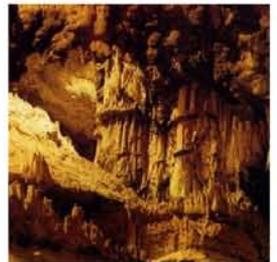


# I Jornada científicotècnica Directiva Marc de l'Aigua

## Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears

Palma, 26 de novembre de 2009



## [ponències]



**Govern de les Illes Balears**

Conselleria de Medi Ambient  
Direcció General de Recursos Hídrics



# VARIABILIDAD DE LA CLOROFILA *a* FITOPLANCTÓNICA Y DE LOS NUTRIENTES INORGÁNICOS EN AGUAS DE LA PLATAFORMA INSULAR DE LAS ISLAS BALEARES

Javier JANSÁ\*, Alberto APARICIO\* y Bartolomé AMENGUAL\*

(\*)Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Baleares. Muelle de Poniente, s/n  
07015 Palma, Baleares, SPAIN.

javier.jansa@ba.ieo.es, alberto.aparicio@ba.ieo.es, tomeu.amengual@ba.ieo.es

## RESUMEN

A lo largo de cuatro campañas llevadas a cabo en abril, julio y octubre de 2008 y marzo de 2009, se han tomado nuevos datos de clorofila *a* y nutrientes inorgánicos (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos), en diversas estaciones oceanográficas distribuidas en aguas de las plataformas insulares de Mallorca, Menorca e Ibiza, a tres niveles de profundidad (5, 25 y 50m o en las proximidades del fondo en algunos casos).

Poniendo especial énfasis en la variabilidad estacional de la clorofila *a* (basada en los promedios de la zona muestreada), se ha constatado una ligera disminución de su concentración al pasar de abril a julio con un aumento hacia octubre y especialmente en marzo de 2009), en los niveles más superficiales. Los nutrientes, a excepción de los fosfatos, han mostrado un comportamiento similar aunque no siempre tan claro. Comparando los promedios globales de este ciclo estacional con los del ciclo anterior (2005-2006), se observa una disminución en algunos parámetros, así como un cierto aumento en otros, aunque, sin que existan cambios importantes que afecten al carácter, en general oligotrófico, de estas aguas.

**Palabras clave:** *Clorofila a, Nutrientes inorgánicos, Plataforma insular, Mar Balear.*

## INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de las Islas Baleares, aproximadamente en la zona central del Mediterráneo Occidental, determina que las aguas que las rodean, participen de la influencia, en la capa superficial, de dos masas de agua características: el Agua Mediterránea Residente (preferentemente situada hacia el Norte) y el Agua Atlántica (situada hacia el Sur). La primera tiene mayor salinidad y menor temperatura que la segunda y su carga de nutrientes, en el estrato superficial, es ligeramente superior que la del Agua Atlántica reciente (Aparicio, 2004). Estas dos masas de agua están separadas por una zona frontal y, dependiendo de la latitud en que se sitúe este frente (Norte, Centro o Sur en el Mar Balear), las aguas superficiales, incluidas las situadas sobre la plataforma insular, participarán en mayor o menor grado de las características de las citadas masas.

Pese a esta diferenciación, el Mar Balear presenta una característica general y es su naturaleza oligotrófica, típica de la región centro-sur del Mediterráneo Occidental. Esto está suficientemente establecido, en base a los datos acumulados de los diferentes proyectos, así como por las imágenes de satélite que muestran la distribución de la clorofila en la capa superficial.

La ausencia de ríos permanentes en las islas, determina que la oligotrofia se extienda a las aguas situadas sobre la plataforma insular hasta la misma línea de costa. Solamente las zonas más protegidas y con mayor influencia humana se desvían de este esquema. Igualmente este patrón puede verse alterado esporádicamente durante los episodios de las grandes lluvias que ponen en funcionamiento los distintos torrentes, habitualmente secos. En resumen, al menos hasta el momento presente, puede decirse que, en general, el medio nerítico insular, a diferencia del continental, participa en gran medida de las propiedades del medio pelágico superficial oceánico (relativamente pobre en nutrientes) (Jansá, 2008).

Los resultados de los análisis de clorofila *a* y nutrientes de un nuevo ciclo estacional, cuya distribución se sintetiza a continuación, constituyen una referencia más, con la que seguir profundizando en la caracterización de las aguas del Mar Balear, especialmente las de la plataforma insular.

## METODOLOGÍA

Se han realizado cuatro campañas a bordo del B/O Odón de Buen en los siguientes meses: abril, julio, octubre de 2008 y marzo de 2009, abarcando alrededor de 13 estaciones oceanográficas en cada campaña, la mayoría de ellas localizadas sobre la plataforma insular (Figura 1).

### Muestreo

En cada una de estas estaciones, se han recogido muestras de agua para el análisis de clorofila *a* y nutrientes a las profundidades estándar de 5, 25 y 50 metros o en las proximidades del fondo si este era menor de 50 m. La toma de muestras se ha efectuado mediante botellas Niskin acopladas a una roseta provista de un CTD Seabird 911 y un sensor de fluorescencia Seatech.

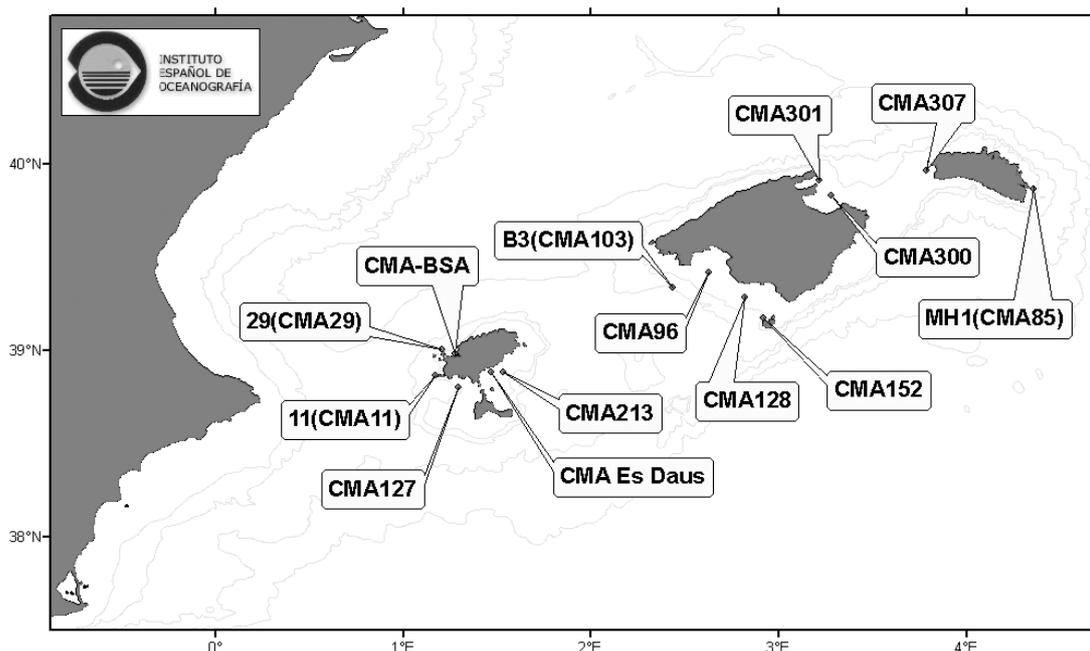


Figura 1: Situación y nomenclatura de las estaciones de muestreo.

### Análisis de la clorofila *a*

El agua obtenida con las botellas Niskin ha sido filtrada a bordo (1litro en todos los casos ) sobre filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F siendo congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  a bordo y a  $-55^{\circ}\text{C}$  en el laboratorio hasta su análisis.

Una vez descongeladas las muestras, se ha procedido a la extracción acetónica de los pigmentos fitoplanctónicos con acetona para análisis al 90% dejando las muestras en reposo, en nevera, durante al menos 12 horas.

Sobre los extractos acetónicos, limpios de partículas en suspensión obtenidos mediante centrifugación, se ha efectuado la medición de clorofila *a* según el método fluorimétrico (Holm-Hansen *et al*, 1965). El instrumento utilizado ha sido un fluorímetro Turner Designs 10AU previamente calibrado con patrones de clorofila *a* pura.

Los datos que se presentan están referidos a clorofila *a* total, no corregida de los feopigmentos. Las concentraciones se expresan en  $\mu\text{g/l}$ .

## **Análisis de los nutrientes**

Las muestras para el análisis de nutrientes han sido congeladas a bordo en tubos de 10 ml a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Una vez descongeladas en el laboratorio, fueron determinados los nitratos, nitritos y silicatos según el método de Armstrong, Sterns y Strickland (1967). Para el análisis de los fosfatos se ha utilizado el método de Treguer y le Corre (1975). El instrumento usado para la medición ha sido un autoanalizador Technicon TRAACS.

En todos los casos las concentraciones vienen expresadas en  $\mu\text{mol/l}$ .

## **RESULTADOS**

### **Variación de la clorofila *a***

Poniendo especial énfasis en la variación estacional en la zona estudiada y teniendo en cuenta los tres niveles de muestreo por separado, (Figura 2), puede observarse que la clorofila *a* experimenta una ligera disminución al pasar de abril a julio de 2008 para experimentar un aumento en octubre de 2008, alcanzando el máximo en marzo de 2009. Este patrón de variación estacional es especialmente notable en los niveles más superficiales (5 y 25m), resultando más suavizado en el estrato más profundo (50m). El citado aumento de marzo, conecta con las típicas proliferaciones fitoplanctónicas que tienen lugar a finales de invierno-principios de primavera en el Mediterráneo Occidental, especialmente en su parte norte (Golfo de León y Mar Lígur) y que son consecuencia de la mezcla convectiva, seguida de una fase de calma y estabilización. Estas proliferaciones, donde normalmente los valores más elevados se dan en niveles más superficiales, aparecen también en el Mar Balear como es el caso presente. Puede constatarse, en efecto, que, en marzo de 2009, al pasar de los 25m a los 50m, existe una ligera disminución de la concentración de clorofila (Figura 2). Este patrón de distribución vertical no aparece en las otras campañas, donde se da, por el contrario, un aumento en profundidad, suave en octubre, en conexión con un cierto grado de mezcla vertical, consecuencia de la debilitación de la termoclina, y más acentuado en abril y julio. Esta tendencia es normal en julio, en plena época cálida, con estratificación y creación del máximo profundo de clorofila, pero el hecho de que el aumento en profundidad se de en abril de forma notable, sugiere un proceso de estratificación prematura.

En cuanto a los datos puntuales, el mayor valor se ha obtenido en la proliferación de marzo, con  $1.03 \mu\text{g/l}$  y el mínimo en julio con  $0.05 \mu\text{g/l}$ . No se ha detectado ninguna concentración importante, asociada al máximo profundo de clorofila, tal como suele ocurrir en la época cálida.

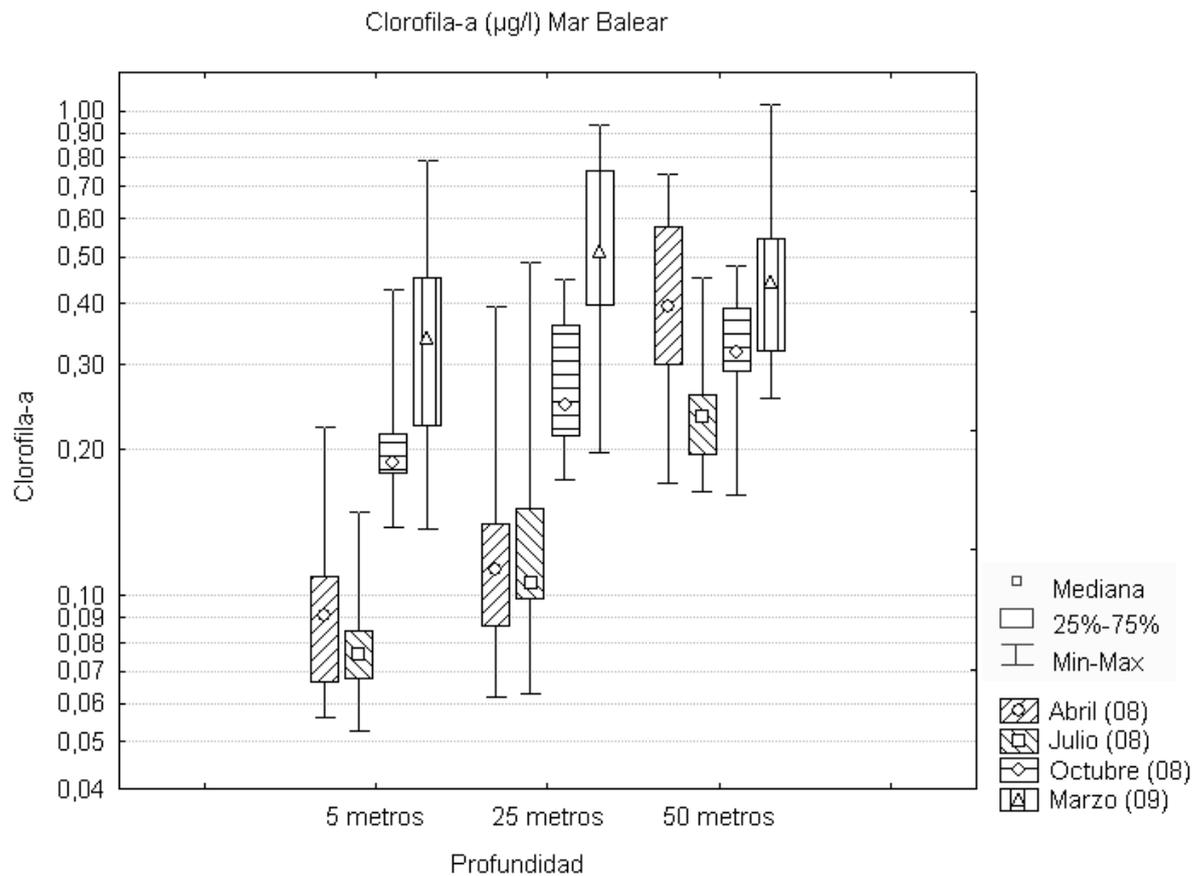


Figura 2: Grafico de caja de la variación estacional de la clorofila *a* en los tres niveles de muestreo.

## Variación de los nutrientes inorgánicos

### Nitratos y nitritos

Especialmente a 25 y 50m, los nitratos y nitritos (Figuras 3y 4), muestran un patrón de variación estacional similar al de la clorofila, con disminución en julio, y aumento hacia octubre y marzo, aunque este comportamiento resulta algo más atenuado.

El conocido aumento con la profundidad de los nitratos sólo se manifiesta principalmente en octubre y marzo; en estos últimos casos, el gradiente vertical puede venir reforzado por el consumo fitoplanctónico (especialmente en marzo), mes en el que se coincide con la proliferación fitoplanctónica que suele ocurrir a finales de invierno. En cambio, en abril, el gradiente vertical es muy suave y resulta prácticamente indetectable en julio, probablemente debido a la presencia masiva de agua atlántica, pobre en nutrientes.

Es conocido que los nitritos presentan, en relación con la actividad fitoplanctónica, un máximo subsuperficial en la época cálida, ligado al de la clorofila. Esto no ha sido detectado durante este ciclo estacional y solamente se observa un aumento con la profundidad en octubre y marzo. El valor máximo de nitratos se encontró en marzo con  $2.87 \mu\text{mol/l}$  y el mínimo de  $0.05 \mu\text{mol/l}$ . Los nitritos, como es habitual presentan concentraciones más discretas por término medio, del orden de  $0.08 \mu\text{mol/l}$ .

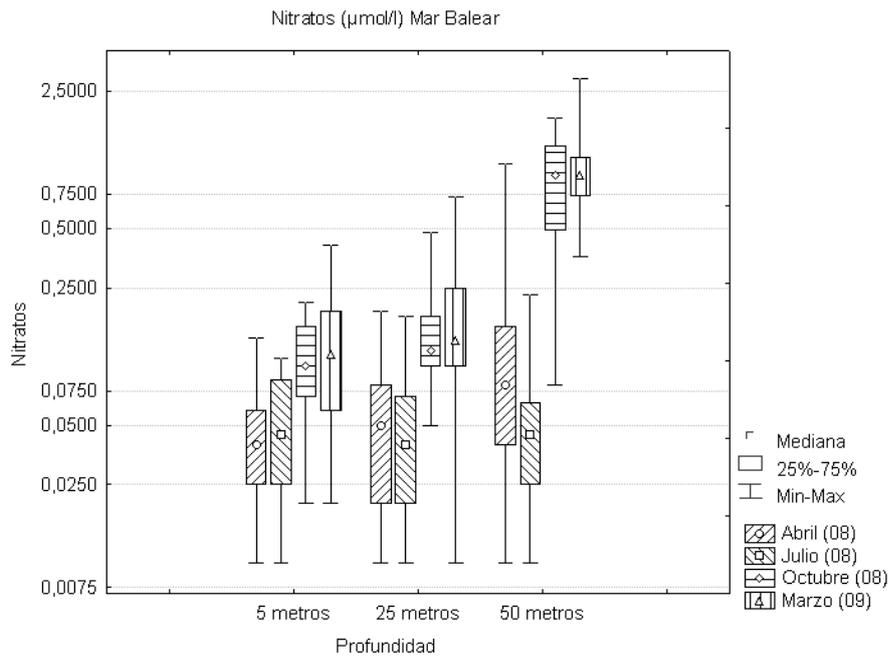


Figura 3: Gráfico de caja de la variación estacional de los nitratos en los tres niveles de muestreo.

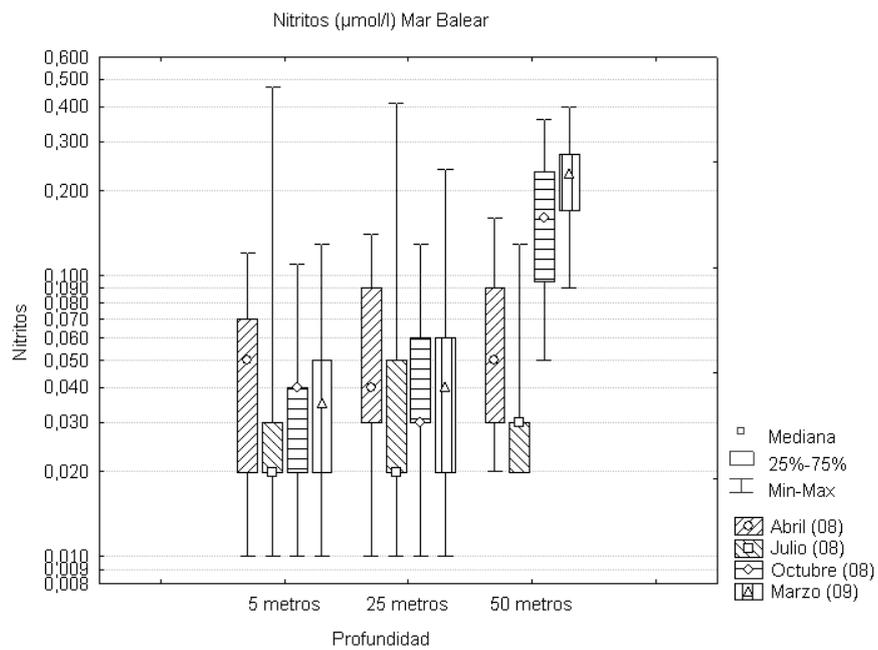


Figura 4: Gráfico de caja de la variación estacional de los nitritos en los tres niveles de muestreo.

### Fosfatos

Los fosfatos, presentan un ciclo estacional prácticamente contrario al de los nitratos y nitritos, de manera que en 5 y 25m se da una subida en julio, seguida de una progresiva disminución hacia octubre y marzo. Esto no se observa tan claramente a 50m, donde la subida en julio no se manifiesta, aunque persiste la depleción en marzo. El gradiente vertical es muy poco conspicuo en abril y octubre y solamente se observa un ligero aumento a 50m en marzo. Todas estas características están en relación con un reciclaje más rápido de este nutriente en el que interviene una más eficiente utilización por parte del fitoplancton. Infiuye igualmente la pérdida hacia el fondo por precipitación. El valor máximo

observado aparece en marzo con  $0.12 \mu\text{mol/l}$  a 50m y algunos valores mínimos de  $0.01 \mu\text{mol/l}$  se han obtenido a 5m en todas las campañas.

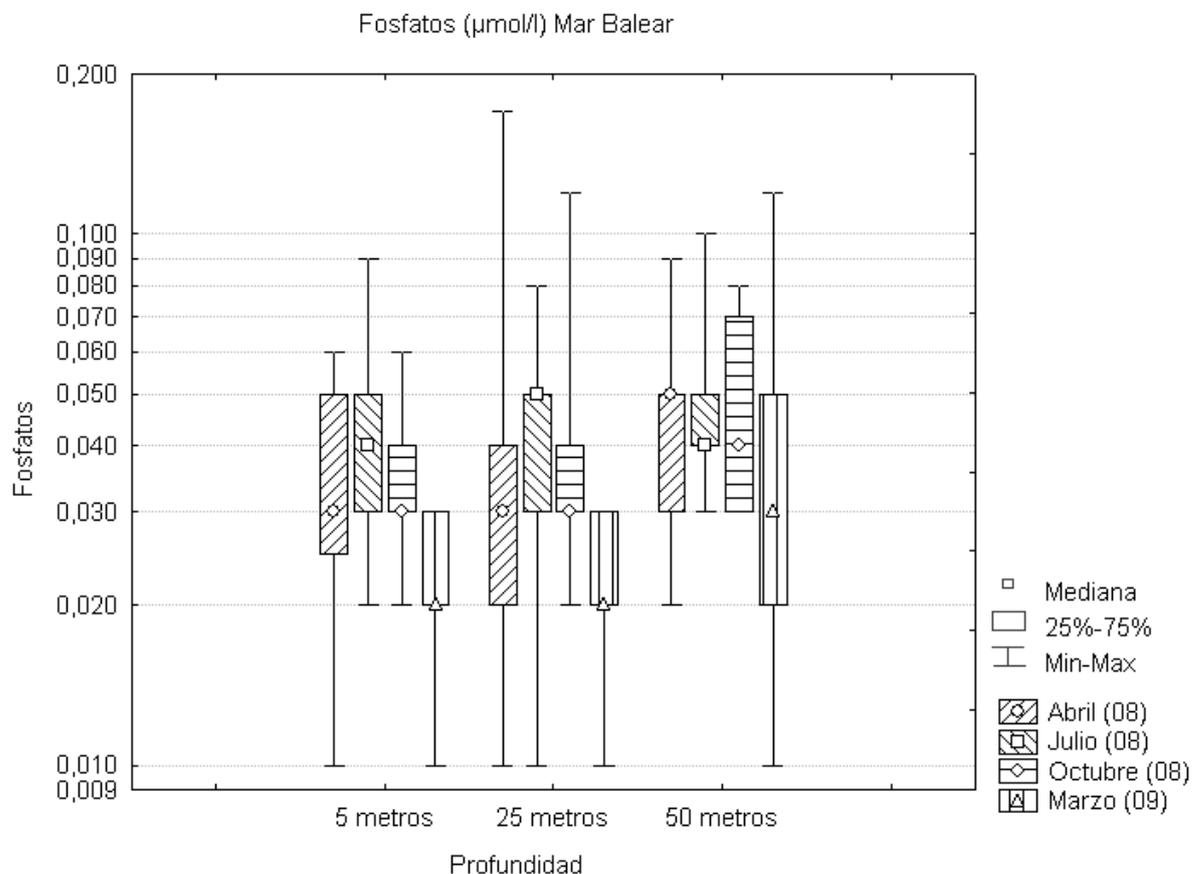


Figura 5: Gráfico de caja de la variación estacional de los fosfatos en los tres niveles de muestreo

### Silicatos

El aumento en octubre, que se ha observado en los tres niveles, tanto en los nitratos como en los nitritos, sólo es detectable a 50m en los silicatos (Figura 6). De esta forma, se obtiene en esta campaña, el mayor gradiente vertical con aumento en profundidad de este nutriente. Este, es del mismo signo, pero menos pronunciado en marzo. Posiblemente, la proliferación fitoplanctónica observada en este mes influya en el contenido en silicatos. En abril, el gradiente vertical es muy suave, con sólo un ligero aumento en el nivel de 50m y resulta de signo contrario en julio, donde se observa una disminución de este nutriente en profundidad.

El mayor valor puntual se obtuvo en marzo en el estrato de 50m, con  $2.13 \mu\text{mol/l}$  y el mínimo, en octubre, con  $0.6 \mu\text{mol/l}$  a 5m.

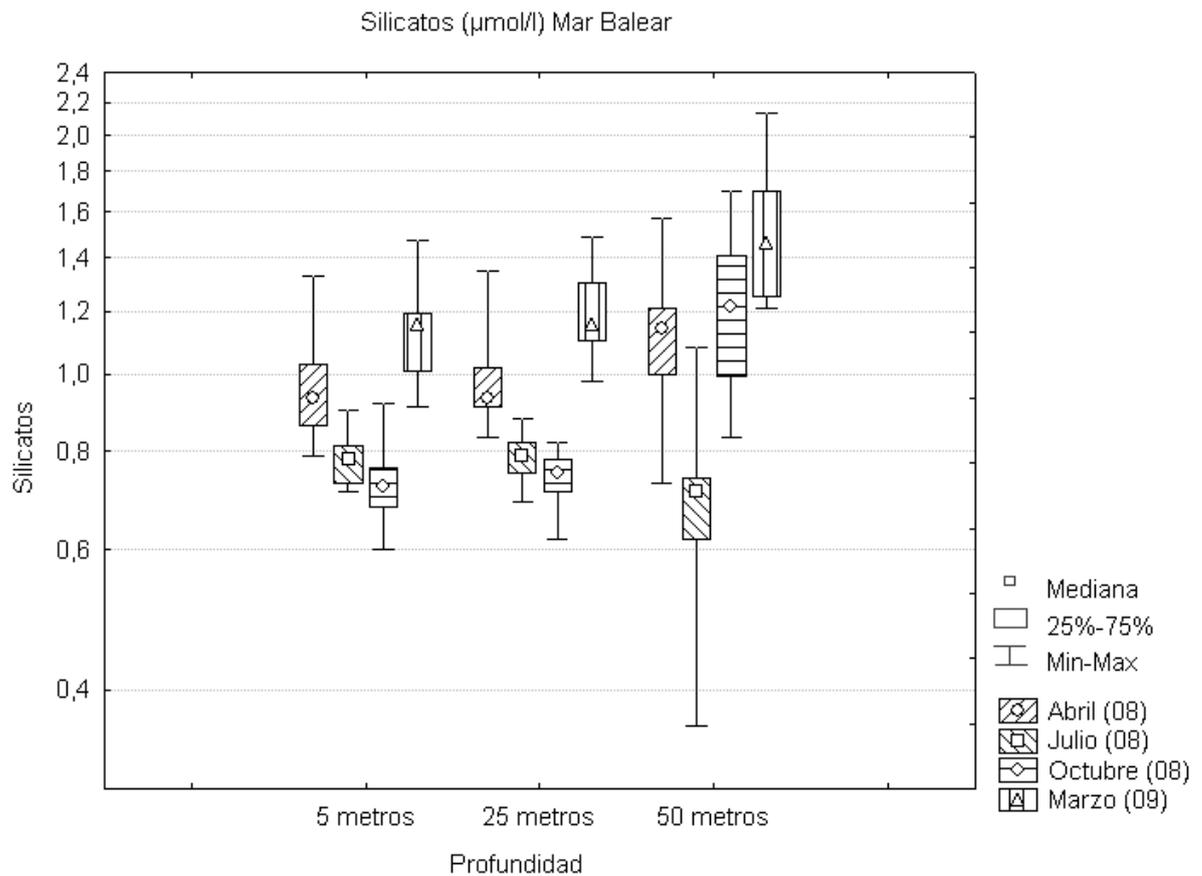


Figura 6. Gráfico de caja de la variación estacional de los silicatos en los tres niveles de muestreo.

#### Promedios globales de los parámetros considerados y comparación con el ciclo anual anterior (2005-2006)

En el informe final realizado sobre los datos obtenidos de los citados parámetros en el ciclo estacional de 2005-2006, se señalaba que tanto el rango de variación de la clorofila como de los nutrientes encajaba, en líneas generales, con lo obtenido en anteriores proyectos en esta región del Mar Balear, haciendo especial hincapié en zonas coincidentes o próximas al área que abarcan las presentes estaciones de muestreo. La lista de referencias bibliográficas así como la nomenclatura de los distintos proyectos, no se tendrá en cuenta aquí, por lo que remitimos al lector al citado informe.

Basándonos en los promedios globales de la columna de agua (climatología) se ha elaborado la Tabla 1, en la que se comparan los dos ciclos estacionales de 2005-2006 y 2008-2009. Puede constatarse que si bien en algunos casos, determinados parámetros tienden hacia un aumento, y en otros hacia una disminución, al pasar de un ciclo a otro, los valores se mantienen en el mismo orden de magnitud, definiendo la permanencia del carácter oligotrófico de la zona.

Media Columna	2005-2006	2008-2009
Clorofila	0.23	0.28
Nitratos	0.29	0.26
Nitritos	0.04	0.08
Fosfatos	0.05	0.04
Silicatos	0.82	0.99

Tabla 1: Promedios globales de la clorofila *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) y de los nutrientes ( $\mu\text{mol/l}$ ) correspondientes a los ciclos estacionales de 2005-2006 y 2008-2009.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la tripulación del B/O Odón de Buen, a los jefes de campaña José Luis López-Jurado y Mariano Serra, a Ana Morillas por la clasificación de los datos y a todos aquellos que han colaborado tanto en campaña como en tierra.

Este trabajo se ha realizado en el marco del actual convenio de colaboración entre la Agencia Balear del Agua y la Calidad Ambiental (Conselleria de Medi Ambient de les Illes Balears) y el Instituto Español de Oceanografía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO, A., JANSÁ, J. y B. AMENGUAL. (2004). Influencia del agua atlántica en la distribución de sales nutrientes en la época cálida del mar Balear. IV Jornades de Medi Ambient de les illes Balears. 228
- ARMSTRONG, F.A.J., STERNS, C.R. and J.D.H. STRICKLAD. (1967). The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Technicon autoanalyzer and associated equipment. 14: 381-389.
- ALVAREZ, F., LÓPEZ-JURADO, J.L., SERRA, M., JANSÁ, J. APARICIO, A. y B. AMENGUAL. (2006). Datos de referencia de clorofila *a* y nutrientes en aguas de plataforma y talud del mar Balear. Informe final.
- HOLM-HANSEN, O., LORENZEN, C.J., HOLMES, R.W., and J.D.H. STRICKLAND. (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. ICES. Journal du Conseil, 30: 3-15.
- JANSÁ, X. (2008). És el mar Balear un mar oligotròfic?. *Estudis Baleàrics* 88/89. 125-136.
- TREGUER, P., et P. LE CORRE. (1975). Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisations de l'autoanalyzer II Technicon. Laboratoire d'Océanologie Chimique, Université de Bretagne Occidentale. Brest. 110 pp.