7	13.55	0.20	4	15.55	1.21	5
100	13.07	0.13	6	13.26	0.23	7	13.41	0.11	4	14.38	0.96	5
150	13.08	0.24	6	13.13	0.09	7	13.33	0.14	4	13.49	0.11	5
200	13.09	0.21	6	13.15	0.12	7	13.28	0.16	4	13.34	0.10	5
300	13.12	0.21	6	13.12	0.11	7	13.29	0.16	4	13.38	0.11	5
400	13.14	0.21	6	13.07	0.14	7	13.23	0.12	4	13.31	0.09	5
500	13.13	0.18	6	13.02	0.11	7	13.14	0.10	4	13.25	0.07	5
600	13.09	0.16	6	12.98	0.08	7	13.07	0.07	4	13.17	0.06	5
700	13.05	0.12	6	12.96	0.06	7	13.01	0.05	4	13.11	0.06	5
800	13.02	0.10	6	12.95	0.04	7	12.98	0.05	4	13.06	0.06	5
900	12.99	0.08	6	12.93	0.02	7	12.96	0.04	4	13.02	0.05	5
1000	12.96	0.05	6	12.92	0.01	7	12.95	0.03	4	12.99	0.04	5
1200	12.92	0.01	6	12.91	0.01	7	12.94	0.02	4	12.94	0.02	5

Estación BNA4 (Salinidad   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
5	38.19	0.10	5	38.05	0.13	7	37.96	0.09	4	37.85	0.26	5
10	38.19	0.09	6	38.03	0.14	7	37.91	0.07	4	37.88	0.29	5
15	38.19	0.09	6	38.05	0.15	7	37.87	0.05	4	37.88	0.29	5
20	38.20	0.10	6	38.12	0.10	7	37.87	0.09	4	37.89	0.28	5
25	38.20	0.09	6	38.14	0.10	7	37.90	0.16	4	37.93	0.22	5
30	38.21	0.09	6	38.12	0.14	7	37.95	0.14	4	37.88	0.30	5
35	38.22	0.09	6	38.16	0.13	7	37.95	0.10	4	38.01	0.14	5
40	38.23	0.09	6	38.18	0.10	7	38.04	0.11	4	38.03	0.12	5
45	38.23	0.09	6	38.22	0.08	7	38.06	0.11	4	38.05	0.12	5
50	38.24	0.08	6	38.24	0.07	7	38.15	0.08	4	38.05	0.12	5
75	38.27	0.07	6	38.31	0.07	7	38.26	0.02	4	38.08	0.05	5
100	38.29	0.07	6	38.37	0.05	7	38.34	0.03	4	38.25	0.06	5
150	38.35	0.07	6	38.44	0.02	7	38.44	0.02	4	38.35	0.09	5
200	38.40	0.06	6	38.49	0.00	7	38.49	0.02	4	38.42	0.08	5
300	38.47	0.05	6	38.51	0.01	7	38.54	0.03	4	38.53	0.04	5
400	38.51	0.05	6	38.51	0.03	7	38.54	0.03	4	38.55	0.02	5
500	38.52	0.04	6	38.50	0.02	7	38.53	0.02	4	38.55	0.02	5
600	38.52	0.04	6	38.50	0.02	7	38.51	0.02	4	38.54	0.02	5
700	38.51	0.03	6	38.49	0.01	7	38.50	0.01	4	38.52	0.02	5
800	38.51	0.02	6	38.49	0.01	7	38.50	0.01	4	38.51	0.02	5
900	38.50	0.02	6	38.49	0.01	7	38.49	0.01	4	38.50	0.01	5
1000	38.49	0.01	6	38.49	0.01	7	38.49	0.01	4	38.50	0.01	5
1200	38.49	0.00	6	38.49	0.01	7	38.49	0.01	4	38.49	0.01	5

Tabla 5.5. Valores medios de clorofila-a, oxígeno disuelto, concentración de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos a lo largo de la columna de agua para la estación T2. Para cada estación del año se presentan tres columnas con el valor medio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

Estación T2 (Clorofila-a (mg/ m <sup>3</sup> ) desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.70	0.42	7	0.28	0.13	4	0.14	0.11	4	0.12	0.06	3
10	0.75	0.60	7	0.31	0.16	4	0.09	0.01	4	0.12	0.06	3
20	0.66	0.50	7	0.29	0.09	4	0.10	0.02	4	0.16	0.08	3
50	0.42	0.20	7	0.27	0.04	4	0.21	0.10	4	0.12	0.06	3
75	0.20	0.12	7	0.28	0.06	4	0.77	0.23	4	0.09	0.04	3

Estación T2 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	6.09	0.35	6	5.30	0.40	5	4.76	0.59	3	5.47	0.02	2
10	6.07	0.35	6	5.72	0.33	5	4.81	0.59	3	5.47	0.01	2
20	5.88	0.32	6	5.73	0.41	5	4.85	0.60	3	5.48	0.01	2
50	5.70	0.17	6	5.50	0.51	5	5.56	0.56	3	5.79	0.41	2
75	5.57	0.33	5	5.14	0.56	4	5.21	0.68	2	5.21	0.09	2

Estación T2 (Nitratos (µM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.52	1.48	3	0.16	0.07	2	0.12	0.10	2	0.15	0.12	4
10	1.17	0.98	3	0.11	0.04	2	0.16	0.13	2	0.15	0.12	4
20	1.46	0.59	3	0.06	0.03	2	0.16	0.14	2	0.14	0.12	4
50	0.83	0.46	3	0.53	0.42	2	0.14	0.10	2	0.20	0.12	4
75	2.19	1.43	3	1.19	0.32	2	2.07	0.92	2	1.01	0.90	4

Estación T2 (Nitritos (µM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.20	0.14	3	0.06	0.02	2	0.02	0.01	2	0.03	0.02	4
10	0.21	0.14	3	0.04	0.01	2	0.02	0.01	2	0.04	0.03	4
20	0.22	0.14	3	0.03	0.00	2	0.02	0.01	2	0.02	0.02	4
50	0.15	0.05	3	0.28	0.13	2	0.03	0.01	2	0.14	0.05	4
75	0.18	0.09	3	0.64	0.30	2	0.15	0.01	2	0.20	0.09	4

Estación T2 (Fosfatos (µM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.06	0.05	3	0.05	0.00	2	0.02	0.00	2	0.02	0.02	4
10	0.03	0.02	3	0.03	0.01	2	0.03	0.01	2	0.02	0.01	4
20	0.11	0.09	3	0.04	0.01	2	0.30	0.30	2	0.03	0.02	4
50	0.04	0.00	3	0.07	0.04	2	0.02	0.01	2	0.05	0.04	4
75	0.11	0.06	3	0.06	0.02	2	0.05	0.03	2	0.08	0.06	4

Estación T2 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.24	0.66	3	0.19	0.05	2	0.57	0.05	2	0.71	0.19	4
10	1.09	0.48	3	0.22	0.09	2	0.60	0.02	2	0.69	0.19	4
20	1.21	0.43	3	0.21	0.06	2	0.29	0.27	2	0.74	0.21	4
50	1.44	0.30	3	1.31	0.55	2	0.54	0.14	2	0.97	0.23	4
75	2.17	0.63	3	1.88	1.17	2	2.33	0.65	2	1.94	1.03	4

Tabla 5.6. Igual que la tabla 5.5, pero para la estación T4.

Estación T4 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.36	0.16	6	0.19	0.12	2	0.07	0.01	3	0.21	0.07	3
10	0.47	0.13	6	0.18	0.11	2	0.07	0.01	3	0.18	0.04	3
20	0.49	0.13	6	0.21	0.14	2	0.07	0.02	3	0.20	0.04	3
50	0.45	0.11	6	0.28	0.05	2	0.50	0.49	3	0.20	0.11	3
75	0.28	0.16	6	0.22	0.05	2	0.33	0.11	3	0.07	0.04	3
100	0.16	0.11	6	0.11	0.01	2	0.13	0.04	3	0.03	0.01	3

Estación T4 (Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.83	0.24	5	5.30	0.32	4	4.37	0.49	2	5.46	0.01	2
10	5.78	0.29	6	5.64	0.44	5	4.41	0.53	2	5.46	0.01	2
20	5.78	0.28	6	5.71	0.54	5	4.78	0.50	2	5.44	0.02	2
50	5.68	0.22	6	5.59	0.54	5	5.12	0.66	2	5.44	0.50	2
75	5.59	0.27	6	5.32	0.51	5	4.76	0.65	2	5.17	0.46	2
100	5.52	0.30	6	5.21	0.54	5	4.41	0.53	2	4.85	0.24	2
200	5.09	0.51	6	5.03	0.46	5	4.13	0.42	2	4.75	0.16	2
300	4.71	0.57	6	4.85	0.35	5	3.90	0.38	2	4.60	0.07	2
500	4.25	0.27	6	4.36	0.23	5	3.80	0.44	2	4.52	0.07	2
700	4.23	0.25	6	4.41	0.22	5	3.86	0.44	2	4.56	0.11	2

Estación T4 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.49	0.18	4	0.04		1	0.17		1	0.11	0.09	4
10	0.58	0.33	4	0.00		1	0.17		1	0.10	0.07	4
20	0.78	0.81	4	0.00		1	0.17		1	0.10	0.06	4
50	1.04	0.58	4	0.28		1	0.18		1	0.70	0.97	4
75	1.79	0.57	4	0.99		1	1.79		1	2.79	1.27	4
100	2.00	0.84	3	2.03		1	0.11		1	4.26	0.61	4
200	4.18	2.81	3	3.18		1				5.85	0.78	4
300	6.77	3.37	3	4.81		1				6.79	1.19	4
500	5.67	4.60	3	8.70		1				7.52	1.47	4
700	8.80	2.13	3	1.91		1				7.59	1.51	4
950	8.81	2.14	3	8.77		1				7.67	1.56	4

Estación T4 (Nítritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)										
Prof.	Invierno			Primavera		Verano		Otoño		
0	0.13	0.09	4	0.01	1	0.01	1	0.09	0.13	4
10	0.11	0.07	4	0.01	1	0.01	1	0.04	0.03	4
20	0.10	0.07	4	0.01	1	0.01	1	0.06	0.08	4
50	0.15	0.06	4	0.10	1	0.06	1	0.05	0.01	4
75	0.16	0.06	4	0.28	1	0.22	1	0.05	0.01	4
100	0.12	0.10	3	0.03	1	0.02	1	0.02	0.01	4
200	0.11	0.09	3	0.02	1			0.07	0.07	4
300	0.02	0.01	3	0.02	1			0.02	0.01	4
500	0.02	0.01	3	0.02	1			0.02	0.01	4
700	0.02	0.01	3	0.04	1			0.02	0.01	4
950	0.01	0.01	3	0.01	1			0.02	0.01	4

Estación T4 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)										
Prof.	Invierno			Primavera		Verano		Otoño		
0	0.03	0.01	4	0.02	1	0.03	1	0.03	0.02	4
10	0.04	0.00	4	0.02	1	0.03	1	0.02	0.02	4
20	0.05	0.02	4	0.02	1	0.02	1	0.02	0.01	4
50	0.04	0.02	4	0.03	1	0.03	1	0.04	0.02	4
75	0.05	0.03	4	0.03	1	0.05	1	0.10	0.06	4
100	0.05	0.02	3	0.06	1	0.02	1	0.15	0.07	4
200	0.10	0.02	3	0.11	1			0.27	0.12	4
300	0.20	0.11	3	0.18	1			0.36	0.15	4
500	0.25	0.20	3	0.40	1			0.42	0.10	4
700	0.41	0.09	3	0.08	1			0.40	0.13	4
950	0.40	0.13	3	0.41	1			0.43	0.13	4

Estación T4 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)										
Prof.	Invierno			Primavera		Verano		Otoño		
0	1.38	0.30	4	1.65	1	0.85	1	0.68	0.21	4
10	1.45	0.23	4	1.68	1	0.86	1	0.69	0.21	4
20	1.52	0.29	4	1.71	1	0.89	1	0.69	0.17	4
50	1.53	0.26	4	1.73	1	0.77	1	1.24	0.62	4
75	1.71	0.29	4	1.70	1	1.84	1	2.53	0.98	4
100	1.70	0.21	3	1.89	1	0.72	1	3.29	0.49	4
200	2.47	0.67	3	2.28	1			3.90	0.54	4
300	4.03	1.30	3	3.31	1			5.34	0.92	4
500	4.38	3.11	3	7.82	1			6.92	0.18	4
700	7.95	0.11	3	2.37	1			7.64	0.21	4
950	8.43	0.05	3	9.01	1			8.47	0.56	4

Tabla 5.7. Igual que la tabla 5.5, pero para la estación BNA2.

Estación BNA2 (Clorofila-a (mg/ m <sup>3</sup> )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.49	0.33	7	0.18	0.06	6	0.11	0.02	4	0.22	0.11	5
10	0.62	0.44	7	0.16	0.06	6	0.09	0.04	4	0.21	0.13	5
20	0.64	0.47	7	0.17	0.06	6	0.11	0.04	4	0.26	0.11	5
50	0.50	0.18	7	0.35	0.17	6	0.29	0.10	4	0.21	0.10	5
75	0.37	0.22	7	0.23	0.17	6	0.38	0.14	4	0.12	0.06	5
100	0.32	0.22	7	0.10	0.07	6	0.18	0.07	4	0.04	0.01	5

Estación BNA2 (Oxígeno (ml/l)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.93	0.26	3	5.15	0.74	7	4.77	0.57	3	5.55	0.36	4
10	5.93	0.23	4	5.34	0.52	7	4.75	0.77	3	5.54	0.35	4
20	5.90	0.24	4	5.39	0.53	7	5.07	0.62	3	5.66	0.52	4
50	5.77	0.34	4	5.35	0.53	7	5.41	0.57	3	5.69	0.52	4
75	5.69	0.34	4	5.13	0.47	7	5.11	0.62	3	5.55	0.40	4
100	5.64	0.28	4	5.04	0.51	7	4.92	0.58	3	5.17	0.35	4
200	5.36	0.36	4	4.83	0.51	7	4.59	0.57	3	4.83	0.39	4
295				4.65	0.05	2	4.76		1	4.62		1

Estación BNA2 (Nitratos (µM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.81	0.30	3	0.12	0.18	4	0.08	0.01	2	0.25	0.26	5
10	0.82	0.30	3	0.05	0.05	4	0.14	0.05	2	0.21	0.22	5
20	0.84	0.31	3	0.12	0.11	4	0.10	0.01	2	0.28	0.23	5
50	0.96	0.41	3	0.45	0.41	4	0.11	0.01	2	0.39	0.47	5
75	1.20	0.51	3	1.10	0.51	4	0.62	0.45	2	1.09	0.89	5
100	1.41	0.28	3	2.05	0.56	4	2.16	0.65	2	2.44	1.64	5
200	2.80	1.08	3	3.66	1.68	4	5.53		1	5.81	1.42	5
295	4.30	1.34	3	5.11	1.42	4	7.40		1	7.20	1.39	5

Estación BNA2 (Nitritos (µM)   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.14	0.03	3	0.06	0.05	4	0.02	0.01	2	0.06	0.03	5
10	0.15	0.02	3	0.04	0.02	4	0.06	0.04	2	0.04	0.04	5
20	0.15	0.02	3	0.07	0.07	4	0.02	0.01	2	0.08	0.08	5
50	0.17	0.05	3	0.16	0.18	4	0.02	0.01	2	0.07	0.05	5
75	0.18	0.02	3	0.21	0.11	4	0.16	0.08	2	0.07	0.05	5
100	0.22	0.06	3	0.26	0.27	4	0.07	0.02	2	0.12	0.07	5
200	0.12	0.04	3	0.09	0.09	4	0.03		1	0.05	0.04	5
295	0.07	0.03	3	0.04	0.01	4	0.07		1	0.03	0.02	5

Estación BNA2 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	invierno			Primavera			Verano			otoño		
0	0.04	0.01	3	0.03	0.01	4	0.06	0.03	2	0.03	0.02	5
10	0.03	0.01	3	0.02	0.00	4	0.05	0.02	2	0.02	0.01	5
20	0.05	0.00	3	0.02	0.00	4	0.05	0.03	2	0.02	0.02	5
50	0.03	0.02	3	0.02	0.01	4	0.03	0.01	2	0.02	0.01	5
75	0.04	0.02	3	0.03	0.01	4	0.04	0.01	2	0.04	0.04	5
100	0.04	0.02	3	0.05	0.02	4	0.07	0.03	2	0.09	0.07	5
200	0.07	0.02	3	0.13	0.10	4	0.22		1	0.22	0.09	5
295	0.14	0.04	3	0.20	0.08	4	0.33		1	0.32	0.09	5

Estación BNA2 (Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.91	0.49	3	0.68	0.44	4	0.50	0.12	2	0.82	0.14	5
10	0.96	0.45	3	0.84	0.45	4	0.65	0.26	2	0.79	0.11	5
20	1.00	0.40	3	0.89	0.38	4	0.47	0.10	2	0.81	0.09	5
50	1.03	0.41	3	1.22	0.31	4	0.44	0.33	2	0.92	0.19	5
75	1.26	0.31	3	1.44	0.18	4	1.12	0.09	2	1.44	0.56	5
100	1.39	0.26	3	1.83	0.39	4	1.90	0.05	2	2.22	0.78	5
200	2.13	0.08	3	2.77	1.07	4	3.15		1	3.84	0.75	5
295	2.91	0.15	3	3.86	0.85	4	5.38		1	5.11	1.10	5

Tabla 5.8. Igual que la tabla 5.5, pero para la estación BNA4.

Estación BNA4 (Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.45	0.21	6	0.52	0.74	5	0.09	0.02	4	0.19	0.03	5
10	0.46	0.20	6	0.52	0.78	5	0.09	0.02	4	0.19	0.04	5
20	0.45	0.17	6	0.30	0.29	5	0.10	0.02	4	0.19	0.04	5
50	0.47	0.27	6	0.28	0.14	5	0.64	0.44	4	0.20	0.05	5
75	0.34	0.29	6	0.42	0.20	5	0.27	0.16	4	0.13	0.07	5
100	0.18	0.16	6	0.20	0.12	5	0.08	0.02	4	0.06	0.03	5

Estación BNA4 (Oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ )   desviación estándar   nº de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	5.68	0.29	3	5.25	0.54	7	4.66	0.68	3	5.49	0.29	4
10	5.54	0.34	4	5.29	0.49	7	4.76	0.57	3	5.55	0.35	4
20	5.52	0.36	4	5.34	0.51	7	4.90	0.57	3	5.55	0.38	4
50	5.34	0.40	4	5.31	0.53	7	5.84	0.68	3	5.67	0.57	4
75	5.31	0.40	4	5.04	0.50	7	4.86	0.77	3	5.73	0.78	4
100	5.30	0.41	4	4.81	0.45	7	4.61	0.63	3	5.42	0.61	4
200	4.74	0.35	4	4.32	0.45	7	4.37	0.57	3	4.87	0.50	4
300	4.48	0.30	4	4.16	0.36	7	4.18	0.56	3	4.62	0.50	4
500	4.41	0.31	4	4.17	0.36	7	4.15	0.55	3	4.49	0.39	4
700	4.42	0.27	4	4.21	0.35	7	4.22	0.55	3	4.59	0.43	4
1000	4.48	0.24	4	4.23	0.35	7	4.29	0.55	3	4.72	0.50	4
1320	4.63	0.27	3	4.44	0.07	3	4.69	0.25	2	4.91	0.54	3

Estación BNA4 (Nitratos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.36	0.49	3	2.16	1.70	3	0.11	0.10	2	0.21	0.25	5
10	1.35	0.58	3	0.09	0.10	3	0.08	0.04	2	0.21	0.29	5
20	1.44	0.60	3	0.08	0.05	3	0.12	0.05	2	0.16	0.23	5
50	2.10	0.45	3	0.40	0.43	3	0.14	0.07	2	0.19	0.24	5
75	2.49	0.58	3	1.40	0.87	3	2.60	0.89	2	0.54	0.45	5
100	2.52	0.53	3	3.99	0.86	3	4.16	0.20	2	2.02	1.02	5
200	4.96	1.60	3	7.37	0.39	3	6.87		1	6.04	1.15	5
300	6.63	1.35	3	8.18	0.28	3	8.28		1	7.36	1.37	5
500	8.16	2.08	3	8.58	0.21	3	8.36		1	7.96	1.46	5
700	8.24	2.08	3	8.82	0.13	3	8.20		1	8.03	1.50	5
1000	8.17	2.07	3	8.80	0.14	3	8.01		1	7.85	1.52	5
1320	7.99	1.94	3	8.73	0.05	3	8.05		1	7.99	1.62	5

Estación BNA4. Nitritos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.17	0.05	3	0.09	0.07	3	0.04	0.02	2	0.05	0.06	5
10	0.16	0.04	3	0.03	0.02	3	0.05	0.00	2	0.08	0.13	5
20	0.16	0.03	3	0.03	0.03	3	0.03	0.01	2	0.05	0.05	5
50	0.15	0.02	3	0.09	0.08	3	0.04	0.02	2	0.06	0.05	5
75	0.17	0.03	3	0.13	0.02	3	0.38	0.05	2	0.14	0.03	5
100	0.20	0.05	3	0.21	0.18	3	0.07	0.03	2	0.08	0.05	5
200	0.10	0.10	3	0.12	0.14	3	0.03		1	0.03	0.02	5
300	0.03	0.01	3	0.03	0.02	3	0.03		1	0.02	0.01	5
500	0.02	0.01	3	0.03	0.03	3	0.02		1	0.05	0.08	5
700	0.01	0.00	3	0.03	0.01	3	0.02		1	0.01	0.01	5
1000	0.01	0.01	3	0.02	0.00	3	0.10		1	0.01	0.01	5
1320	0.02	0.01	3	0.03	0.01	3	0.02		1	0.03	0.04	5

Estación BNA4 (Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   n° de datos)												
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	0.04	0.03	3	0.06	0.04	3	0.08	0.01	2	0.02	0.01	5
10	0.05	0.02	3	0.02	0.01	3	0.08	0.01	2	0.02	0.01	5
20	0.05	0.03	3	0.02	0.00	3	0.07	0.01	2	0.02	0.02	5
50	0.06	0.02	3	0.02	0.01	3	0.08	0.03	2	0.03	0.02	5
75	0.08	0.03	3	0.03	0.01	3	0.10	0.03	2	0.03	0.02	5
100	0.08	0.02	3	0.12	0.05	3	0.16	0.05	2	0.04	0.02	5
200	0.19	0.08	3	0.29	0.03	3	0.28		1	0.25	0.08	5
300	0.31	0.10	3	0.35	0.02	3	0.38		1	0.36	0.05	5
500	0.42	0.08	3	0.37	0.03	3	0.52		1	0.56	0.31	5
700	0.42	0.09	3	0.32	0.11	3	0.40		1	0.49	0.16	5
1000	0.42	0.07	3	0.32	0.10	3	0.38		1	0.44	0.07	5
1320	0.40	0.08	3	0.33	0.10	3	0.45		1	0.46	0.14	5

Prof.	Estación BNA4 ( Silicatos ( $\mu\text{M}$ )   desviación estándar   nº de datos)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
0	1.55	0.32	3	1.88	0.77	3	0.58	0.01	2	0.84	0.15	5
10	1.59	0.32	3	1.59	0.35	3	0.64	0.07	2	0.85	0.16	5
20	1.62	0.37	3	1.55	0.18	3	0.62	0.08	2	0.83	0.21	5
50	1.93	0.27	3	1.72	0.07	3	1.14	0.13	2	0.95	0.24	5
75	2.17	0.24	3	2.08	0.23	3	1.92	0.27	2	1.27	0.32	5
100	2.16	0.16	3	3.11	0.61	3	2.54	0.58	2	2.09	0.50	5
200	3.42	0.72	3	5.48	0.52	3	4.24		1	4.00	0.78	5
300	5.03	0.74	3	6.51	0.55	3	5.81		1	5.39	0.54	5
500	7.43	0.17	3	7.56	0.32	3	6.84		1	6.97	0.38	5
700	8.04	0.14	3	8.15	0.15	3	7.04		1	7.78	0.37	5
1000	8.33	0.41	3	8.45	0.36	3	7.16		1	8.17	0.44	5
1320	8.46	0.69	3	8.70	0.31	3	7.80		1	8.78	0.66	5

Tabla 5.9. Valores medios del disco de Secchi para las estaciones de las radiales de Tarragona (T) y Barcelona (BNA). Para cada estación del año se presentan tres columnas con el promedio estacional, la desviación estándar y el número de datos usados para el promedio.

	Profundidad del disco Secchi (m)   desviación estándar   nº de datos											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
T2	15.7	6.5	9	22.0	7.6	5	22.2	5.6	5	23.5	2.6	4
T4	18.4	5.9	9	18.8	3.7	5	25.5	4.0	4	21.8	2.5	4
BNA2	16.0	7.3	9	23.0	5.3	7	25.0	5.4	5	17.4	2.5	5
BNA4	17.9	2.9	10	20.2	5.0	6	23.4	1.5	5	21.4	3.8	5

Tabla 5.10. Abundancias medias, expresadas en células por ml, a lo largo de la columna de agua en la estación T2 para los grupos micro-fitoplanctónicos: diatomeas, dinoflagelados y pequeños flagelados. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio, y los valores mínimos y máximos registrados para cada grupo y cada estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

Prof.	Estación T2. Diatomeas (células/ml)																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.					
0	66	79	8	0	198	8	8	5	0	19	1	2	4	0	5	3	2	3	1	6
10	65	100	8	0	279	10	9	5	0	24	1	2	4	0	5	2	2	4	0	5
20	80	120	8	0	340	10	12	5	0	29	1	1	4	0	3	2	2	4	0	3
50	6	4	7	0	11	4	3	5	0	9	1	2	4	0	5	2	2	4	0	5
75	3	3	7	0	8	9	11	5	0	29	53	84	4	0	198	4	3	3	0	8

Prof.	Estación T2. Dinoflagelados (células/ml)																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.					
0	2	4	8	0	13	15	22	5	0	59	18	29	4	0	68	9	6	3	2	15
10	5	9	8	0	27	11	11	5	0	32	12	20	4	0	46	7	5	3	3	15
20	4	6	8	0	15	12	11	5	0	31	9	13	4	0	30	3	3	4	0	1
50	2	2	8	0	5	5	4	5	0	10	6	8	4	0	19	3	2	3	1	5
75	3	4	8	0	11	11	6	5	0	17	3	3	4	0	7	3	4	3	0	8

Prof.	Estación T2. Pequeños flagelados (células/ml)																			
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.					
0	75	78	8	0	223	130	99	5	0	286	10	18	4	0	41	92	42	3	60	151
10	68	69	8	0	186	69	37	5	0	98	16	19	4	0	47	79	53	3	37	154
20	65	97	8	0	252	56	37	5	0	97	16	20	4	0	49	63	56	3	15	142
50	25	33	8	0	90	27	26	5	0	75	16	17	4	0	40	26	5	2	21	30
75	8	9	8	0	24	13	10	5	0	25	11	12	4	0	25	11	10	3	0	25

Tabla 5.1.1. Igual que la tabla 5.10, pero para la estación BNA2.

Estación BNA2. Diatomeas (células/ml)																										
		Invierno						Primavera						Verano						Otoño						
Prof.		media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0		38	60	8	0	167	73	116	6	0	325	3	4	4	0	10	10	12	5	1	33					
10		48	76	8	0	195	22	23	5	0	62	2	3	4	0	7	15	14	5	2	39					
20		60	104	8	0	295	16	18	6	0	51	12	13	4	0	31	13	11	5	2	29					
50		48	79	8	0	187	20	37	6	0	102	18	19	4	0	44	6	4	5	1	10					
75		42	65	8	0	194	7	5	6	0	13	16	18	4	0	43	8	7	5	0	17					
100		35	61	8	0	176	3	3	6	0	9	8	8	4	0	17	2	2	5	0	7					

Estación BNA2. Dinoflagelados (células/ml)																										
		Invierno						Primavera						Verano						Otoño						
Prof.		media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0		2	3	8	0	10	10	8	6	0	19	13	19	4	0	45	5	4	5	0	10					
10		5	8	8	0	26	4	5	5	0	13	18	31	4	0	71	4	3	5	1	7					
20		2	3	8	0	9	8	7	6	0	16	15	26	4	0	60	2	2	5	0	6					
50		6	7	8	0	24	9	10	6	0	27	14	22	4	0	53	2	2	5	0	5					
75		1	2	8	0	7	4	4	6	0	10	9	9	4	0	22	1	1	5	0	2					
100		3	5	8	0	15	1	1	6	0	3	1	2	4	0	4	1	1	5	0	2					

Estación BNA2. Pequeños flagelados (células/ml)																										
		Invierno						Primavera						Verano						Otoño						
Prof.		media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0		37	56	8	0	168	129	107	6	0	295	21	22	4	0	52	35	19	5	0	57					
10		22	15	7	0	41	107	90	5	0	262	16	19	4	0	46	37	30	5	9	92					
20		38	33	8	0	91	118	92	6	0	293	31	31	4	0	65	44	48	5	0	136					
50		13	14	8	0	42	97	68	6	0	196	24	28	4	0	68	28	30	5	0	86					
75		14	11	8	0	32	25	20	6	0	63	15	23	4	0	54	30	25	5	2	67					
100		20	24	8	0	75	14	14	6	0	39	6	6	4	0	15	9	10	5	0	27					

Tabla 5.12. Abundancias medias, expresadas en células por mililitro (cel./ml), a lo largo de la columna de agua en la estación T2 para las células nanoeucariotas, picoeucariotas y bacterias del género *Prochlorococcus* y *Synechococcus*. Para cada estación del año se presentan cinco columnas con el promedio estacional, la desviación estándar, el número de datos usados para el promedio, y los valores mínimo y máximo registrados para cada grupo y estación del año a lo largo de toda la serie temporal.

Estación T2. Nanoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	1812	723	7	1120	3338	957	785	5	0	2096	733	159	4	487	930	551	42	2	509	592
10	1680	652	7	1093	3144	1081	568	5	296	2071	568	281	4	325	1033	563	152	2	411	714
20	1725	1185	6	608	4274	974	617	5	249	2030	598	319	3	322	1045	585	13	2	572	597
50	1247	971	7	237	3464	510	168	5	264	767	705	198	4	425	903	282	20	2	262	301
75	557	465	7	54	1419	499	287	5	93	832	1954	1993	4	547	5374	161	23	2	138	183

Estación T2. Picoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	6946	7320	7	1365	21974	1491	1113	5	132	3043	1105	414	4	718	1752	582	120	2	462	701
10	6125	5948	7	1392	15746	1366	1005	5	257	2814	826	58	4	769	922	505	87	2	418	592
20	5702	7634	6	1359	22600	1469	1029	5	263	3153	802	150	3	648	1006	455	193	2	262	647
50	6066	6733	7	647	21204	1572	1141	5	192	3231	1138	504	4	380	1643	1521	143	2	1378	1663
75	2454	2518	7	114	6919	1789	1070	5	482	3458	2901	1669	4	851	5263	1689	566	2	1123	2255

Estación T2. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno					Primavera					Verano					Otoño				
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.
0	2296	1546	7	368	4530	150	237	5	0	611	7342	12529	4	0	29042	10532	10532	2	0	21064
10	2434	1638	7	368	4722	1434	1456	5	0	3985	8674	14705	4	108	34143	16509	6131	2	10378	22639
20	2591	2003	6	257	5024	999	1188	5	0	2677	8628	11643	3	83	25090	17183	5237	2	11946	22420
50	3055	1875	7	386	6434	1090	1396	5	87	3842	8278	8241	4	1204	22292	22558	13439	2	9119	35996
75	1519	1549	7	293	4773	513	313	5	159	919	8494	9175	4	683	24121	9532	1685	2	7847	11216

Estación T2. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	invierno			Primavera			verano			otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.					
0	14591	5979	7	24940	8443	33558	48623	5	1143	129303	24374	9743	4	13201	37969	23782	1695	2	22087	25476
10	14736	6154	7	26529	8153	48375	51353	5	2835	138565	22613	6684	4	12494	28965	22998	2546	2	20452	25543
20	17502	11533	6	38161	3195	39550	52158	5	6123	143121	20252	4880	3	14306	26259	22317	2779	2	19538	25095
50	13349	12212	7	42199	2773	11867	7616	5	5243	26505	29953	9355	4	20213	40657	5328	895	2	4433	6222
75	5400	4360	7	14066	404	5680	2265	5	2829	9572	15281	3754	4	10452	19766	939	41	2	898	979

Tabla 5.13. Igual que la tabla 5.12, pero para la estación T4.

Estación T4. <i>Nanoecariotas</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.					
0	1455	505	6	1998	665	1437	1387	3	220	3377	556	117	3	395	668	471	71	2	400	542
10	1440	548	6	2322	680	853	653	3	180	1737	553	153	3	416	766	437	119	2	318	556
20	1282	416	6	1919	761	937	648	3	243	1802	665	30	3	626	699	370	7	2	363	377
50	1056	454	6	1803	482	618	335	3	266	1068	1088	341	3	800	1567	424	134	2	290	557
75	435	129	6	617	269	323	124	3	150	438	398	198	3	183	661	128	41	2	87	168
100	265	117	4	401	93	174	37	3	141	225	239	187	3	105	503	32	20	2	12	51

Estación T4. <i>Picoecariotas</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.					
0	5527	4777	6	13859	1631	2223	2154	3	455	5255	598	172	3	470	841	586	114	2	472	699
10	5875	4894	6	14973	1506	1424	899	3	482	2635	686	257	3	434	1039	531	52	2	479	583
20	5600	4451	6	13785	1464	1404	957	3	234	2578	766	161	3	542	910	638	162	2	476	799
50	4744	2265	6	7800	1515	1138	997	3	361	2545	2511	1896	3	745	5141	1495	377	2	1118	1871
75	2289	1977	6	6105	569	1585	806	3	611	2585	1974	1009	3	889	3319	821	306	2	515	1126
100	1928	1611	4	4350	237	707	320	3	284	1057	637	193	3	377	841	204	72	2	132	275

Estación T4. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.
0	5739	9001	6	0	25324	1968	2484	3	110	5479	6775	9316	3	168	19949	10207	3862	2	6345	14068
10	5918	9087	6	543	25841	1196	1396	3	187	3171	6161	8507	3	117	18192	11143	4622	2	6521	15765
20	6101	9012	6	449	25765	189	104	3	81	329	9961	13489	3	147	29034	12642	3959	2	8683	16601
50	7449	9108	6	455	26033	10286	7362	3	314	17866	37171	12853	3	19229	48666	38857	10479	2	28378	49336
75	1904	1480	6	572	4871	7836	5432	3	368	13129	6617	5836	3	1105	14693	6152	601	2	5551	6752
100	1294	1234	4	449	3413	3004	3255	3	243	7575	6050	7570	3	464	16752	704	210	2	494	913

Estación T4. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.
0	26623	24085	6	3620	73378	19676	11472	3	11201	35894	9696	9759	3	2063	23470	22876	3069	2	19807	25944
10	30269	27355	6	3653	83553	21507	18511	3	7503	47664	10116	9729	3	1623	23737	23993	3672	2	20321	27664
20	32437	28965	6	3371	84506	30710	27016	3	6386	68388	12641	12306	3	3728	30043	24627	2687	2	21940	27313
50	24232	24112	6	3856	71442	57201	63858	3	4704	147088	31259	15598	3	14362	51988	8803	1252	2	7551	10055
75	3924	1178	6	2021	5332	23026	22866	3	4515	55244	4474	3088	3	677	8241	584	246	2	338	829
100	2721	1057	4	991	3602	3314	1886	3	1581	5937	8620	10926	3	263	24054	234	84	2	150	317

Tabla 5.14. Igual que la tabla 5.12, pero para la estación BNA2.

Estación BNA2. Nanoocariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.	media	$\sigma$	n	Max.	Min.
0	2449	2050	7	668	6579	1090	327	6	500	1527	1020	708	4	402	2180	460	87	3	389	582
10	2530	2599	7	713	8215	820	327	5	234	1153	784	653	4	338	1913	478	80	3	383	578
20	2766	2782	6	823	8455	893	230	6	600	1293	758	494	4	398	1608	574	111	3	421	679
50	1370	620	7	835	2758	1010	440	6	495	1645	945	124	4	794	1132	414	62	3	357	500
75	1031	239	7	713	1452	635	396	6	293	1272	1014	830	4	284	2317	185	98	3	84	317
100	880	383	7	249	1407	335	233	5	78	692	150	89	4	45	260	63	18	2	45	81

Estación BNA2. Picoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	9061	7785	7	781	22785	998	359	6	503	1572	984	202	4	763	1281	613	323	3	162	905
10	8834	7807	7	599	23413	1012	413	5	431	1566	1015	313	4	581	1428	627	355	3	126	907
20	8052	8094	6	623	23080	1203	472	6	639	2126	1000	220	4	691	1313	985	591	3	198	1622
50	4795	3169	7	575	11093	2600	2476	6	557	7653	1299	762	4	460	2290	763	420	3	174	1122
75	3700	1933	7	970	7258	2078	2724	6	320	8071	2096	926	4	1180	3533	3606	4416	3	407	9850
100	2680	1518	7	584	5132	1003	1307	5	93	3602	959	686	4	254	2045	398	30	2	368	428

Estación BNA2. <i>Prochlorococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	2477	2126	7	392	7093	348	373	6	0	1039	5760	9234	4	0	21738	10234	4982	3	4559	16687
10	2427	1891	7	386	6240	190	158	5	0	464	8166	13817	4	0	32097	10670	4942	3	5070	17091
20	2434	2147	6	371	6865	1954	3913	6	0	10693	6929	11238	4	0	26380	16725	3615	3	11940	20676
50	2626	2208	7	413	6961	14104	16320	6	114	43765	22210	13573	4	0	34019	18508	8748	3	10398	30654
75	2526	1898	7	710	6413	2146	2204	6	78	6602	19364	13459	4	2329	40010	11213	3184	3	7294	15093
100	2075	1452	7	814	5464	656	447	5	201	1231	7555	7624	4	153	18653	3415	1143	2	2272	4557

Estación BNA2. <i>Synechococcus</i> (células/ml)																				
Prof.	Invierno			Primavera			Verano			Otoño										
	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.	media	$\sigma$	n	Min.	Max.					
0	7791	4211	7	2473	14025	10558	5978	6	401	18602	21067	11049	4	13319	40103	30971	11439	3	15731	43292
10	7647	4605	7	2368	15615	9519	7487	5	323	22005	16949	3373	4	12986	21655	31198	10352	3	17530	42574
20	8211	5463	6	2374	18303	15687	9288	6	452	26073	19516	9870	4	5548	33019	28100	8278	3	18571	38754
50	6163	2790	7	2749	12198	47619	29461	6	1805	80163	26669	8858	4	12993	34889	13639	4373	3	7861	18437
75	5736	2160	7	3829	9111	14992	20854	6	1084	60600	7625	5136	4	1155	13528	4317	5005	3	766	11395
100	4621	1933	7	1192	7386	7403	7670	5	668	21102	1616	1324	4	171	3749	375	132	2	243	506

Tabla 5.15. Igual que la tabla 5.12, pero para la estación BNA4.

Estación BNA4. Nanoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.				
0	2125	734	7	1069	3360	2211	2387	5	137	6777	851	301	4	519	1204	497	212	3	277	784
10	2035	609	7	1186	3076	2250	2552	5	269	7207	687	244	4	369	949	917	822	3	246	2075
20	2177	334	7	1710	2878	1727	1092	5	299	2834	674	184	4	453	868	695	507	3	226	1399
50	1202	734	7	281	2339	2001	1851	5	560	5313	1421	508	4	644	2063	254	89	3	132	341
75	712	660	6	117	2094	1021	1235	5	314	3486	845	664	4	111	1910	150	75	3	60	244
100	735	755	7	120	2206	276	318	5	60	907	268	239	4	48	671	126	55	3	63	198

Estación BNA4. Picoeucariotas (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.				
0	7546	4245	7	2996	16111	2689	3205	5	280	8924	763	277	4	491	1195	779	341	3	421	1238
10	6723	2632	7	2911	10967	3033	3875	5	317	10627	874	349	4	497	1410	1111	451	3	587	1688
20	7941	5003	7	2902	19678	1820	1884	5	452	5467	886	319	4	467	1258	1136	230	3	904	1450
50	3115	2258	7	240	6639	1834	1837	5	638	5485	1510	624	4	823	2384	568	177	3	419	817
75	1690	1807	6	30	5510	1885	1356	5	464	4240	1461	684	4	467	2138	830	311	3	458	1219
100	2016	2236	7	45	6393	215	101	5	36	332	302	89	4	171	389	508	279	3	278	901

Estación BNA4. Prochlorococcus (células/ml)																				
Prof.	Invierno				Primavera				Verano				Otoño							
	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.	media	$\sigma$	n	Max.				
0	5407	3856	7	1720	12095	4118	5705	5	0	15314	5689	9518	4	0	22171	6830	6185	3	0	14977
10	5870	3756	7	2263	12983	1308	1388	5	0	3506	5819	9811	4	0	22810	7047	5995	3	0	14653
20	6380	3925	7	1863	14189	749	790	5	0	2231	5168	8102	4	269	19197	9984	7157	3	0	16417
50	3998	4424	7	290	13998	3943	3819	5	189	9389	21882	13441	4	4419	42056	23132	20684	3	5737	52196
75	2100	1885	6	90	5704	977	930	5	0	2461	10770	7872	4	2317	18857	15642	11905	3	4820	32223
100	2149	2058	7	114	6503	468	623	5	0	1677	6573	10392	4	111	24566	7127	4397	3	2293	12931

Prof.	Estación BNA4. <i>Synechococcus</i> (células/ml)											
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n	media	$\sigma$	n
0	19681	12631	7	34813	27040	5	15477	5092	4	21830	2916	3
	4096	40671	4503	88399	8399	16955	9156	21830	26417	33558		
10	19779	14383	7	31839	12822	5	16087	6592	4	27017	45808	3
	4503	47106	52898	52898	27776	77386						
20	20744	15971	7	39598	18130	5	15858	9993	4	30976	40993	3
	5419	50766	58724	58724	27676	60553						
50	9188	10506	7	72663	68455	5	24631	11314	4	44079	15427	3
	1383	33636	160113	160113	16918	28824						
75	6989	10174	6	12653	10562	5	3856	3113	4	8177	4150	3
	569	29507	26292	26292	868	6964						
100	6809	10031	7	3506	4674	5	1291	1197	4	3267	1217	3
	473	30899	12842	12842	278	1509						

## Capítulo 6. Cambio Climático. Principales tendencias



Este libro se ha dedicado a establecer, en la medida de lo posible, los valores medios y los rangos de variabilidad de una serie de propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden ayudar a caracterizar las distintas regiones que conforman el Mediterráneo español. Como ya se ha explicado en reiteradas ocasiones a lo largo de los capítulos anteriores, se trata de establecer cuál es el estado actual de nuestros mares a través de cálculos estadísticos que se han recogido en gráficas y tablas. Estas estadísticas pueden servir como referencia para trabajos posteriores y ayudar a detectar futuras alteraciones y cambios que se puedan producir en el estado medioambiental del Mediterráneo.

El mantenimiento de un sistema de monitorización tan ambicioso como el del proyecto RAD-MED es costoso y se enfrenta a numerosas dificultades, por lo que problemas tales como la falta de instrumentación, personal o disponibilidad de buques oceanográficos, impiden en ocasiones llevar a cabo el muestreo programado. En consecuencia, los conjuntos de datos analizados presentan numerosos huecos en el caso de algunas variables. Por otro lado, el proyecto RAD-MED se inició en el año 2007 por lo que la longitud de las series temporales no es la apropiada para abordar un análisis a largo plazo como corresponde al estudio del Cambio Climático. Sin embargo, en otros casos las estaciones oceanográficas de RADMED ya eran muestreadas en el marco de otros proyectos de monitorización anteriores, por lo que se dispone de series de datos desde el año 1992, 1994 o 1996 según las estaciones y las variables consideradas. Más aún, en el caso de variables como la temperatura y la salinidad disponemos de fuentes alternativas de información como pueden ser otras estaciones oceanográficas operadas por otras instituciones (l'Estartit, ICM/CSIC), bases de datos internacionales en las que se guardan datos obtenidos a lo largo del pasado siglo XX, o datos obtenidos mediante radiómetros, operados desde satélites. Estas series son analizadas en este último capítulo para tratar de establecer tendencias a largo plazo y determinar qué cambios se están produciendo en las aguas del Mediterráneo. Por ello, este capítulo puede considerarse una actualización de los informes previos sobre Cambio Climático en el Mediterráneo Español (Vargas-Yáñez et al., 2010a, 2008).

## 6.1 Descripción de las series temporales

La base de datos MEDAR/MEDATLAS (Mediterranean Data Archeology and Rescue, MEDAR Group, 2002) recoge la mayor parte de las campañas oceanográficas realizadas en el Mediterráneo a lo largo del siglo XX, mientras que las series de datos de temperatura y salinidad correspondientes a los proyectos de monitorización del Instituto Español de Oceanografía se inician a principios de los años 1990. Por este motivo se recopilaron todos los datos de temperatura y salinidad disponibles en la citada base de datos a lo largo de la columna de agua, desde la superficie del mar hasta los 2500 m de profundidad, para extender las series temporales del proyecto RADMED hacia atrás en el tiempo. Aunque como ya hemos dicho estas bases de datos contienen información de todo el siglo XX, y a pesar de que en otros trabajos ha sido utilizada dicha información para estimar cambios sobre un periodo de tiempo de más de un siglo (Vargas-Yáñez et al., 2010b), la cantidad de datos correspondientes a la primera mitad del siglo XX es escasa por lo que en el presente trabajo se ha optado por situar el inicio de las series temporales en el año 1945. Los datos de temperatura y salinidad obtenidos de MEDAR/MEDATLAS se han unido a los pertenecientes al proyecto RADMED para construir series desde 1945 hasta 2016 (García-Martínez et al., 2018b, Vargas-Yáñez et al., 2017). Esta construcción de series temporales se ha realizado sobre cuatro zonas geográficas donde el proyecto RADMED cuenta con radiales y se han señalado con rectángulos rojos en la figura 6.1. En adelante nos referiremos a estas zonas como Alborán, Murcia, Baleares y Cataluña. Hay que señalar que en la zona de Cataluña también se dispone de datos de temperatura del

mar, sobre la plataforma continental frente a la localidad de l'Estartit, así como datos de nivel del mar en la costa de dicha localidad (triángulo verde en la figura 6.1). Esta estación oceanográfica es operada por el Institut de Ciències del Mar del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Salat y Padual, 2006; Pascual et al., 1995). Igualmente, en la zona del Mar de Alborán se usan los datos de temperatura del mar tomadas diariamente por el Instituto Español de Oceanografía en la playa de Fuengirola (triángulo verde en Fig. 6.1).

Además de estos datos de temperatura y salinidad que son datos tomados "in situ", es decir, mediante el uso de instrumentación oceanográfica desplegada desde un buque de investigación, también se recopilaron los datos de temperatura superficial del mar obtenidos de forma remota, mediante radiómetros operados desde satélites. Esta información se obtuvo del Earth System Research Laboratory, Physical Science Division de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, [www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html), Reynolds et al., 2002). Las zonas donde se obtuvieron los datos de satélite son las mismas usadas para la construcción de series temporales de temperatura y salinidad con datos *in situ* y marcadas con rectángulos rojos en la figura 6.1. Estas series se extienden desde 1982 hasta 2017.

Se obtuvieron datos mensuales del nivel del mar a partir de la red de mareógrafos del Instituto Español de Oceanografía en Algeciras, Málaga y Palma de Mallorca (triángulos azules en Fig. 6.1), así como del mareógrafo situado en la estación oceanográfica de l'Estartit (triángulo verde en la figura 6.1).

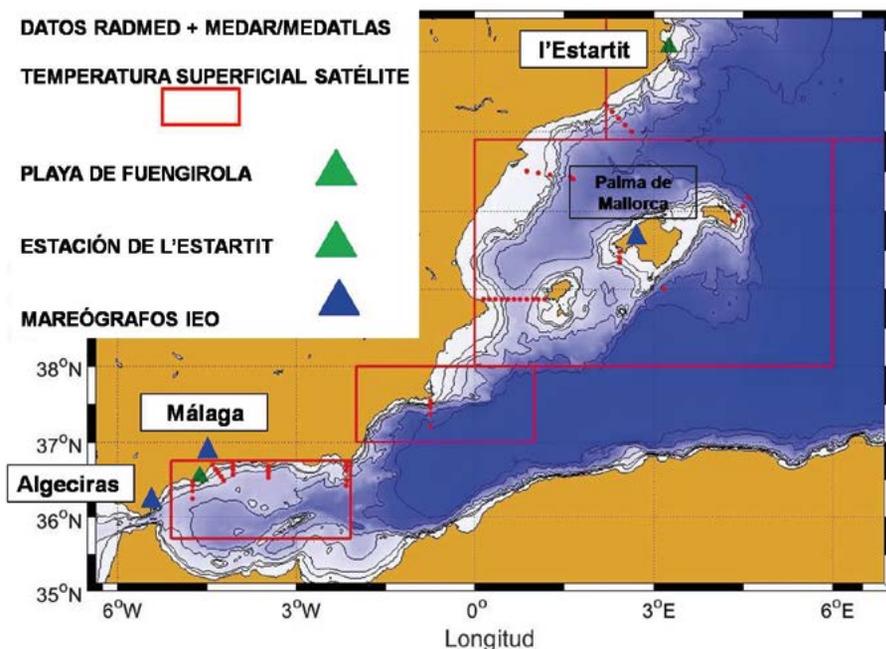


Figura 6.1. Los rectángulos rojos son las zonas geográficas en las que se han recopilado los datos de temperatura y salinidad a partir de la base de datos MEDAR/MEDATLAS y se han añadido a los de RADMED para construir series temporales largas. En los mismos rectángulos se han obtenido datos de temperatura superficial del mar medidos desde satélite a partir del ESRL de la NOAA. El triángulo verde en la parte superior muestra la posición de la estación oceanográfica de l'Estartit (ICM/CSIC) y el triángulo verde en la zona del Mar de Alborán es la posición donde se mide diariamente la temperatura del mar (IEO). Los triángulos azules son las posiciones de los mareógrafos del IEO. En la estación de l'Estartit también existe un mareógrafo cuyos datos se analizan en el presente trabajo.

Finalmente, se analizan las series temporales de nutrientes, profundidad de la nutriclina, concentración de clorofila integrada, valor de la concentración de clorofila en el Máximo Profundo de Clorofila, concentración integrada de oxígeno y valor de la concentración de oxígeno disuelto en las posiciones del máximo y mínimo de oxígeno. También se analizan las series temporales de biomasa meso-zooplancónica. El análisis de tendencias de estas variables de carácter químico y biológico se realiza en el caso de las series más largas, que como ya se ha comentado, son aquellas que se iniciaron en los años 1990 en el marco de proyectos anteriores. El análisis de series temporales de las estaciones oceanográficas iniciadas en 2007 con la puesta en marcha del proyecto RADMED se deja para futuras actualizaciones del presente trabajo.

## 6.2 Análisis de tendencias en las series de temperatura, salinidad y nivel del mar

Para cada una de las zonas analizadas, Alborán, Murcia, Baleares y Cataluña, se recogieron los datos de temperatura y salinidad correspondientes a todas las campañas oceanográficas realizadas dentro de los límites geográficos establecidos en la figura 6.1, así como los datos correspondientes a las radiales de RADMED situadas dentro de dichos límites. En adelante se usará siempre temperatura potencial, aunque por brevedad se escriba temperatura. Para cada zona y para cada profundidad, desde la superficie hasta los 2500 m, los datos correspondientes a un mismo año se agruparon por estaciones del año y se promediaron, obteniéndose cuatro valores para cada año cuando no existían huecos en las series. Posteriormente se promediaron los cuatro valores correspondientes a cada año, obteniéndose para cada zona y para cada profundidad un dato por año. Como ya hemos descrito en capítulos anteriores, el Mediterráneo Occidental puede considerarse dividido en tres capas. La capa superficial correspondería al Agua Atlántica (AA) que entra por el Estrecho de Gibraltar y que se encuentra más o menos modificada según la zona geográfica y el tiempo de permanencia en esta cuenca. Esta capa se extiende aproximadamente desde la superficie hasta los 150 m de profundidad. Por debajo de la capa superior se encuentra la capa intermedia, ocupada principalmente por el Agua Levantina Intermedia (ALI) y de forma más intermitente por el Agua Occidental Intermedia (AOI). Esta capa se extiende desde los 150 m hasta los 600 m de profundidad. Por debajo de la capa intermedia y hasta el fondo se encuentra el Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (APMOc). Las series anuales de temperatura y salinidad para cada zona y para las distintas profundidades desde la superficie hasta el fondo del mar fueron promediadas para estas tres capas. Finalmente se obtuvieron para cada región tres series de temperatura y tres series de salinidad correspondientes a las capas: superficial, intermedia y profunda.

Sin embargo, la obtención de las series temporales no es un proceso tan directo como pueda pensarse en base a la somera descripción realizada en el párrafo anterior. Las series temporales presentan numerosos huecos ya que no se dispone de datos para todas las estaciones del año en todos los años. Por otra parte, varios trabajos han evidenciado errores en algunos tipos de instrumentos utilizados para la medida de la temperatura a lo largo de la columna de agua (Ishii y Kimoto, 2009; Domingues et al., 2008; Wijjels et al., 2008; Gouretski y Koltermann, 2007). Vargas-Yáñez et al. (2012b, 2010c, 2009) mostraron que las series temporales construidas para el Mediterráneo pueden variar según se incluyan o no los datos obtenidos con este tipo de instrumentación y también según la forma en la que se rellenen los huecos existentes en las series temporales o cómo se realicen los promedios de datos de un mismo año o de distintas posiciones geográficas. Por ese motivo, al obtener un valor de temperatura para un año concreto

en una de las cuatro zonas estudiadas y para una de las tres capas de profundidad en las que se ha dividido la columna de agua, hemos de considerar la incertidumbre inherente al cálculo del valor medio (relacionada con la desviación estándar) así como la incertidumbre asociada a las diferentes metodologías que se pueden emplear para la obtención del valor medio. No se van a detallar aquí los problemas metodológicos que acabamos de mencionar, pero pueden consultarse en Vargas-Yáñez et al. (2017) y en García-Martínez et al. (2018b). Baste añadir que la sensibilidad de los resultados a las diferentes metodologías empleadas se deriva de la escasez de datos oceanográficos disponibles (Llasses et al., 2015; Jordá y Gomis, 2013).

En cualquier caso, en el presente trabajo se considera la incertidumbre asociada a los problemas metodológicos de tal forma que para cada año se obtiene la temperatura y salinidad por diferentes metodologías y finalmente se considera el valor medio calculado a partir de todas ellas (línea roja en las figuras 6.2 a 6.13). Los valores mínimo y máximo obtenidos se usan como una estimación del error o la incertidumbre (curvas grises en las figuras 6.2 a 6.13).

Las figuras 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5 muestran la evolución de la temperatura potencial en las capas intermedia y profunda en las regiones de Alborán, Murcia, Baleares y Cataluña. Se ha incluido en cada figura el valor de la tendencia expresada en grados centígrados por cada 100 años, así como el intervalo de confianza en el nivel del 95% de confianza estadística.

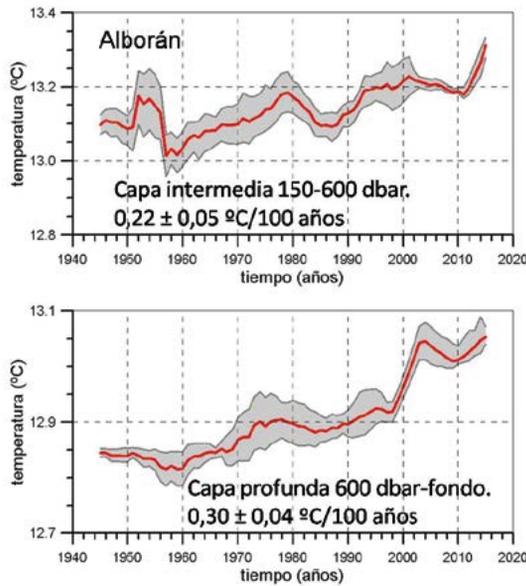


Figura 6.2. Parte superior. Evolución de la temperatura potencial para la capa intermedia (150-600 dbar) en el Mar de Alborán. Se obtuvieron diferentes series anuales usando diferentes tipos de datos y técnicas de rellenado de huecos. Finalmente la línea roja representa el valor medio resultado de promediar todas las series obtenidas con diferentes metodologías. Las curvas grises superior e inferior son los valores mínimos y máximos obtenidos mediante el uso de las diferentes metodologías y tipos de datos y representan una estimación de la incertidumbre asociada a la serie temporal. La parte inferior es igual pero para la capa profunda, desde los 600 dbar hasta el fondo.

En esta figura, así como en las siguientes, solo se han incluido las series temporales que presentan en todas las zonas tendencias significativas en el nivel de confianza del 95 % (ver tabla 6.1), y en consecuencia pueden considerarse como un resultado robusto. Las tendencias calculadas para las aguas superficiales son positivas en unos casos y negativas en otros por lo que requieren de nuevos análisis.

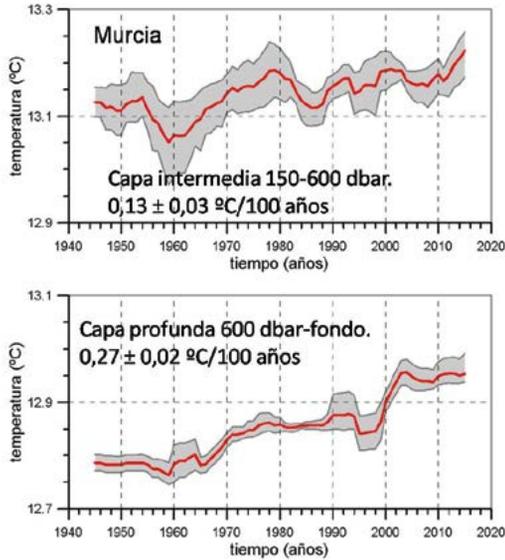


Figura 6.3. Igual que la figura 6.2, pero para la zona situada frente a Murcia.

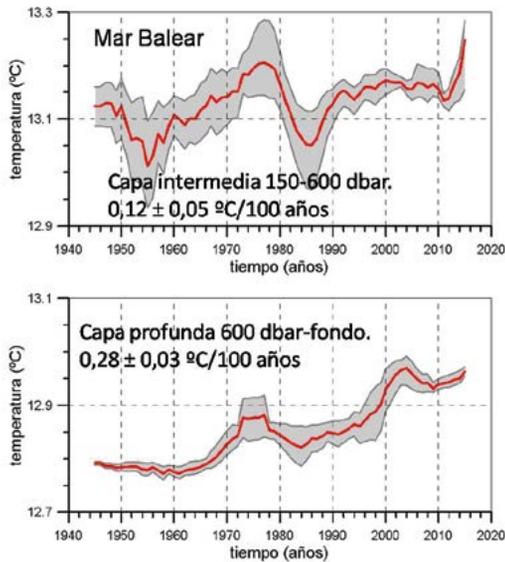


Figura 6.4. Igual que la figura 6.2, pero para las aguas que rodean las islas Baleares.

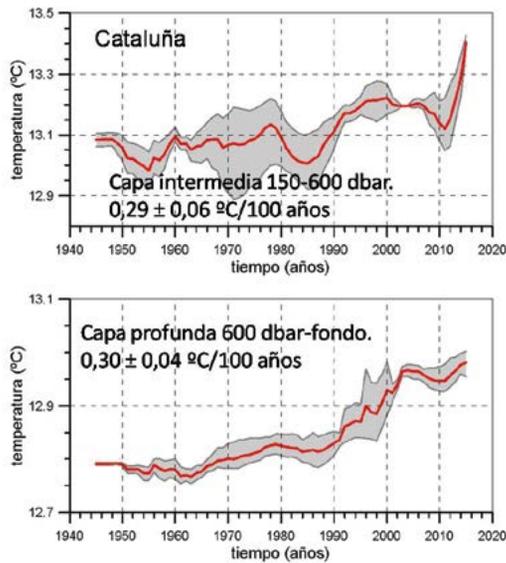


Figura 6.5. Igual que la figura 6.2, pero para las aguas situadas frente a Cataluña.

Las aguas intermedias y profundas muestran un calentamiento muy claro desde mediados del siglo XX de entre 0,13 y 0,3 °C/100 años. Hay que considerar que aunque un aumento de 0,3 grados a lo largo de un siglo pueda parecer una cifra pequeña, este incremento de temperatura afecta a una gran masa de agua, y por tanto supone una gran cantidad de calor absorbida por el mar. Este calentamiento y la absorción de calor asociada a él, están en concordancia con las observaciones realizadas en diferentes trabajos (Rhein et al., 2013; Levitus et al., 2012, 2009).

Sin embargo, la ausencia de tendencias significativas en las capas superficiales resulta sorprendente, ya que los océanos, a nivel global, almacenan en sus primeros 700 m la mayor parte del calor absorbido por el planeta en el actual proceso de calentamiento global (Levitus et al., 2012, 2009). Además de sorprendente se trata de un resultado contradictorio. Las aguas intermedias del Mediterráneo son el resultado del hundimiento del AA en el Mediterráneo Oriental tras sufrir procesos convectivos en invierno (ver introducción). Resulta difícil explicar un calentamiento de las aguas intermedias sin la participación en dichos procesos de un AA más cálida. De igual manera, las aguas profundas del Mediterráneo Occidental son el resultado de la mezcla del ALI con el AA que ocupa la superficie de esta cuenca, de modo que vuelve a ser necesaria la concurrencia de un ALI o un AA más cálida, o de ambas.

La explicación más plausible es que las aguas superficiales tienen una gran variabilidad debido a que están en contacto con la atmósfera, sufriendo, además del ciclo estacional de temperatura, continuos y bruscos calentamientos y enfriamientos a lo largo de periodos de tiempo más cortos. En consecuencia, el muestreo de estas aguas debe tener un carácter periódico, que no tenían los datos procedentes de la base de datos MEDAR/MEDATLAS. Por otro lado, la escasez de datos existentes durante el siglo XX, hace difícil la detección de estas tendencias o

cambios a largo plazo. Incluso el muestreo sistemático de proyectos como RADMED puede ser insuficiente si no se apoya en otras fuentes. Con objeto de paliar estas deficiencias se analizó la temperatura superficial del Mar en estas mimas regiones, (Alborán, Murcia, Mar Balear y Cataluña), usando datos procedentes de satélites. Dichas series de temperatura se presentan en las figuras 6.6 y 6.7 junto con las series generadas a partir de los datos *in situ* de RADMED y MEDAR/MEDATLAS.

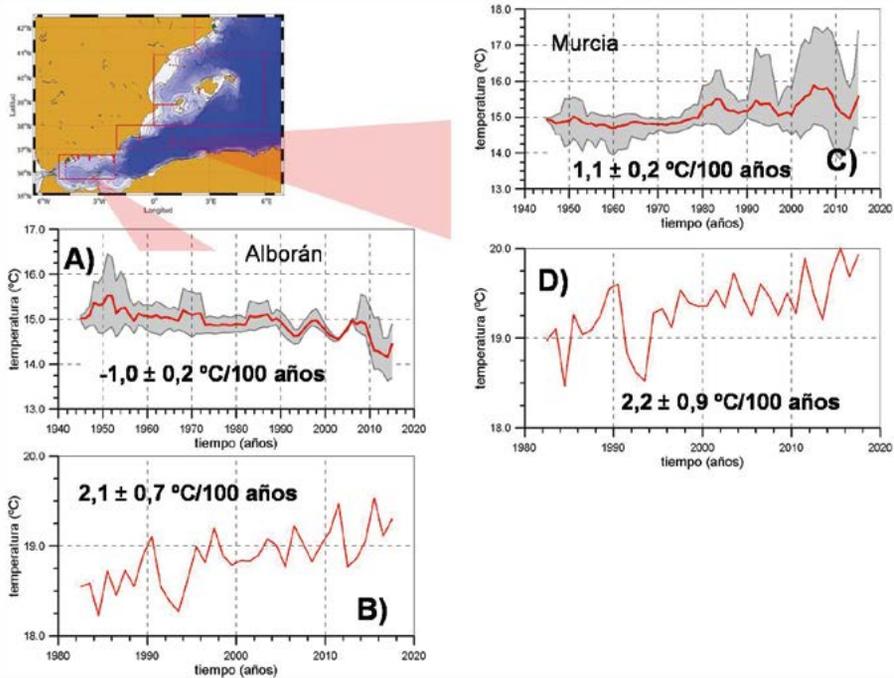


Figura 6.6. La figura A muestra la evolución de la temperatura en la capa superficial del Mar de Alborán (0-150 dbar) desde 1945 a partir de datos de MEDAR/MEDATLAS y RADMED. La línea roja representa la curva media a partir de diferentes metodologías y las líneas grises muestran la incertidumbre asociada a la obtención de la serie temporal. La figura B corresponde a la temperatura superficial del mar, medida desde satélites. Las figuras C y D son igual, pero para la zona de Murcia.

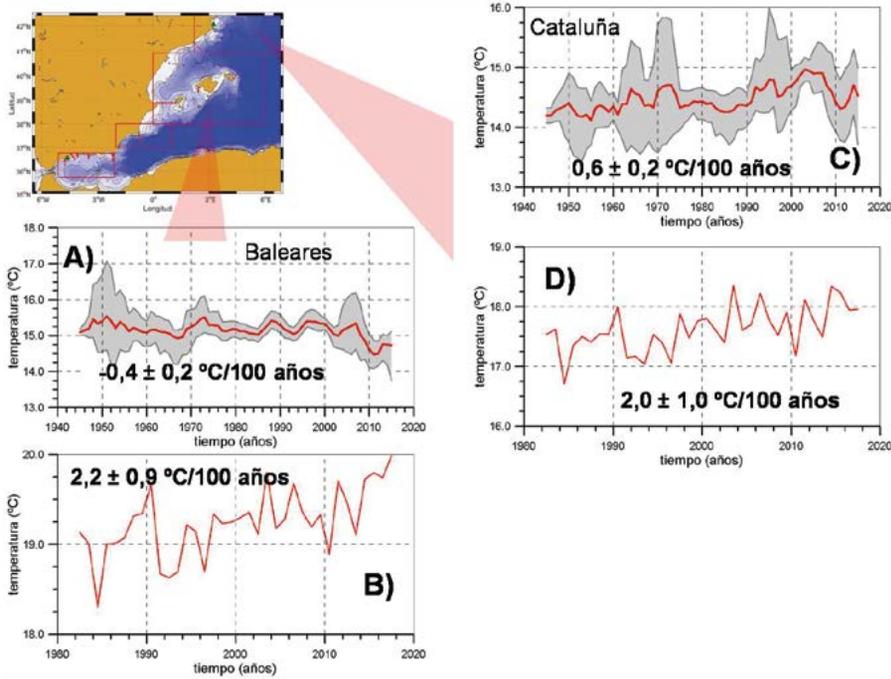


Figura 6.7. Igual que la figura 6.6, pero para las zonas de las Islas Baleares y de Cataluña.

Otras fuentes de datos que pueden contribuir a aclarar el comportamiento de las aguas más superficiales del Mediterráneo son las series temporales de temperatura obtenidas en la Playa de Fuengirola y las series de temperatura de la plataforma continental catalana frente a las costas de l’Estartit. La figura 6.8 muestra el ciclo estacional medio de la temperatura del agua en la Playa de Fuengirola y la evolución de la temperatura anual desde 1986. En este caso las series sí están bien muestreadas, pues se trata de medidas casi diarias que capturan toda la variabilidad propia de estas aguas superficiales, siendo muy escasos los huecos. Esta serie muestra una clara tendencia de calentamiento que, tomando en consideración la incertidumbre de la estimación, podría estar entre 1 y 3 °C/100 años.

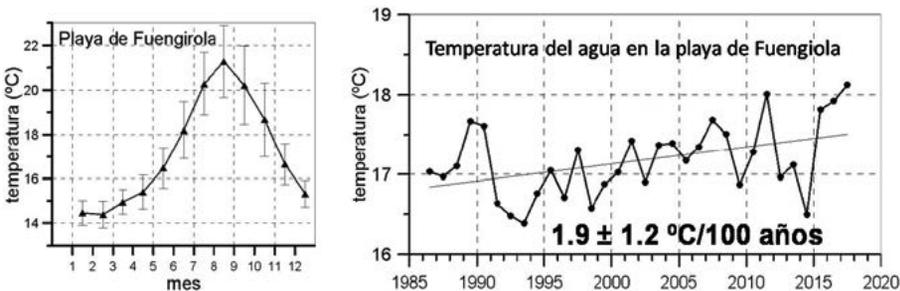


Figura 6.8. Ciclo anual medio de la temperatura del agua en la Playa de Fuengirola y evolución d las temperaturas anuales medias desde el año 1986.

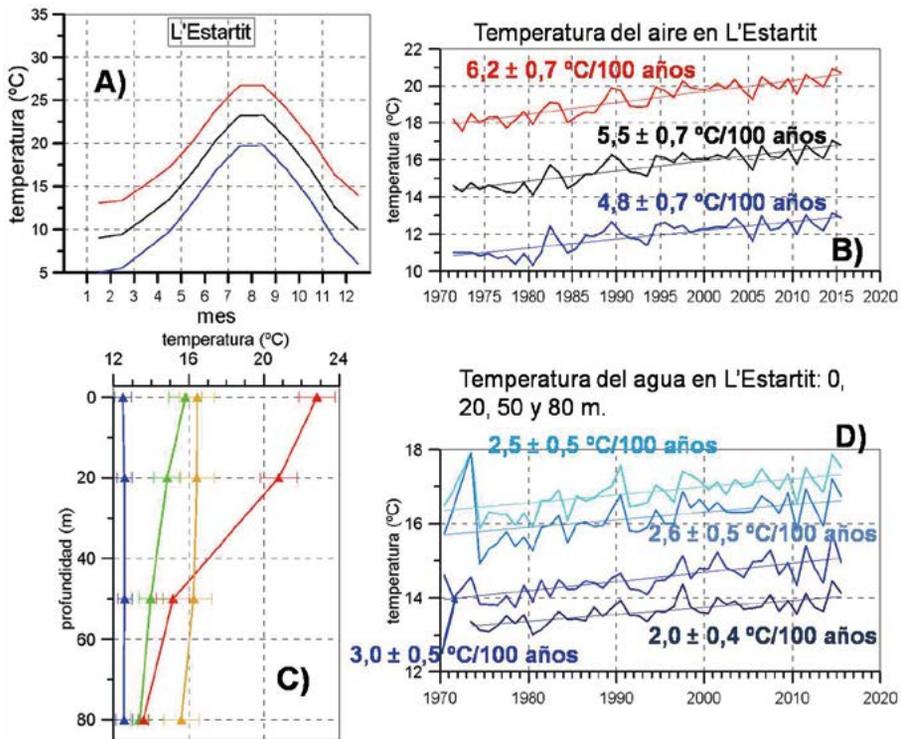


Figura 6.9. La figura A muestra el ciclo estacional medio de las temperaturas mínimas (azul), medias (negro) y máximas (rojo) diarias en la estación de l'Estartit. La figura B muestra la evolución de las temperaturas del aire mínimas, medias y máximas promediadas anualmente. La figura C muestra las temperaturas medias estacionales del agua (invierno azul, primavera verde, verano rojo y otoño marrón claro) en superficie, a 20 m, a 50 m y a 80 m de profundidad en la estación oceanográfica de l'Estartit. La figura D muestra la evolución de las temperaturas anuales en las mismas cuatro profundidades. En las figuras B y D se han incluido las tendencias y sus intervalos de confianza al 95 % de confianza.

La figura 6.9 muestra el ciclo estacional medio de la temperatura del aire (mínima, media y máxima diaria) en la estación de l'Estartit (Fig. 6.9A), así como la evolución de las temperaturas mínimas, medias y máximas anuales desde 1971. Estas gráficas muestran tendencias positivas muy fuertes, posiblemente afectadas por algún tipo de variabilidad decadal. La temperatura del agua a 0, 20, 50 y 80 m (Fig. 6.9D) también muestra un aumento significativo desde 1970 con valores en torno a los 2 o 3 °C/100 años.

Tanto los datos medidos desde satélite como las series de temperatura del agua de Fuengirola y l'Estartit confirman la idea de que el calentamiento de las aguas intermedias y profundas del Mediterráneo Occidental no puede suceder sin el concurso del calentamiento de las aguas superficiales. Estas series confirman que tal calentamiento está sucediendo, y a un ritmo elevado, desde al menos 1970. Cabe la posibilidad de que estos cambios se hayan iniciado, o al menos intensificado, a partir de esta fecha, habiendo permanecido estables las temperaturas en las décadas anteriores (desde 1945 a 1970). Esto explicaría la discrepancia entre las series construidas con los datos de MEDAR/MEDATLAS y RADMED y las series de datos de satélite, de Fuengirola y de l'Estartit. No obstante las contradicciones entre los resultados obtenidos con los datos

MEDAR y RADMED en las cuatro regiones analizadas, calentamiento en Cataluña y Murcia y enfriamiento en Baleares y Alborán, así como los trabajos que muestran un calentamiento de la capa superior de la columna de agua a nivel global a partir de mediados del siglo XX, hacen suponer que se trata de un problema metodológico ocasionado por la escasez de datos.

Las figuras 6.10, 6.11, 6.12 y 6.13 muestran la evolución de la salinidad para las cuatro regiones estudiadas y para las capas superficial, intermedia y profunda. El criterio de colores usado en las figuras de salinidad es el mismo que el empleado para las de temperatura, correspondiendo la línea roja a la evolución media de la salinidad y las líneas grises a la estimación de la incertidumbre de estas series temporales.

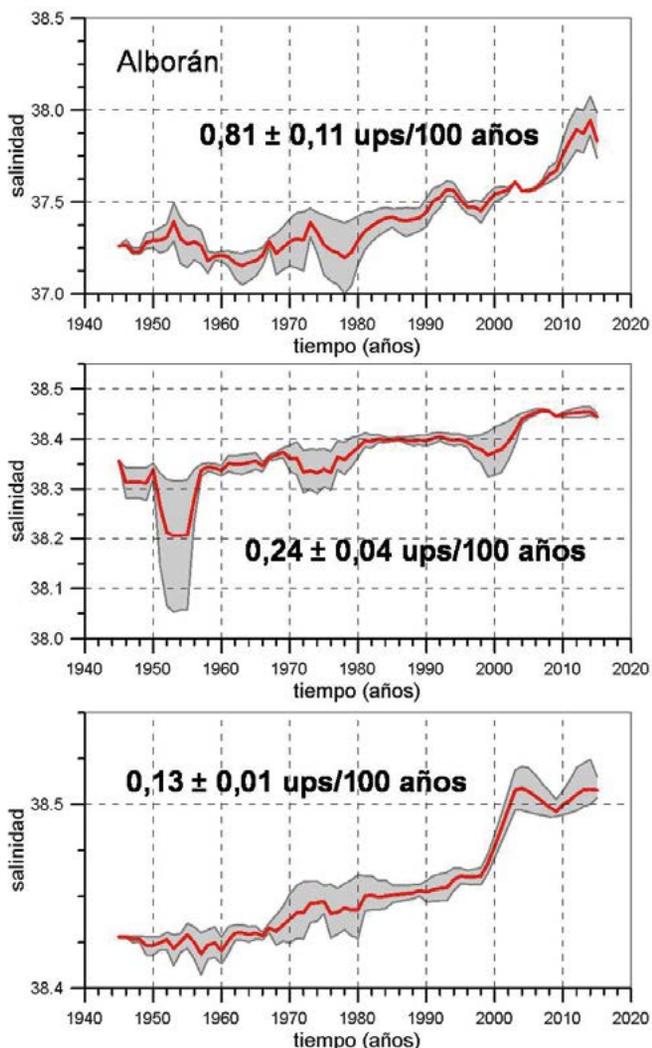


Figura 6.10. Evolución de la salinidad en el Mar de Alborán para la capa superficial (0-150 dbar), intermedia (150-600 dbar) y profunda (600 dbar-fondo).

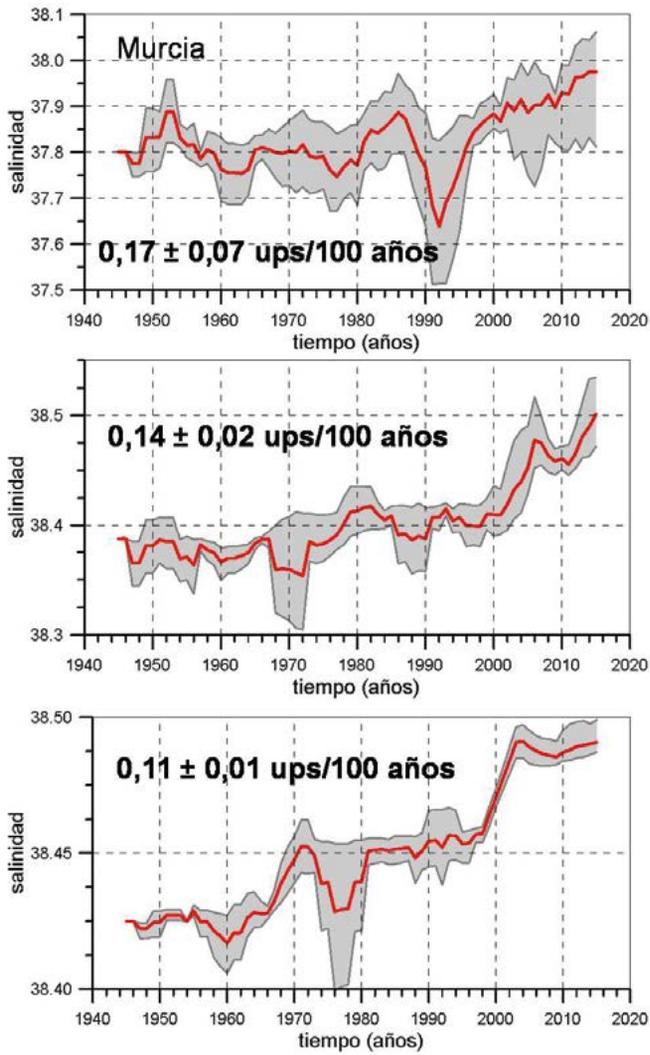


Figura 6.11. Igual que la figura 6.10, pero para la región de Murcia.

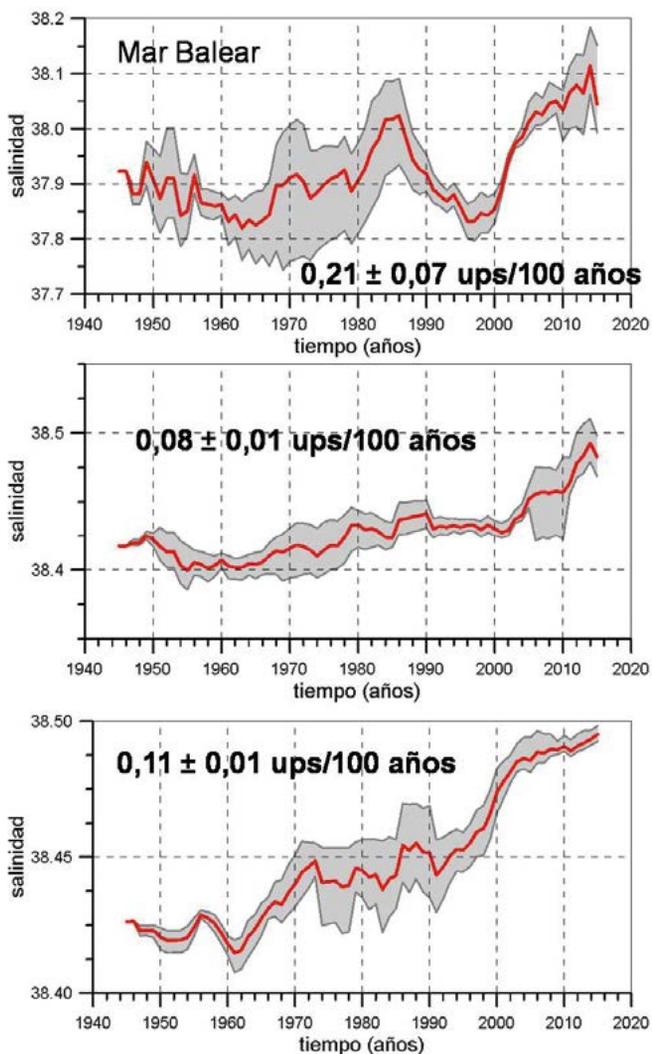


Figura 6.12. Igual que la figura 6.10, pero para las aguas de las Islas Baleares.

Salvo en el caso de la capa superficial en el sector más septentrional, la salinidad ha aumentado en todas las regiones y capas, indicando un posible aumento de la evaporación sobre el Mediterráneo, un descenso de las precipitaciones o ambas cosas a la vez. También hay que tener en cuenta que a partir de mediados del siglo XX se construyeron presas sobre ríos tales como el Nilo, Ebro, o los ríos que desembocan en el Mar Negro, el cual finalmente conecta con el Mediterráneo a través de los estrechos del Bósforo y los Dardanelos. Diversos trabajos han mostrado que este factor, también antropogénico, ha contribuido al aumento de la salinidad de las aguas mediterráneas (García-Martínez et al., 2018b, Rholing y Bryden, 1992, Krahnmann y Schott, 1998).

Para completar esta breve revisión de los principales cambios observados en las variables de tipo físico en las aguas del Mediterráneo, se muestra en la figura 6.14 la evolución del nivel del

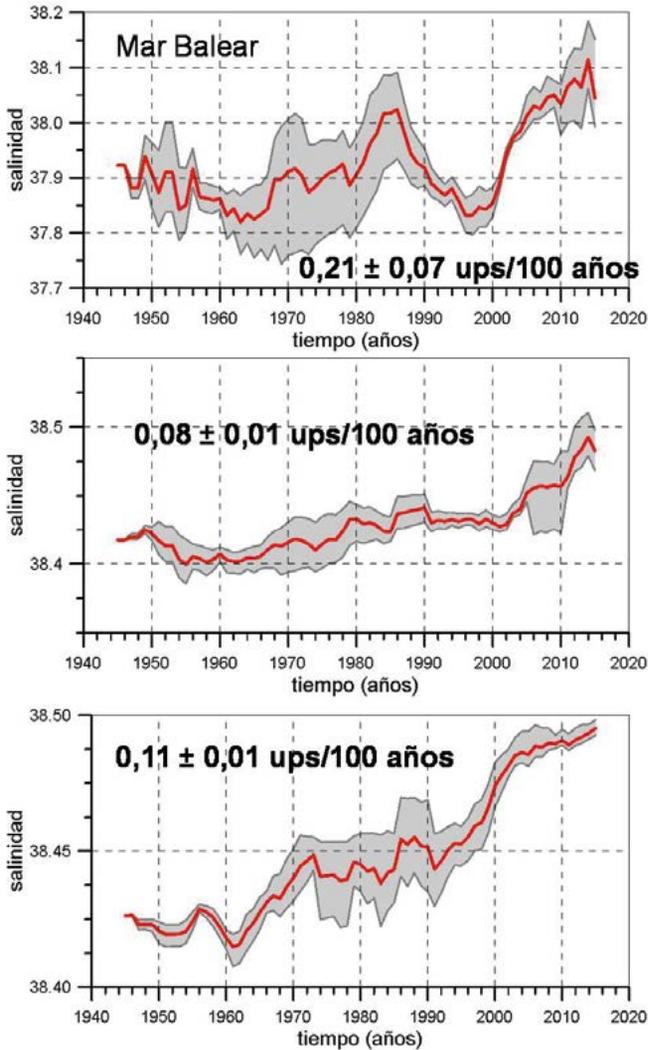


Figura 6.13. Igual que la figura 6.10, pero para las aguas frente a las costas catalanas.

mar en los mareógrafos de Algeciras, Málaga y Palma de Mallorca, de la red de mareógrafos del Instituto Español de Oceanografía, así como la serie de nivel del mar en la estación de l'Estartit, operada por el ICM (CSIC).

Las principales causas del aumento del nivel del mar son el incremento de la masa total de agua al fundirse el hielo situado sobre los continentes, o el aumento del volumen ocupado por el agua debido a un descenso de la densidad de ésta, ocasionado por el calentamiento de las aguas (nivel estérico). Evidentemente, un aumento de las masas de hielo continentales o un aumento de la densidad del agua causado por su enfriamiento tendrían un efecto opuesto, es decir, un descenso del nivel del mar. Separar estas causas no es una tarea fácil pues los movimientos tectónicos o el efecto de la presión y el viento sobre el nivel del mar pueden influir también en el mismo a un nivel más local. Una amplia revisión de estos factores y su influencia sobre el nivel del mar

del Mediterráneo puede consultarse en el trabajo de Gomis et al. (2012) o en Salat et al. (2017). Otros autores han realizado comparaciones entre las medidas del nivel del mar realizadas con mareógrafos y con altímetros operados desde satélites (Bonaduce et al., 2016).

De forma resumida podemos decir que el nivel del mar en el Mediterráneo no subió desde mediados del siglo XX hasta principios de los años 1990, o en todo caso aumentó a un ritmo mucho más bajo que el del océano global, el cual, para ese mismo periodo puede cifrarse en  $1,6 \pm 0,2$  mm/año. El motivo parece ser un aumento de la presión atmosférica sobre el Mediterráneo durante este periodo, asociado a la variabilidad de los principales patrones de circulación atmosférica del Atlántico Norte (NAO, del inglés North Atlantic Oscillation). Una fase positiva de la NAO desde los años 1960 a principios de los años 1990 ocasionó el descenso del nivel del mar en el Mediterráneo (Tsimplis et al., 2005).

Si consideramos las series de nivel del mar de Algeciras y Málaga que se extienden desde 1943 a 2002 y 1944 a 2013 respectivamente (Fig. 6.14), las tendencias calculadas son de  $0,3 \pm 0,4$  mm/año para Algeciras y  $0,7 \pm 0,6$  mm/año para Málaga. Estos valores son bajos si se comparan con las tendencias observadas a nivel global. El motivo es la fuerte influencia del periodo ya comentado de fase positiva del índice NAO hasta el inicio de la década de 1990. Si tomamos la serie de Málaga desde 1990 a 2013, una vez finalizado el periodo ya comentado de altas presiones atmosféricas, la tendencia es de  $5,8 \pm 2,0$  mm/año. La serie de nivel del mar de Palma muestra un aumento del nivel del mar desde 1997 a 2017 de  $2,1 \pm 3,3$  mm/año, y la de l'Estartit, desde 1990 a 2017, de  $3,1 \pm 1,1$  mm/año. Estos valores están en concordancia con los cambios observados a nivel global desde principios de los años 1990, los cuales se cifran en torno a los  $3,1$  mm/año (Cazenave et al., 2014), así como con las tendencias estimadas a partir de datos de altimetría en el Mediterráneo que cifran el incremento absoluto de nivel del mar en el Mediterráneo desde 1993 a 2015 en  $2,6 \pm 0,2$  mm/año (Marcos et al., 2016).

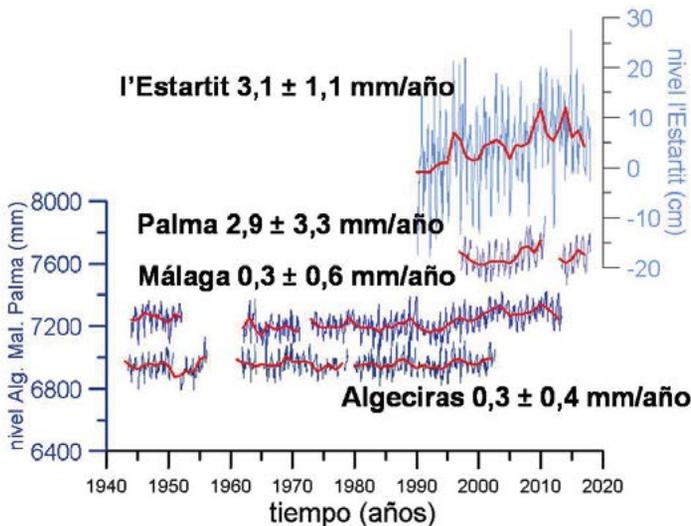


Figura 6.14. Desde abajo hacia arriba, series mensuales de nivel del mar en Algeciras, Málaga y Palma. Sobre cada una de estas series se ha superpuesto la correspondiente serie de valores medios anuales (líneas rojas). Estas series se expresan en milímetros (mm). En la serie de Málaga se ha introducido un desfase de 300 mm respecto de la de Algeciras, y en la de Palma otro desfase de 300 mm respecto de la de Málaga para la mayor claridad del gráfico. La curva situada en la parte superior del gráfico corresponde a la serie mensual de nivel del mar en l'Estartit (línea azul) y su correspondiente serie anual (línea roja). Estas últimas series se expresan en centímetros (cm).

### 6.3 Análisis de tendencias en las variables químicas y biológicas.

Tal y como ya se ha explicado a lo largo del presente trabajo, las propiedades físicas, químicas y biológicas del mar varían sobre diferentes escalas temporales. Hay variaciones de alta frecuencia que se producen en periodos de días o semanas. Otras corresponden al ciclo estacional. Las variaciones inter- anuales muestran cómo un año y el siguiente son, por lo general, distintos. A más largo plazo se producen variaciones decadales, es decir, cambios sobre períodos de varios años, incluso décadas, durante las cuales persisten anomalías positivas o negativas. Finalmente se pueden producir derivas lentas de los valores medios de las variables medioambientales que implican la transición de los ecosistemas marinos desde una situación hacia otra nueva. La detección de este último tipo de variabilidad, a la que nos referimos como tendencias a largo plazo o simplemente tendencias, requiere de series temporales largas, en principio de más de treinta años, para poder distinguir entre estas tendencias y la posible variabilidad decadal de las series. Por otra parte, su detección es tanto más difícil cuanto mayor es la variabilidad asociada a las escalas temporales más cortas: alta frecuencia e inter-anual.

Las series de variables químicas y biológicas disponibles a partir de los sistemas de monitorización del Instituto Español de Oceanografía tienen, en el mejor de los casos, una longitud de 25 años (las más antiguas datan de 1992). Si a esto sumamos la alta varianza de las series de concentraciones de nutrientes, clorofila, o de las abundancias de los distintos grupos taxonómicos de las comunidades fito y zooplanctónicas, hemos de admitir que es arriesgado inferir la existencia de cualquier tendencia a partir de dichas series. Aún así, y con todas las precauciones necesarias, se han estimado estas tendencias en aquellas series de mayor longitud, es decir, las correspondientes al proyecto ECOMÁLAGA (radiales P, M y V), las del proyecto ECOMURCIA (CP) y las del proyecto ECOBALEARES (B), en las que existen datos desde principios o mediados de los años 1990. Estas estimaciones se presentan principalmente para mostrar la potencialidad de estas series temporales en el caso de que se mantengan indefinidamente en el tiempo, y para tener unas primeras indicaciones de los cambios que se pudieran estar produciendo en las aguas mediterráneas españolas.

A partir de 2007, en el marco del proyecto RADMED, los protocolos de muestreo se unificaron, siguiéndose una estrategia común para todas las regiones monitorizadas. Así, las estaciones etiquetadas con el número 4, que se encuentran sobre el talud, se incluyeron a partir de esta fecha. Es por ello que la longitud de estas series es corta y no son apropiadas para el análisis de tendencias. Por ello, en este caso no seguimos la estrategia de presentar de forma sistemática los resultados para las estaciones 2 y 4, representativas de la plataforma y el talud continental respectivamente, sino que optamos simplemente por elegir las estaciones con series temporales más largas.

Para cada una de las series temporales analizadas se sustrajo el ciclo estacional medio obteniéndose series de residuos o anomalías respecto de los valores medios estacionales. Las figuras 6.15, 6.16 y 6.17 muestran las series de residuos para las concentraciones de nitratos, fosfatos y clorofila integrada, así como para la profundidad de la nutriclina, del Máximo Profundo de Clorofila (MPC) y la concentración de clorofila sobre el MPC para las radiales del antiguo proyecto ECOMÁLAGA. La figura 6.15 corresponde a las estaciones P2 y P3 de la radial de Cabo Pino, la figura 6.16 a las estaciones M2 y M3 de la radial de Málaga, y la figura 6.17 a las estaciones V2 y V3 de la radial de Vélez.

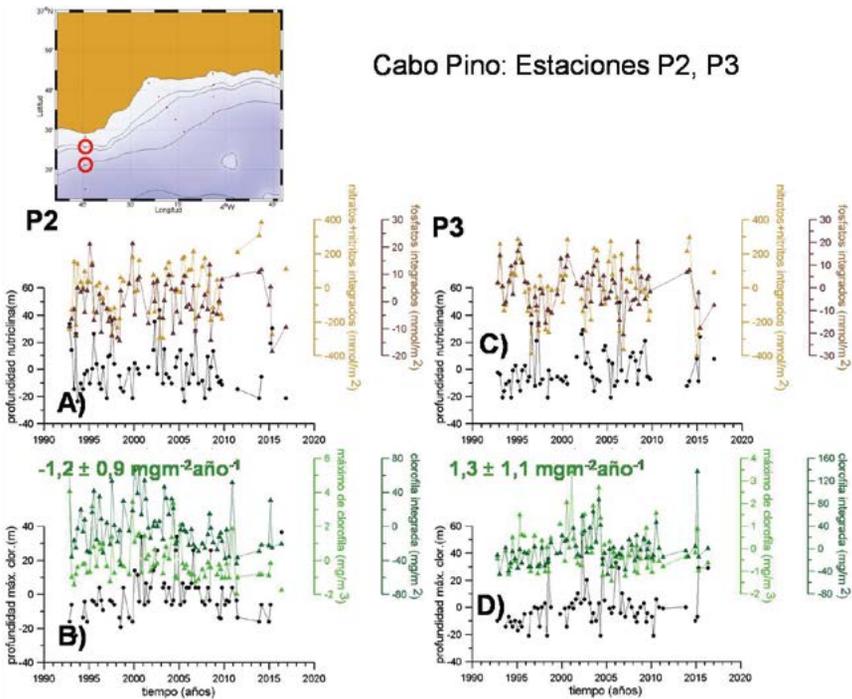


Figura 6.15. Figura 6.15A: Estación P2. Serie temporal de residuos para la concentración integrada de nitratos (línea marrón claro) y fosfatos (línea marrón oscuro). Serie de residuos para la profundidad de la nutriclina (línea negra). Los residuos se han calculado sustrayendo el valor estacional medio a las series originales. Figura 6.15 B: Estación P2. Serie temporal de residuos para la concentración integrada de clorofila (línea verde oscura), concentración en el Máximo Profundo de Clorofila (línea verde claro) y profundidad del Máximo profundo de Clorofila (línea negra). Las figuras 6.15C y D son iguales que las figuras 6.15A y B, pero para la estación P3.

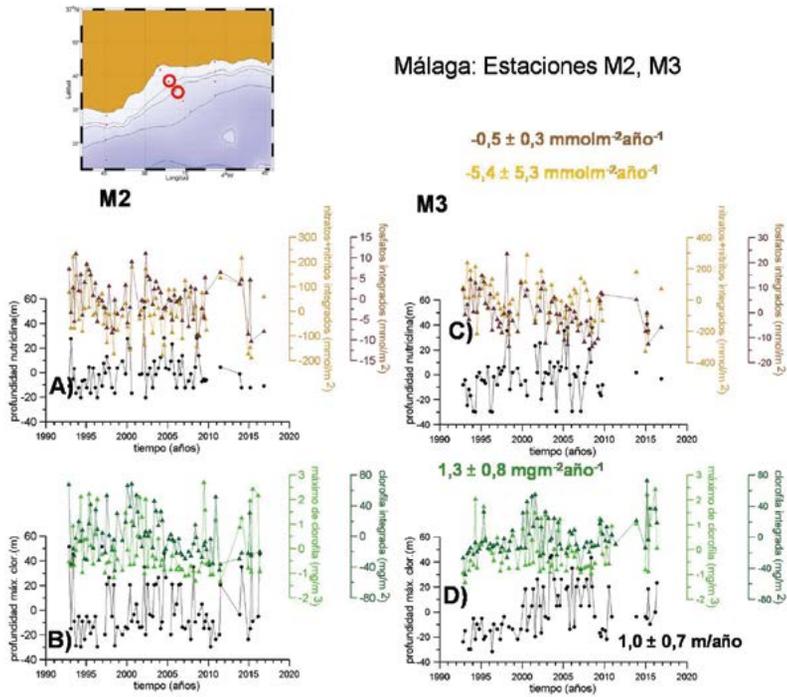


Figura 6.16. Igual que la figura 6.15, pero para las estaciones M2 y M3 de la radial de Málaga.

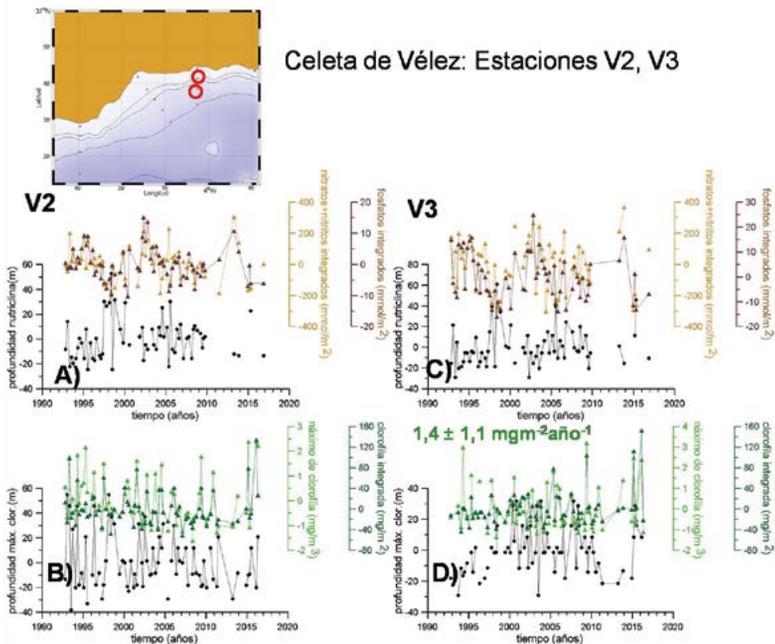


Figura 6.17. Igual que la figura 6.15, pero para las estaciones V2 y V3 de la radial de Vélez.

En todos los casos las figuras A) y C) muestran las series temporales de residuos de nitratos integrados (línea marrón claro), de fosfatos integrados (línea marrón oscuro) y profundidad de la nutriclina (línea negra). Las figuras B) y D) muestran las series temporales de residuos de clorofila integrada (línea verde oscuro), concentración de clorofila en el MPC (línea verde claro) y profundidad del MPC. Se han insertado en las figuras los valores de las tendencias cuando éstas son significativas en el nivel de confianza del 95 %.

En las estaciones P2 y P3 de la radial de Cabo Pino no se observan tendencias significativas para las concentraciones de nitratos y fosfatos integrados sobre los primeros 100 m de la columna de agua. Tampoco se observan cambios en la profundidad de la nutriclina, del MPC o de la concentración de clorofila en el MPC. Las únicas tendencias significativas se obtienen para la clorofila integrada. Sin embargo, esta variable disminuye sobre el periodo analizado en la estación P2 y aumenta en la estación P3.

Tampoco se observan patrones claros en la evolución de estas variables bioquímicas en las estaciones de la radial de Málaga (M2 y M3). Los nitratos y fosfatos disminuyeron de forma significativa en la estación M3. Aunque también disminuyeron en la estación M2, en este caso las tendencias no fueron significativas. La clorofila integrada muestra una tendencia positiva y significativa en la estación M3, pero no varía en la estación M2. Finalmente la profundidad del MPC muestra una tendencia creciente, es decir, a hacerse más profundo, en la estación M3.

En la radial de Vélez, estaciones V2 y V3 solo la clorofila integrada presenta una tendencia positiva y significativa en V3. Todas las demás variables mostradas en las figuras 6.17A, B, C y D no tienen tendencias significativas.

Aunque por brevedad no se presentan las gráficas correspondientes, se estimaron las tendencias para la concentración de oxígeno integrado, así como para la concentración de oxígeno en la posición de su valor máximo, asociado al máximo de clorofila, y del mínimo de oxígeno, asociado al máximo de nutrientes. Los resultados fueron contradictorios, mostrando tendencias positivas en unas estaciones, negativas en otras y ausencia de cambios en otras.

Las figuras 6.18 y 6.19 muestran las series de residuos en las estaciones CP1 y CP3 de Cabo de Palos y en las estaciones B1 y B2 de la radial de Baleares. En la estación CP1 disminuyen las concentraciones de nitratos y fosfatos, así como las de clorofila integrada, al mismo tiempo que aumenta la profundidad del MPC y la de la nutriclina. En este caso todos los cambios son coherentes. El descenso de las concentraciones de nutrientes en la capa superficial de la columna de agua implica un hundimiento de la nutriclina y el descenso de la producción primaria que se traduce en menores concentraciones de clorofila y en una mayor profundidad del MPC. Sin embargo, todas estas tendencias no son significativas en el nivel del 95 % de confianza. La concentración de silicatos y oxígeno integrados también presentan tendencias negativas, siendo en este caso significativas las dos. Sin embargo, los cambios observados en la estación CP3, muy próxima a CP1 no son significativos en la mayoría de los casos y en algunos casos de signo opuesto a los observados en CP1. La única coincidencia es un descenso significativo del oxígeno integrado.

La figura 6.19 muestra las series temporales de las estaciones B1 y B2 de la radial de Baleares. En ella, los muestreos de variables bioquímicas comenzaron de forma sistemática en 2007, aunque también se dispone de datos correspondientes al año 1994 que se incluyen para establecer una comparación con los datos obtenidos en el presente proyecto RADMED. De momento el único resultado significativo es el aumento de nitratos y fosfatos en ambas estaciones. No obstante, la escasez de datos en estas series hace que tales resultados deban tomarse con mucha cautela.

El análisis de la profundidad de la capa de mezcla, estimada a partir de las series de temperatura, muestran una tendencia negativa y significativa en la estación V3, (menor profundidad



y mayor estratificación), una tendencia positiva y significativa en la estación M2, (mayor profundidad y menor estratificación), y tenencias positivas y negativas, aunque no significativas, en el resto de las estaciones.

En resumen, las series disponibles muestran una gran variabilidad de alta frecuencia que, teniendo en cuenta la longitud de las mismas, no permiten extraer conclusiones robustas acerca de la existencia de tendencias en las concentraciones de variables bioquímicas o en la posición de la nutriclina o profundidad de la capa de mezcla.

Si consideramos el zooplancton, las series de biomasa meso-zooplancónica de las estaciones P2, M2 y V2 en la plataforma continental malagueña tampoco muestran tendencias significativas (Figura 6.20). Si puede observarse una importante variabilidad decadal con altos valores de biomasa entre los años 1996 y 2004.

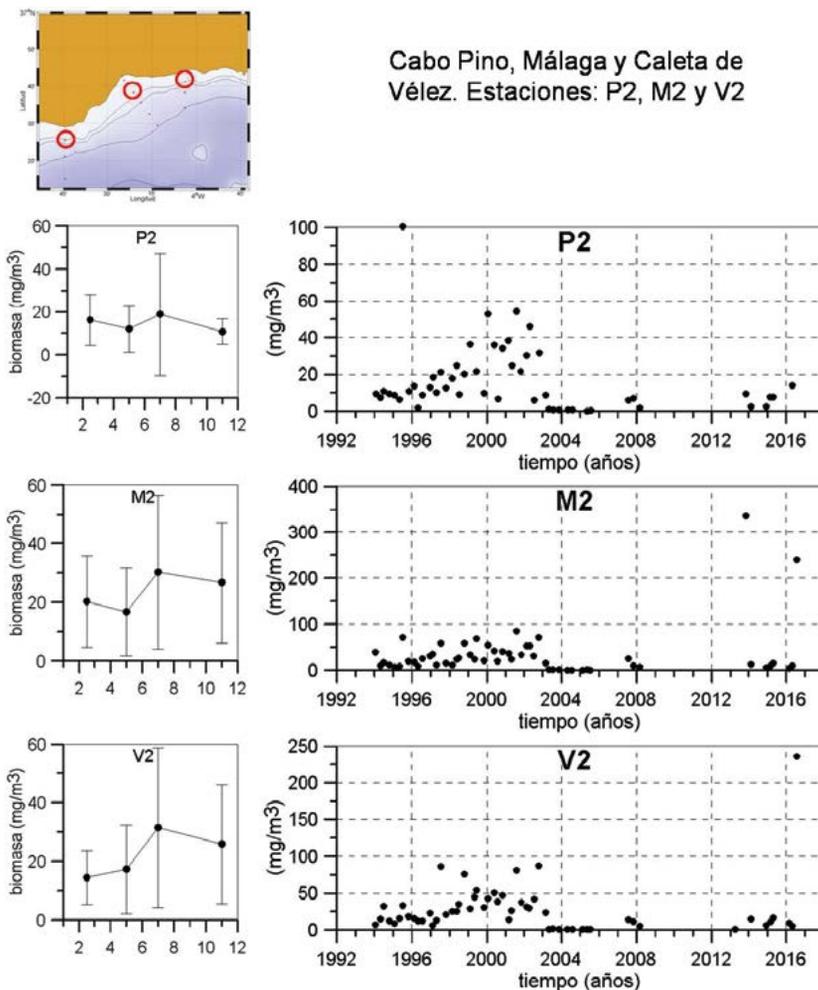


Figura 6.20. La columna izquierda muestra los valores medios estacionales de biomasa meso-zooplancónica en las estaciones P2, M2 y V2. Las barras verticales representan las desviaciones estándar. La columna de la derecha muestra la evolución temporal de las biomazas zooplancónicas en las mismas estaciones P2, M2 y V2.

Tabla 6.1. Tendencias de temperatura potencial (°C/100 años), salinidad (ups/100 años) y densidad potencial (kgm<sup>-3</sup>/100 años) en las capas superficial (S), Intermedia (I) y profunda (P) en Alborán, Murcia, Baleares y Cataluña (ver rectángulos rojos en la figura 6.1). Tendencia de temperatura superficial del mar, medida desde satélite, en las mismas regiones. Tendencias de temperatura en la Playa de Fuengirola, en °C/100 años y en la estación oceanográfica de l'Estartit a 0, 20, 50 y 80 m. Tendencias del nivel del mar en los mareógrafos de Algeciras, Málaga, Palma de Mallorca y l'Estartit en mm/año.

Tendencias en °C/ 100 años; ups/ 100 años; kgm-3/ 100 años				
	Alborán	Murcia	Baleares	Cataluña
$\theta_s$	-1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,2	-0,4 ± 0,2	0,6 ± 0,2
$\theta_i$	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,3 ± 0,1
$\theta_p$	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
$S_s$	0,8 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	-0,0 ± 0,0
$S_i$	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
$S_p$	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
$\sigma_s$	0,8 ± 0,1	-0,1 ± 0,1	0,3 ± 0,1	-0,2 ± 0,1
$\sigma_i$	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
$\sigma_p$	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
TSS	2,1 ± 0,7	2,2 ± 0,9	2,2 ± 1,0	2,0 ± 1,0
$\theta_{Fuengirola}$		1,9 ± 1,2		
$\theta_{l'Estartit}$	2,5 ± 0,5 (0 m)	2,6 ± 0,5 (20 m)	2,0 ± 0,4 (50 m)	3,0 ± 0,5 (80 m)
NM <sub>Algeciras</sub>		0,3 ± 0,4		
NM <sub>Málaga</sub>		0,7 ± 0,6		
NM <sub>Palma</sub>		2,1 ± 3,3		
NM <sub>l'Estartit</sub>		3,1 ± 1,1		



## Bibliografía



Anati, D., H., Stommel, 1970. The initial phase of deep water formation in the northwest Mediterranean during MEDOC '69 on the basis of observations made by Atlantis II. January 25-February 12, 1969. *Cahiers Oceanographiques*, 4, 343-351.

Arin, L., M. Estrada, J. Salat, A. Cruzado, 2005. Spatio-temporal variability of size fractionated phytoplankton on the shelf adjacent to the Ebro river (NW Mediterranean). *Cont. Shelf Res.*, 25, 1081-1095, doi: 10.1016/j.csr.2004.12.011.

Armstrong, F., C. Stearns, J. Strickland, 1967. The measurement of upwelling and subsequent biological process by means of the Technicon Autoanalyzer® and associated equipment, in: *Deep-Sea Res. II*, 14 (3), 381-389, Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0011-7471\(67\)90082-4](https://doi.org/10.1016/0011-7471(67)90082-4)

Balbín, R., J.L. López-Jurado, A. Aparicio-González, M. Serra, 2014. Seasonal and interannual variability of dissolved oxygen around the Balearic Islands from hydrographic data. *J. Mar. Syst.*, 138, 51-62.

Bethoux, J. P., P. Morin, D. P., Ruiz-Pino, 2002. Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity, *Deep-Sea Res. II*, 49 (11), 2007-2015. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(02\)00024-3](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(02)00024-3)

Bethoux, J. P., B. Gentili, P. Morin, E. Nicolas, C. Pierre, R. P. Diana, 1999. The Mediterranean Sea: A miniature ocean for climatic and environmental studies and a key for the climatic functioning of the North Atlantic. *Progress In Oceanography*. 44. 131-146. 10.1016/S0079-6611(99)00023-3.

Bethoux, J.P., P. Morin, C. Chaumery, O. Connan, B. Gentili, D. Ruiz-Pino, 1998. Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry*, 63, 155-169.

Bethoux, J.P., 1979. Budgets of the Mediterranean Sea. Their dependence on the local climate and on the characteristics of the Atlantic Waters. *Oceanol. Acta*, Vol. 2, nº 2, 157-163.

Bonaduce, A., N. Pinardi, P. Oddo, G. Spada, G. Larnicol, 2016. Sea-level variability in the Mediterranean Sea from altimetry and tide gauges. Volume 47, Issue 9-10, 2851-2866, doi: [10.1007/s00382-016-3001-2](https://doi.org/10.1007/s00382-016-3001-2).

Boukthir, M., B. Bernier, 2000. Seasonal and inter-annual variations in the surface freshwater flux in the Mediterranean Sea from the ECMWF re-analysis Project. *J. Mar. Syst.*, 24, 343-354.

Cano, N., J. Gil, 1984. Campaña hidrológica "Albrán 78". *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 1(2), 114-125.

Cano, N., 1978. Hidrología del Mar de Alborán en primavera-verano. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 248 (4), 51-66.

Cazenave, A., H.-B. Dieng, B. Meyssignac, K. Von Schuckmann, B. Decharme, E. Berthier, 2014. The rate of sea-level rise. *Nature Climate Change*, 4, 358-361.

Criado-Aldeanueva, F., F.J. Soto-Navarro, J. García-Lafuente, 2012. Seasonal and interannual variability of surface heat and freshwater fluxes in the Mediterranean Sea: budgets and Exchange through the Strait of Gibraltar. *Int. J. Climatol.*, 32, 286-302.

De Boyer Montégut, C., G. Madec, A. S. Fischer, A. Lazar, D. Iudicone, 2004. Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile-based climatology. *Journal of Geophys. Res.* 109. C12003, doi:10.1029/2004JC002378

Domingues, C. M., J. A. Church, N. J. White, P. J. Gleckler, S. E. Wijffels, P. M. Barker, and J. Dunn, 2008. Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea level rise, *Nature*, 453, 1090 – 1093, doi:10.1038/nature07080.

D'Ortenzio, F., R. d'Alcala, 2009. On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis. *Biogeosciences*, 139-148. <https://doi.org/10.5194/bg-6-139-2009>

Estrada, M., M. Latasa, M. Emelianov, A. Gutiérrez-Rodríguez, B. Fernández-Castro, J. Isern-Fontanet, B. Mouriño-Carballido, J. Salat, M. Vidal, 2014. Seasonal and mesoscale variability of primary production in the deep winter-mixing region of the NW Mediterranean. *Deep-Sea Res. I*, 94, 45-61.

Estrada, M., 1996. Primary production in the northwestern Mediterranean. *Sci. Mar.*, 60 (Supl. 2): 55-64.

Estrada, M., 1985. Deep phytoplankton and chlorophyll máxima in the Western Mediterranean. En "Mediterranean Marine Ecosystems", editado por M. Moraitou-Apostolopoulo y V. Kiortsis. NATO Conference Series (I Ecology), vol 8. Springer, Boston, 247-277.

Fernández de Puelles, M. L., F. Alemany, J. Jansá, 2007. Zooplankton time series in the Balearic Sea (Western Mediterranean): Variability during the decade 1994-2003. *Prog. In Oceanogr.*, 74, 329-354, doi: 10.106/j.pocean.2007.04.009.

Font, J., J. Salat, J. Tintoré, 1988. Permanent features of the circulation in the Catalan Sea. *Oceanol. Acta*, 9, 51-57.

García Lafuente, J., N. Cano, M. Vargas, J.P. Rubín, A. Hernández-Guerra, 1998. Evolution of the Alboran Sea hydrographic structures during July 1993. *Deep-Sea Res. I* (45), 39-65.

García-Martínez, M.C., M. Vargas-Yañez, F. Moya, R. Santiago, M. Muñoz, A. Reul, T. Ramírez, R. Balbín, 2018a. Average nutrient and chlorophyll distributions in the Western Mediterranean: RADMED project. *Oceanologia*. 10.1016/j.oceano.2018.08.003.

García-Martínez, M.C., M. Vargas-Yañez, F. Moya, P. Zunino, B. Bautista, 2018b. The Effects of Climate Change and Rivers Damming in the Mediterranean Sea during the Twentieth Century. *International journal of environmental sciences and natural resources*, 8(4). 10.19080/IJESNR.2018.08.555741.

Gasol J.M., 1999. How to count picoalgae and bacteria with the FACScalibur flow cytometer. [www.marbef.org/training/FlowCitometry/Lectures/Gasol2.pdf](http://www.marbef.org/training/FlowCitometry/Lectures/Gasol2.pdf)

- Gomis, D., M. Tsimplis, M. Marcos, L. Fenoglio-Marc, B. Pérez, F. Raicich, I. Vilibic, G. Wöppelmann, S. Monserrat, 2012. Mediterranean Sea-Level Variability and trends. En *The Climate of the Mediterranean Region*. Editor: P. Lionello, Elsevier, 257-300, doi: 10.1016/B978-0-12-416042-2.00004-5.
- Gomis, D., S. Ruiz, M. A. Pedder, 2001. Diagnostic analysis of the 3-D ageostrophic circulation from a multivariate spatial interpolation of CTD and ADCP. *Deep-Sea Res. I*, 269-295.
- Gouretski, V., K. P. Koltermann, 2007. How much is the ocean really warming?, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L01610, doi:10.1029/2006GL027834.
- Grasshof, K., 1969. On an Apparatus for Simultaneous Determination of 6 Chemical Compounds in Sea Water with Digital and Analogue Output, vol. 20, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- Harris, R., P. Wiebe, J. Lenz, H. R. Skjoldal, M. Huntley, 2000. ICES zooplankton methodology manual. Academic Press, UK, pp 684. ISBN: 9780123276452.
- Holm-Hansen, O., C. J. Lorenzen, R. W. Holmes, J. D. Strickland, 1965. Fluorometric determination of chlorophyll, *J. Conseil*, 30, 3-15. <https://doi.org/10.1093/icesjms/30.1.3>
- Ishii, M., M. Kimoto, 2009. Reevaluation of historical ocean heat content variations with time-varying XBT and MBT bias, *J. Oceanogr.*, 65, 287- 299.
- Jordá, G., D. Gomis, 2013. Reliability of the steric and mass components of the Mediterranean sea level es estimated from hydrographic gridded products. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3655-3660, doi: 10.1002/grl.50718.
- Krahmann, G., F. Schott, 1998. Longterm increases in Western Mediterranean salinities and temperatures: anthropogenic and climatic sources. *Geophys. Res. Lett.* Vol. 25, No. 22, 4209-4212.
- Lacombe, H., P. Tchernia, 1972. Le problem de la formation des eaux marines profondes. Déroulement du phenomene en Méditerranée nord-occidentale par hiver très froid (Janvier-Mars 1963). *Annales de l'Institute Oceanographique*, XLVIII, 1, 75-110.
- Latasa, M., A. Gutiérrez-Rodríguez, A.M. Cabello, R. Scharek, 2016. Influence of light and nutrients on the vertical distribution of marine phytoplankton groups in the deep chlorophyll maximum. *Sci. Mar.*, 80. 57-62. Doi: 10.3989/scimar.04316.01A.
- Latasa, M., R. Scharek, M. Vidal, G. Vila-Reixach, A. Gutiérrez-Rodríguez, M. Emelianov, J. M. Gasol, 2010. Preferences of phytoplankton groups for waters of different trophic status in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 407, 27-42. Doi: 10.3354/meps08559.
- Lavigne, H., F. D'Ortenzio, M. Ribera D'Alcalá, H. Claustre, R. Sauzède, M. Gacic, 2015. On the vertical distribution of the chlorophyll a concentration in the Mediterranean Sea: a basin-scale and seasonal approach. *Biogeosciences*, 12, 5021-5039. Doi: 10.5194/bg-12-5021-2015.
- Leaman, K.D., F. Schott, 1991. Hydrographic structure of the convection regime in the Gulf of Lions: Winter 1987. *J. Phys. Oceanogr.*, Vol. 21, 575-598.

Levitus S., J.I. Antonov, T.P. Boyer, O.K. Baranova, H. E. García, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, J. R. Reagan, D. Seidov, E. S. Yarosh, M. M. Zweng, 2012. World ocean heat content and thermosteric sea level change (0-2000 m), 1955-2010. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 39, L10603, doi: 10.1029/2012GL051106.

Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer, R.A. Locarnini, H.E. García, A.V. Mishonov, 2009. Global ocean heat content 1955-2008 in light of recently revealed instrumentation problems. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L07608, doi: 10.1029/2008GL037155.

L'Helguen, S., P. Le Corre, C. Madec, P. Morin, 2002. New and regenerated production in the Almería-Orán front area, eastern Alboran Sea. *Deep-Sea Res. I*, 49, 83-99.

Llases, J., G. Jordá, D. Gomis, 2015. Skills of different hydrographic networks in capturing changes in the Mediterranean Sea at climate scales. *Climate Research*, 63, 1-18.

Lomas, M. W., F. Lipschultz, 2006. Forming the primary nitrite maximum: Nitrifiers or phytoplankton?. *Limnol. Oceanogr.*, 5(15), 2453-2467.

López-Jurado, J.L., R. Balbín, B. Amengual, A. Aparicio-González, M.L. Fernández de Puelles, M.C. García-Martínez, M. Gaza, J. Jansá, A. Morillas-Kieffer, F. Moya, R. Santiago, M. Serra, M. Vargas-Yañez, L. Vicente, 2015. The RADMED monitoring program: towards an ecosystem approach. *Ocean Sci. Discuss.*, 12, 645-671. <https://doi.org/10.5194/osd-12-645-2015>

López-Jurado, J.L., J. García-Lafuente, N. Cano, 1995. Hydrographic conditions of the Ibiza Channel during November 1990, March 1991 and July 1992. *Oceanol. Acta*, 18(2), 235-243.

López-Jurado, J.L., 1990. Masas de agua alrededor de las Islas Baleares. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 6(2), 3-20.

Lovegrove, T., 1966. The determination of dry weight of Plankton and the effect of various factors on the values obtained, in: *Some Contemporary Studies in Marine Science*, edited by: Barnes, H., George Allen and Undwin Ltd., London, 429-467.

Ludwig, W., E. Dumont, M. Meybeck, S. Heussner, 2009. River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades. *Prog. In Oceanogr.*, 80, 199-217.

Malanotte-Rizzoli, P., B. Manca, S. Marullo, M. Ribera d'Alcala, W Roether, A. Theocharis, A. Bergamasco, G. Budillon, E. Sansone, G. Civitarese, F. Conversano, I. Gertman, B. Hernt, N. Kress, S. Kioroglou, H. Kontoyiannis, K. Nittis, B. Klein, A. Lascaratos, V. Kovacevic, 2003. The Levantine Intermediate Water Experiment (LIWEX) Group: Levantine basin—A laboratory for multiple water mass formation processes. *Journal of Geophysical Research*. 108. 8101. 10.1029/2002JC001643.

Macías, D., E. García-Gorrioz, A. Stips, 2018. Major fertilization mechanisms for Mediterranean Sea coastal ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 63, 897-914.

Macías, D., E. García-Gorrioz, C. Piroddi, A. Stips, 2014. Biogeochemical control of marine productivity in the Mediterranean Sea during the last 50 years. *Global Biogeochem. Cy.*, 28, 897-907. <https://doi.org/10.1002/2014GB004846>

Macias, D., M. Bruno, F. Echevarria, A. Vazquez, C.M. Garcia, 2008. Meteorologically-induced mesoscale variability of the North-western Alboran Sea (southern Spain) and related biological patterns. *Estuarine, coastal and shelf science*, 78, 250-266. Doi: doi:10.1016/j.ecss.2007.12.008

Marcos, M., G. Jordà, G. Le Cozannet, 2016. Sea level rise and its impacts on the Mediterranean, in AllEnvi (ed) *The Mediterranean region under climate change. A scientific update* (coordinated by S. Thiébaud and J-P Moatti). 22nd Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP22, Marrakech, 2016).

MEDAR Group, 2002. *Mediterranean and Black Sea Database of temperature, salinity and biogeochemical parameters and climatological atlas* (4 CD-ROMs). Ifremer Ed., Plouzane, France (<http://www.ifremer.fr/sismer/program/medar>).

MEDOC Group, 1970. Observation of the formation of Deep Water in the Mediterranean Sea, 1969. *Nature*, Vol., 227, No. 5262, 1037-1040.

Millot, C., 1999. Circulation in the Western Mediterranean Sea. *J. Mar. Syst.*, 20, 423-442.

Minas, H.J., B. Coste, P. Le Corre, M. Minas, P. Raimbault, 1991. Biological and geochemical signatures associated with the water circulation through the Strait of Gibraltar and the Western Alboran Sea. *J. Geophys. Res.*, Vol. 96, No. C5, 8755-8771.

Moore, L. R., R. Goericke, S. W. Chisholm, 1995. Comparative physiology of *Synechococcus* and *Prochlorococcus*: influence of light and temperature on growth, pigments, fluorescence and absorptive properties. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 116, 259-275.

Nittis K., A. Lascaratos, 1999. Intermediate Water Formation in the Levantine Sea: The Response to Interannual Variability of Atmospheric Forcing. In: Malanotte-Rizzoli P., Eremeev V.N. (eds) *The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems*. NATO Science Series (Series 2: Environmental Security), vol 51. Springer, Dordrecht.

Parrilla, G., T. H. Kinder, 1987. Oceanografía física del Mar de Alborán. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 4(1), 133-166.

Parrilla, G., 1984. Situación del giro anticiclónico en el Mar de Alborán en abril de 1980. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 1(2), 106-113.

Pascual, J., J. Salat, M. Palau, 1995. Evolución de la temperatura del mar entre 1973 y 1994, cerca de la costa catalana, en *Int. Coll. Okeanos*, 23-28, Montpellier.

Pinot, J.M., A. Ganachaud, 1999. The role of Winter intermediate waters in spring-summer circulation of the Balearic Sea 1. Hydrography and inverse modeling. *J. Geophys. Res.*, 104, No. C12, 29843-29864.

Pinot, J.M., J. Tintoré, D. Gomis, 1995. Multivariate analysis of the surface circulation in the Balearic Sea. *Prog. Oceanogr.*, 36, 343-376.

Powley, H.R., P.V. Cappellen, M.D. Krom, 2017. Nutrient cycling in the Mediterranean Sea: The key to understanding how the unique marine ecosystem functions and responds to anthropogenic pressures. *Mediterranean Identities-Environment, Society, Culture*, chapter 3, 47-77, InTech, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70878>

Ramírez, T., D. Cortés, J.M. Mercado, M. Vargas-Yáñez, M. Sebastián, E. Liger, 2005. Seasonal dynamics of inorganic nutrients and phytoplankton biomass in the NW Alboran Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65, 654-670.

Reul, A., V. Rodríguez, F. Jiménez-Gómez, J.M. Blanco, B. Bautista, T. Sarhan, F. Guerrero, J. Ruiz, J. García-Lafuente, 2005. Variability in the spatio-temporal distribution and size-structure of phytoplankton across an upwelling area in the NW-Alboran Sea (W-Mediterranean). *Cont. Shelf Res.*, 25, 589-608.

Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang, 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. Climate*, 15, 1609-1625.

Rhein, M., S.R. Rintoul, S. Aoki, E. Campos, D. Chambers, R.A. Feely, S. Gulev, G.C. Johnson, S.A. Josey, A. Kostianoy, C. Mauritzen, D. Roemmich, L.D. Talley and F. Wang, 2013: Observations: Ocean. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Rodríguez, J., J. M. Blanco, F. Jiménez-Gómez, F. Echevarría, J. Gil, V. Rodríguez, J. Ruiz, B. Bautista, F. Guerrero, 1998. Patterns in the size structure of the phytoplankton community in the deep fluorescence maximum of the Alboran Sea (Southwestern Mediterranean). *Deep-Sea Res. I* (45), 1577-1593.

Rodríguez, J., 1982. Estudio de una comunidad nerítica en el Mar de Alborán. I. Ciclo de los factores ambientales y fitoplanctónicos. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 7(1), 97-113.

Rohling, E.J., H.L. Bryden, 1992. Man-induced salinity and temperature increase in Western Mediterranean Deep Water. *J. Geophys. Res.*, Vol. 97, No. C7, 11191-11198.

Ruiz, S., A. Pascual, B. Garau, Y. Faugère, A. Alvarez, J. Tintoré, 2009. Mesoscale dynamics of the Balearic front, integrating glider, ship and satellite data. *J. Mar. Syst.*, 78, s3-s16, doi: 10.1016/j.jmarsys.2009.01.007.

Ruiz, S., D. Gomis, M.G. Sotillo, S.A. Josey, 2008. Characterization of surface heat fluxes in the Mediterranean Sea from a 44-year high-resolution atmospheric data set. *Global and Planetary Change*, 63, 258-274.

Saiz, E., A. Sabatés, J.M. Gili, 2014. The zooplankton, en *The Mediterranean Sea, its history and present challenges*. Editores: S. Goffredo y Z. Dubinsky. Springer Dordrecht, Heidelberg, doi: 10.1007/978-94-007-6704-1.

Salat, J., A. Lavín, C. González-Pola, P. Vélez-Belchí, R. Sánchez, M. Vargas-Yáñez, J. García-Lafuente, M. Marcos, D. Gomis, 2017. Oceanic variability and sea level changes around the

Iberian Peninsula, Balearic and Canary Islands. En CLIVAR Exchanges, No 73. Special Issue on climate over the Iberian Peninsula: An overview of CLIVAR-Spain coordinated science.

Salat, J., J. Pascual, 2006. Principales tendencias climatológicas en el Mediterráneo Noroccidental a partir de más de 30 años de observaciones oceanográficas en la costa catalana. En *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. J.M. Cuadrat Prats, M.A. Sánchez, S.M. Vicente Serrano, S. Lanjeri, N. De Luis Arrillaga, J.C. González-Hidalgo (Editores). Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), serie A, nº 5, 284-290.

Salat, J., M. A. García, A. Cruzado, A. Palanques, L. Arín, D. Gomis, J. Guillen, A. de León, J. Puigdefábregas, J. Sospedra, Z. R. Velásquez, 2002. Seasonal changes of water mass structure and shelf slope exchanges at the Ebro Shelf (NW Mediterranean). *Cont. Shelf Res.*, 22, 327-348.

Salat, J., J. Font, 1987. Water mass structure near and offshore the Catalan coast during the winters of 1982 and 1983. *Annales Geophysicae*, 5B (1), 49-54.

Schroeder, K., G.P. Gasparini, M. Borghini, G. Cerrati, R. Delfanti, 2010. Biogeochemical tracers and fluxes in the Western Mediterranean Sea, spring 2005. *J. Mar. Syst.*, 80, 8-24. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.08.002>

Segura-Noguera, M., A. Cruzado, D. Blasco, 2016. The biogeochemistry of nutrients, Dissolved Oxygen and chlorophyll-*a* in the Catalan Sea (NW Mediterranean Sea). *Sci. Mar.*, 80, 39-56. <https://doi.org/10.3989/scimar.04309.20A>

Siokou-Frangou, I., U. Christaki, M. G. Mazocchi, M. Montresor, M. Ribera d'Alcalá, D. Vaqué, A. Zignone, 2010. *Biogeosciences*, 7, 1543-1586, doi: 10.5194/bg-7-1543-2010.

Smith, R.O., H.L. Bryden, K. Stansfield, 2008. Observations of new western Mediterranean deep water formation using Argo floats 2004-2006. *Ocean Sci.*, 4, 133-149.

Sournia, A., 1978. *Phytoplankton Manual*. Edited by A. Sournia. Monographs on oceanographic methodology 6. - With 54 figs., 16 tab., 337 pp. Paris: Unesco 1978. ISBN 92-3-101572-9.

Sournia, A., 1973. La production primaire planctonique en Méditerranée: Essai de mise à jour. *Bulletin de l'Etude en commun de la Méditerranée*, 5-128.

Stommel, H., 1972. Deep winter-time convection in the Western Mediterranean Sea. In *Studies in Physical Oceanography, a tribute to G. Wüst on his 80<sup>th</sup> birthday*, 207-210, Vol. 2. Gordon and Breach Science, New York.

Strickland, J., T. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis, B. Fish. Res. Board Can., Bulletin 167, 310 pp. <https://doi.org/10.1002/iroh.19700550118>

Struglia, M.V., A. Mariotti, A. Filograsso, 2004. River discharge into the Mediterranean Sea: Climatology and aspects of the observed variability. *J. Clim.*, 17, 4740-4751.

Thomas, C. R., 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego, 858 pp.

Tintoré, J., D. Gomis, S. Alonso, G. Parrilla, 1991. Mesoscale dynamics and vertical motion in the Alborán Sea. *J. Phys. Oceanogr.*, 21(6), 811-823.

Tintoré, J., P.E. La Violette, I. Blade, A. Cruzado, 1988. A study of an intense front in the Eastern Alboran Sea: The Almería-Orán Front. *J. Phys. Oceanogr.*, 18, 1384-1397.

Tixeront, J., 1970. Le bilan hydrologique de la Mer Noire et de la Mer Méditerranée. *Cah. Océanogr.*, 22, 227-237.

Treguer, P., P. Le Corre, 1975. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer, Utilisation de l'AutoAnalyser II Technicon, Occidentale, Univ. Bretagne, Laboratoire de Chimie marine, 5 Brest, France. 110 pp.

Tsimplis, M.N., E. Álvarez-Fanjul, D. Gomis, L. Fenoglio-Marc, B. Pérez, 2005. Mediterranean Sea level trends: Atmospheric pressure and wind contribution. *Geophys. Res. Lett.*, VOL. 32, L20602, doi:10.1029/2005GL023867

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. [On the perfection of quantitative phytoplankton methods]. *Int Ver Theor Angew Limnol Mitt. [Commun. Int. Assoc. Theor. Appl. Limnol]* 9:1-38.

Vargas-Yáñez, M., M.C. García-Martínez, F. Moya, R. Balbín, J.L. López-Jurado, M. Serra, P. Zunino, J. Pascual, J. Salat, 2017. Updating temperature and salinity mean values and trends in the Western Mediterranean: The RADMED Project. *Progress in Oceanography*, 157, 27-46.

Vargas-Yáñez, M., P. Zunino, K. Schroeder, J.L. López-Jurado, F. Plaza, M. Serra, C. Castro, M.C. García-Martínez, F. Moya, J. Salat, 2012a. Extreme Western Intermediate Water formation in Winter 2012. *J. Mar. Syst.* 105-108, 52-59.

Vargas-Yáñez, M., E. Mallard, M. Rixen, P. Zunino, M.C. García-Martínez, F. Moya, 2012b. The effect of interpolation methods in temperature and salinity trends in the Western Mediterranean. *Medit. Mar. Sci.*, 13/1, 118-125.

Vargas-Yáñez, M., M<sup>a</sup> Carmen García Martínez, Francina Moya, Elena Tel, Gregorio Parrilla, Francisco Plaza, Alicia Lavín, M<sup>a</sup> Jesús García, Jordi Salat, José Luis López-Jurado, Josep Pascual, Jesús García Lafuente, Damiá Gomis, Enrique Álvarez, Marcos García Sotillo, César González Pola, Fausto Polvorinos, Eugenio Fraile Nuez, M<sup>a</sup> Luz Fernández de Puelles, Patricia Zunino, 2010a. Cambio Climático en el Mediterráneo español. Segunda edición actualizada. Editado por Instituto Español de Oceanografía, ISBN: 978-84-95877-48-2, 176 pp., Madrid.

Vargas-Yáñez, M., F. Moya, M.C. García-Martínez, E. Tel, P. Zunino, F. Plaza, J. Salat, J. Pascual, J.L. López-Jurado, M. Serra, 2010b. Climate change in the Western Mediterranean Sea 1900-2008, *J. Mar. Syst.*, 82, 171-176.

Vargas-Yáñez, M., P. Zunino, A. Benali, M. Delpy, F. Pastre, F. Moya, M. C. García-Martínez, E. Tel, 2010c. How much is the Western Mediterranean really warming and salting?. *J. Geophys. Res.*, 115, C04001, doi: 10.1029/2009JC005816.

Vargas-Yáñez, M., F. Moya, E. Tel, M.C. García-Martínez, E. Guerber, M. Bourgeon, 2009. Warming and salting in the Western Mediterranean during the second half of the 20th century: Inconsistencies, unknowns and the effect of data processing. *Sci. Mar.* 73(1), doi: 10.3989/scimar.2009.73n1007.

Vargas-Yáñez, M., M. C. García Martínez, F. Moya, E. Tel, G. Parrilla, F. Plaza, A. Lavín, M.J. García, J. Salat, J. Pascual, J. García Lafuente, D. Gomis, E. Álvarez, M. García Sotillo, C. González Pola, F. Polvorinos, E. Fraile Nuez, 2008. Cambio Climático en el Mediterráneo español. Editado por Instituto Español de Oceanografía, ISBN: 84 95877 39 2, 171 pp., Madrid.

Vargas-Yáñez, M., F. Garivier, O. Pirra, M. García-Martínez, 2005. The use of routine hydrographic stations for the estimation of the parameters needed for optimal statistical interpolation. Application to the northern Alboran Sea. *Sci. Mar.*, 69(4), 435-449.

Vargas-Yáñez, M., F. Plaza, J. García-Lafuente, T. sarhan, J.M. Vargas, P. Vélez-belchi, 2002. About the seasonal variability of the Alboran Sea circulation. *J. Mar. Syst.*, 35, 229-248.

Viúdez, A., J. Tintoré, R. L. Haney, 1996. Circulation of the Alboran Sea determined by quasi-synoptic hydrographic observations. Part I: Three-dimensional structure of the two anticyclonic gyres. *J. Phys. Oceanogr.*, 26, 684-705.

Wijffels, S., J. Willis, C. M. Domingues, P. Barker, N. J. White, A. Gronell, K. Ridgway, and J. A. Church (2008), Changing expendable bathythermograph fall-rates and their impact on estimates of thermohaline sea level rise, *J. Clim.*, 5657– 5672, doi:10.1175/2008JCLI2290.1.

Wüst G., 1961. On the vertical circulation of the Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research*, 66, 3261-3271.



## Agradecimientos



Quisiéramos mostrar nuestro agradecimiento más sincero a las tripulaciones de los buques oceanográficos y a los técnicos de dichos buques y del Instituto Español de Oceanografía que han tomado parte, durante más de 25 años, en las campañas oceanográficas del Mediterráneo. Este trabajo no habría sido posible sin su excelente y entusiasta trabajo.



**Temas de Oceanografía,** es una colección de textos de referencia, que el Instituto Español de Oceanografía (IEO) publica con el fin de mejorar la difusión de la información científica relativa a las ciencias del mar dentro de la propia comunidad científica y entre los sectores interesados en estos temas.

