

# **DATOS DE REFERENCIA DE CLOROFILA *a* Y NUTRIENTES EN AGUAS DE PLATAFORMA Y TALUD DEL MAR BALEAR**

## **INFORME FINAL**

Convenio entre la Agencia Balear del Agua y de la Calidad Ambiental y el  
Instituto Español de Oceanografía



B/O "Odón de Buen"

Coordinación : Dr. Federico Álvarez  
Campañas: José Luis López-Jurado y Mariano Serra  
Análisis: Javier Jansá y Bartolomé Amengual  
Texto y elaboración de datos: Javier Jansá y Alberto Aparicio

Centro Oceanográfico de Baleares  
Diciembre 2006



INSTITUTO  
ESPAÑOL DE  
OCEANOGRAFÍA

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

### Medios empleados

Los muestras de las variables estudiadas han sido obtenidas a bordo del buque oceanográfico "Odón de Buen", de 23 m de eslora y seis tripulantes. Para ello se realizaron cuatro campañas oceanográficas estacionales que supusieron un total de 32 días de mar de un investigador y un ayudante técnico. El trabajo se complementó en el Centro Oceanográfico de Baleares durante un mes con los análisis pertinentes y la redacción de este informe.

### Variabilidad espacial

La variabilidad que se observa en los diferentes puntos de muestreo está ligada a la dinámica hidrográfica y a los procesos de producción y consumo. Este conjunto de procesos opera a diferentes escalas siendo menos persistentes los fenómenos que tienen lugar a escala reducida por lo que, frecuentemente, pequeñas o moderadas diferencias entre estaciones resultan poco trascendentes para la dinámica global del ecosistema. No obstante, dentro de la heterogeneidad observada, que se presenta con mayor o menor énfasis en las distintas campañas, cabe destacar la frecuencia de elevadas concentraciones observadas especialmente en las estaciones situadas al noroeste de Ibiza y en algunos casos al oeste de Mallorca. lo que sugiere, y está corroborado por la experiencia anterior, un mayor hidrodinamismo en estas áreas que implica procesos de fertilización más activos.

### Estacionalidad

Puede señalarse un cierto grado de estacionalidad tanto en la clorofila como en los nutrientes, a excepción de los silicatos, que muestran una distribución espacio-temporal más homogénea. Así, la campaña realizada en septiembre-octubre de 2005 muestra valores relativamente bajos en todas las variables y permite caracterizar un agotamiento de las reservas de nutrientes y recursos vivos como consecuencia del transcurso del verano en que hay poca reposición de estos factores. La primavera (campaña de abril de 2006) es una época de mayor producción seguida de una fase de relajación en verano (campaña de junio) y una cierta recuperación en otoño (campaña de octubre). Esta estacionalidad, que en cualquier caso no es muy acusada, caracteriza el estrato superficial de 50m. y está en relación con el predominante "carácter oceánico- oligotrófico", relativamente estable, de las aguas de la plataforma y talud del Mar Balear.

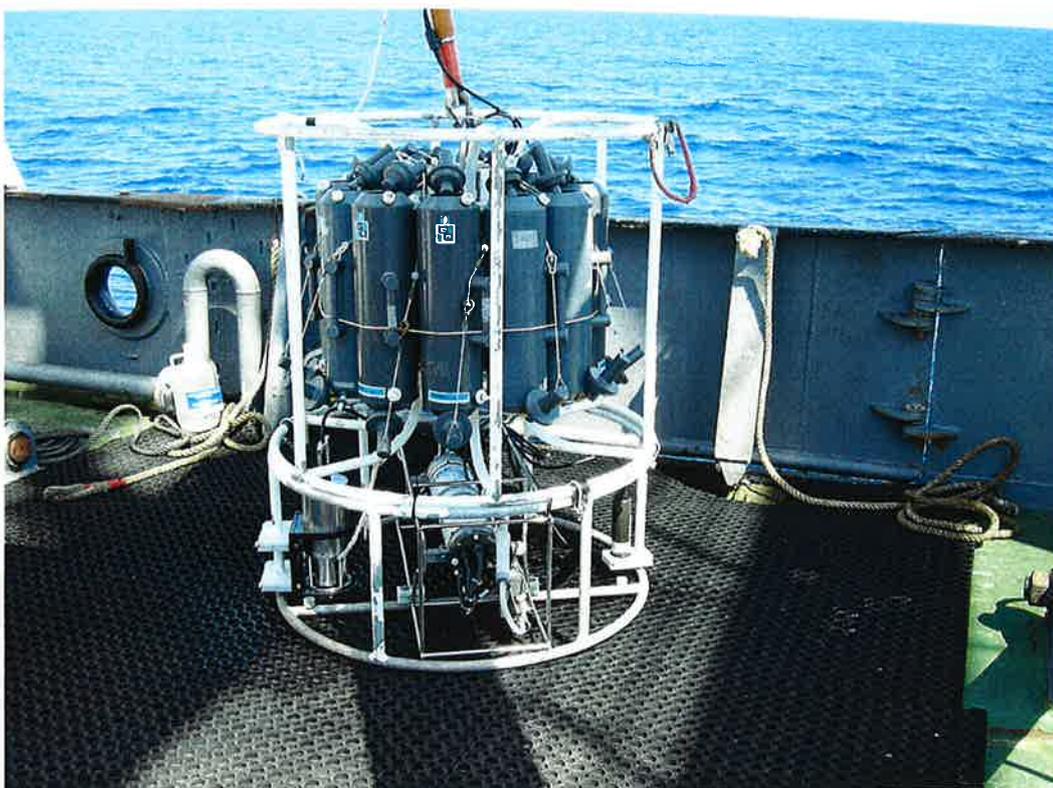
### Columna de agua

Es detectable el conocido aumento en profundidad que se da en la concentración de clorofila en la época cálida, como consecuencia en parte de la sedimentación, y en parte de la producción efectiva que tiene lugar, en mayor o menor grado según las zonas, a nivel del máximo profundo de clorofila. Igualmente detectable resulta el aumento de los nitratos con la profundidad, y en menor grado de los silicatos, debido a la oxidación bacteriana de la materia orgánica. En el caso de los fosfatos esta tendencia es menos clara ya que su ciclo es más rápido y también tienen tendencia a precipitar hacia el fondo. Los nitritos no experimentan un aumento como los nitratos y solamente muestran un máximo subsuperficial relacionado con el máximo de clorofila.

## Caracterización de la zona y anomalías

Las concentraciones obtenidas de las variables estudiadas permiten, en conjunto, confirmar el carácter oligotrófico del Mar Balear. Cabe destacar, no obstante, algunos valores excepcionales como las concentraciones de fosfatos encontradas en abril de 2006 en las proximidades de Ibiza, probablemente atribuibles a un artefacto de contaminación.

También podrían parecer anómalas las elevadas cantidades de clorofila *a* nivel del máximo de fluorescencia aparecidas cerca de Ibiza en octubre de 2006, siendo la primera vez que se detecta algo así en esta época del año, aunque, en este caso, el fenómeno es atribuible a causas naturales, probablemente ligadas a una mayor actividad hidrográfica en esta zona.



Roseta de botellas utilizada para la toma de muestras durante las campañas.

## **METODOLOGÍA**

### **Campañas**

Se han realizado cuatro campañas a bordo del B/O Odón de Buen repartidas del siguiente modo: finales de septiembre-principios de octubre de 2005, abril, junio y octubre de 2006, cubriendo hasta 13 estaciones oceanográficas cuya situación aparece en el mapa de la figura 1 donde puede verse que la mayoría de ellas se localizan sobre la plataforma y algunas sobre el talud. La numeración de estas estaciones obedece a que forman parte de una red fija escogida previamente que abarca todo el Mar Balear y parte del Mediterráneo Occidental.

### **Muestreo**

En cada una de las estaciones oceanográficas 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. En aquellos casos en los que el máximo de fluorescencia fitoplanctónica era destacable y se encontraba fuera de los niveles estándar, se han tomado muestras a este nivel únicamente para el análisis de la clorofila *a*.

Todo este muestreo se ha efectuado mediante botellas Niskin acopladas a una roseta provista de un CTD Seabird 911 y un sensor de fluorescencia Seatech.

### **Análisis de clorofila *a***

El agua obtenida de las botellas Niskin ha sido filtrada a bordo (1 litro en todos los casos) sobre filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F que han sido congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  a bordo y a  $-55^{\circ}\text{C}$  en el laboratorio hasta la preparación para el 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 por centrifugación, se ha efectuado la medición 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, y las concentraciones se expresan en  $\mu\text{g/l}$ .

### **Análisis de 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

### Clorofila *a*

Se ha utilizado la clorofila *a* como indicador de biomasa fitoplanctónica, aunque debido a su alta variabilidad en las diferentes especies que constituyen las poblaciones de fitoplancton, incluso dentro de una misma especie según sea su estado fisiológico, esto sólo puede ser válido a muy grandes rasgos. En esta línea, zonas oligotróficas o bien otras que se encuentran en fases en que predomina la heterotrofia, se caracterizan por presentar concentraciones bajas o muy bajas de esta variable (inferiores a 0,05 µg/l). Por otro lado, en los sistemas eutróficos las concentraciones de clorofila *a* son frecuentemente elevadas, pudiendo alcanzar valores muy importantes en determinadas floraciones fitoplanctónicas, como es el caso en algunas mareas rojas donde pueden superarse los 50 µg/l.

El Mediterráneo Occidental, y especialmente el Mar Balear, ha sido caracterizado como mar oligotrófico, pero aunque esta característica puede mantenerse, no excluye eventos naturales que pueden ser catalogados como mesotróficos e incluso eutróficos, los cuales aunque bastante puntuales y de relativa corta duración, implican que el rango de variación de la concentración de la clorofila sea amplio incluso en áreas prístinas, sometidas a débil influencia antropogénica.

Las concentraciones puntuales observadas a lo largo de este estudio aparecen reflejadas en las figuras 2, 3, 4 y 5. Así, en la primera campaña realizada a finales de septiembre de 2005 (figura 2), los valores son moderados o incluso bajos no alcanzándose en ningún momento el valor de 1 µg/l. En el estrato superficial (5 m) no se alcanzan en ningún caso los 0,2 µg/l, siendo el valor mínimo de 0,09 µg/l. Las mayores concentraciones aparecen al oeste de Ibiza (estrato de 50 m). En una interpretación general, en esta época del año la zona refleja una fase de transición en la que, por una parte, se nota la influencia de la desertización que supone el transcurso del verano con el establecimiento de la termoclina y, por otra, no se ha manifestado todavía plenamente el otoño que implica una cierta revitalización al haber más posibilidad de mezcla vertical con el debilitamiento de la termoclina.

En abril de 2006 las concentraciones experimentan una cierta recuperación especialmente en los estratos intermedio (25 m) y más profundo (50 m) (figura 3). En la estación situada en la boca de la bahía de Palma (Est. 96) se supera ligeramente el valor de 1 µg/l. En Junio, hay un ligero descenso de las densidades que se nota especialmente en el estrato de 5 m con un valor mínimo de 0,04 µg/l e incluso en el de 25 m con un valor mínimo de 0,05 µg/l (figura 4). Este fenómeno es atribuible al establecimiento de la termoclina estacional que actúa de barrera al aporte de nutrientes a las capas más superficiales. Esto no impide, sin embargo, la aparición de máximos moderados en profundidad como los encontrados a 50 m al noroeste de Eivissa (Est. 29) o frente a Ciutadella, con cerca de 1 µg/l.

En la campaña realizada en octubre de 2006 se observa una recuperación, especialmente en el área situada al oeste y noroeste de Ibiza (figura 5). Los valores correspondientes al estrato superficial son, por término medio, los más altos con 0,17 µg/l (Tabla I). En este sentido, esta campaña puede caracterizar la recuperación otoñal, generalmente una época con mayor mezcla vertical y aporte de nutrientes hacia la superficie. Sobrepuesta a esta característica general y en algún aspecto contradiciéndola, hay que señalar las elevadas concentraciones obtenidas fuera de los niveles estándar, coincidentes con las profundidades de los máximos de fluorescencia (figura 6). Aquí se destacan dos valores

bastante notables superiores a 2 y a 2.5  $\mu\text{g/l}$  en las estaciones 67 y 29 respectivamente. No es la primera vez que se encuentran concentraciones elevadas en esta y otras zonas del Mar Balear, aunque los otros hallazgos, incluso de mayor magnitud, aparecieron en primavera o verano. Así, en el canal de Ibiza se obtuvieron alrededor de 6  $\mu\text{g/l}$  en julio de 1992 (Jansá *et al*, 1992) y la mayor concentración de clorofila encontrada en el Mar Balear hasta la fecha apareció al sureste de Mallorca en junio de 2001 donde se alcanzaron los 8  $\mu\text{g/l}$  (Jansá *et al*, 2004).

Estas altas concentraciones aparecen en el máximo profundo de clorofila y suelen estar bastante localizadas. Su generación y duración va ligada a la persistencia de las estructuras hidrográficas y a su dinamismo. En este sentido, el canal de Ibiza es una zona de especial actividad hidrográfica, debido a la intensidad de las corrientes que operan en él, especialmente en lo que se refiere a la entrada del agua atlántica. El encuentro de esta masa de agua con el agua residente mediterránea, que se desplaza hacia el sur, genera giros y vórtices que determinan movimientos verticales con lo que se inyectan nutrientes en la capa fótica fertilizándola. Igualmente hay que tener en cuenta la interacción entre las corrientes y el talud donde pueden generarse inestabilidades. Pero, como se ha indicado, las elevadas concentraciones de clorofila que pueden aparecer en el Mar Balear no son exclusivas del canal de Ibiza, aunque tal vez sean más frecuentes en él.

La figura 7 muestra de manera resumida la comentada variabilidad estacional, especialmente patente cuando se utiliza la escala logarítmica (figura 7-B). En cualquier caso, la estacionalidad no es muy marcada y puede caracterizar la capa superficial del medio oceánico, relativamente estable. En este aspecto, aunque las Islas Baleares tienen plataforma, las aguas que la bañan tienen un carácter relativamente “poco nerítico”, participando en gran medida de las propiedades oceánicas. Esto no se aplica a la plataforma peninsular, donde existe un medio nerítico generalmente bien definido.

Por otra parte, aunque las campañas se hicieron en diferentes estaciones del año, quedan englobadas en una macroestación que puede denominarse época cálida en la que existe una termoclina, aunque en diferentes fases de desarrollo, plenitud y disolución. Esto explica la tendencia general al aumento en profundidad de las concentraciones de clorofila (figura 7-A). Este incremento es en parte debido a la sedimentación desde niveles superiores y en parte a la producción efectiva a nivel del máximo profundo de clorofila, siendo esta estructura especialmente característica en la época cálida.

## **Nutrientes**

### **Nitratos y Nitritos**

La concentración de nitrógeno en el agua, juntamente con la del fósforo, juega un papel determinante en la producción del fitoplancton (Margalef, 1974) pudiendo ser considerados ambos como factores limitantes.

En el agua marina la principal forma de nitrógeno está constituida principalmente por los nitratos y, en menor grado, por los nitritos, el amonio y la urea. Los vegetales marinos pueden utilizar todas estas formas en su crecimiento pero el consumo de una u otra depende de su concentración en el medio. Así, cuando las concentraciones son elevadas, la forma que se utiliza con preferencia es el amonio (MacCarthy *et al*, 1977). En circunstancias de escasez pueden utilizarse las diferentes formas de nitrógeno en función

de su concentración (Delgado y Camp, 1987). En cualquier caso, la asimilación de los nitritos y nitratos es menos eficiente ya que supone un gasto de energía mayor que cuando se asimila directamente el amonio. Cuando el fitoplancton utiliza los nitratos reduce parte de ellos a nitritos y los cede al agua. La concentración de nitritos producida es función de la disponibilidad de nitratos (Vaccaro y Ryther, 1960).

Refiriéndonos al medio oceánico, la concentración de nitratos varía desde valores indetectables, normalmente en superficie, hasta valores superiores a  $10 \mu\text{mol/l}$  en profundidad. Normalmente los nitratos aumentan con la profundidad hasta unos 1000m, debido a la oxidación bacteriana, y a partir de esta cota tienden a estabilizar su concentración. Las capas profundas constituyen, por tanto, una reserva de nitrógeno en forma de nitratos pudiendo ser inyectados en la capa fótica en las áreas de surgencia (upwelling) fertilizándola.

Los datos puntuales de nitratos obtenidos para el Mar Balear en el presente estudio aparecen en las figuras 8, 9, 10 y 11. Las concentraciones a 5 m y en algunos casos a 25 m, rozan frecuentemente la indetectabilidad, tanto en la campaña realizada a finales de septiembre de 2005 como en junio de 2006. Existe una ligera recuperación en abril y octubre de 2006 (ver valores mínimos en tabla II). A 50 m de profundidad se observan máximos de nitratos localizados que son moderados (solo en un caso se llega a  $1 \mu\text{mol/l}$ ) durante las campañas de septiembre de 2005 y junio de 2006 (figuras 8 y 10) y resultan más ostensibles en abril y octubre de 2006 (figuras 9 y 11). Cabe interpretar todos estos máximos como consecuencia de surgencias y advecciones en relación con la hidrodinámica y puede observarse que son especialmente frecuentes en la zona de Ibiza, lo que abunda una vez más en el activo hidrodinamismo de esta zona. Especialmente destacables son las concentraciones encontradas en octubre con más de  $6 \mu\text{mol/l}$  (figura 11), en conexión con los anteriormente comentados máximos de clorofila, reforzando la idea de un “upwelling” productivo en esta zona.

Globalmente se aprecia una estacionalidad, en correspondencia con la encontrada para la clorofila (figura 12-B), e igualmente se detecta el aumento con la profundidad aunque sólo de una manera ostensible a 50 m (figura 12-A), lo que es debido al consumo que existe o ha existido en los estratos superiores.

Los nitritos ocupan una etapa intermedia en los procesos de óxido-reducción bacteriana, por lo que el análisis de su distribución a micro o mesoescala presenta un alto grado de indeterminación. No presentan el aumento con la profundidad observable en el caso de los nitratos debido a que son oxidados a nitratos. Sin embargo existe una estructura permanente conocida como el máximo de nitritos que se sitúa a nivel o ligeramente por debajo del máximo de fluorescencia-clorofila, aunque esta relación, conectada con el estado fisiológico de las células fitoplanctónicas, es principalmente cualitativa ya que no siempre aparece una correspondencia entre los cambios de concentración en ambos parámetros.

La distribución espacial (figuras 13, 14, 15, 16) muestra esta esperada heterogeneidad con frecuentes valores prácticamente indetectables a 5 m (ver mínimos en tabla III) y con una cierta tendencia a aumentar las concentraciones con la profundidad, aunque no siempre observable en todos los puntos de muestreo. El mayor valor observado (más de  $0,3 \mu\text{mol/l}$  a 50 m) aparece en abril, al noroeste de Ibiza (figura 14). El resto de los máximos

observados en las otras campañas son siempre inferiores, siendo especialmente pobre la campaña realizada a finales de septiembre de 2005.

En su conjunto, el aumento con la profundidad (figura 17-A) no es equiparable con el que se registra para los nitratos, si no que debe relacionarse con el aumento observado para la clorofila tal como se ha indicado previamente. Pese a la variabilidad más aleatoria de los nitritos, es registrable una estacionalidad aunque sin una recuperación en otoño (octubre de 2006) tal como se observa para los nitratos y clorofila (figura 17-B).

### **Fosfatos**

El fósforo es un factor limitante principal debido a que su relación con los demás elementos en los seres vivos tiende a ser considerablemente superior a la que presentan estos mismos elementos en el medio natural (Hutchinson, 1957). De esta forma la concentración de fósforo en una masa de agua guarda una gran relación con la productividad de la misma.

La única forma en que se encuentra el fósforo mineral en el agua de mar es como ion fosfato que es utilizado directamente por el fitoplancton en su crecimiento. El ciclo del fósforo en el mar es rápido ya que el fósforo orgánico puede experimentar una remineralización directa por simple hidrólisis, sin intervención de las bacterias (Fraga, 1972). La velocidad de mineralización puede ser el doble que la que se da en el ciclo del nitrógeno. Al mismo tiempo, una parte del fósforo se pierde como consecuencia de la precipitación química, con lo que queda atrapado en los sedimentos y es absorbido en las arcillas. En este sentido, aunque la concentración de los fosfatos tiende a aumentar con la profundidad, este aumento es menos conspicuo que en el caso de los nitratos. Todas estas características hacen difícil la interpretación de la distribución espacial de esta variable, especialmente en campañas aisladas ya que muestra rasgos poco claros. Según estudios relativamente antiguos, el rango de variación del fósforo inorgánico en el Mediterráneo va desde valores indetectables a alrededor de  $0,4 \mu\text{mol/l}$  (Deveze, 1959; Hapgood, 1959; Ballester, 1967).

De la distribución de los fosfatos a lo largo de las cuatro campañas (figuras 18 a 21), cabe destacar las concentraciones excepcionalmente altas aparecidas a la profundidad de 5 m al noroeste y oeste de Ibiza en abril de 2006 (figura 19), donde se alcanzan los  $0,4 \mu\text{mol/l}$  en la estación 29 y más de  $0,6 \mu\text{mol/l}$  a 5 y 25 m en la estación 67. Cabe considerar estos valores no como el resultado de un proceso natural sino como un artefacto de contaminación, más probablemente debido al tráfico marítimo que a la influencia terrestre. En este sentido, hay que recordar que los detergentes y aguas residuales pueden introducir cantidades importantes de fosfatos en el mar. Otro valor destacable que superaría el rango establecido anteriormente para el Mediterráneo aparece en esta misma campaña a 50 m de profundidad al suroeste de Mallorca (estación 103) con alrededor de  $0,5 \mu\text{mol/l}$ , aunque este resulte más comprensible por hallarse en un nivel subsuperficial.

Otros valores importantes aparecen, otra vez, al noroeste de Ibiza a 50 m en octubre de 2006 (figura 21), con cantidades que superan los  $0,2 \mu\text{mol/l}$  y  $0,3 \mu\text{mol/l}$  en las estaciones 29 y 67 respectivamente. El hecho de que haya una correspondencia con los nitratos y las elevadas concentraciones de clorofila que se han observado en esta zona, sugiere que las elevadas concentraciones encontradas en este caso son el resultado de un proceso natural relacionado con la activa dinámica hidrográfica ya apuntada anteriormente para esta área.

En las concentraciones de fosfatos obtenidas a finales de septiembre de 2005 y junio de 2006 no aparecen valores destacables, aunque no resultan despreciables (figuras 18 y 20, tabla IV). La distribución espacial resulta bastante homogénea especialmente en la campaña realizada en junio. Aunque es posible detectar una cierta tendencia de esta variable a aumentar con la profundidad, ésta es muy moderada (figura 22-A). Sí resulta algo más patente la variación estacional que acompaña a la ya comentada para la clorofila, nitratos y nitritos (figura 22-B).

### **Silicatos**

Aunque el silicio no entra a formar parte de las moléculas orgánicas de los seres vivos, en algunos grupos taxonómicos es imprescindible ya que lo utilizan en la formación de sus caparazones y esqueletos. Es el caso de las diatomeas, radiolarios y silicoflagelados.

El silicio disuelto en agua de mar se encuentra esencialmente en forma de ácido ortosilícico ( $H_4SiO_4$ ). En esta forma es consumido por las diatomeas, lo que puede constituir un factor limitante para estos organismos.

La presencia de silicio en el agua de mar proviene de la disolución de sales minerales, principalmente aluminosilicatos, pero también de la degradación del silicio orgánico. La variabilidad en la concentración de los silicatos viene también determinada por los aportes desde capas profundas cuando existen fenómenos de “upwelling”, por la intensidad del consumo cuando se dan grandes proliferaciones de diatomeas, y por el escape hacia el fondo al sedimentar estos organismos. En el proceso de sedimentación, los frústulos de diatomeas van disolviéndose lentamente pero la sedimentación misma supone una vía rápida que aporta silicio a las capas profundas.

Los silicatos presentan una distribución espacial notablemente homogénea con valores moderados o relativamente bajos en las campañas realizadas a finales de septiembre de 2005 y en junio de 2006 (figuras 23 y 25). Hay más heterogeneidad en abril y octubre de 2006. En abril (figura 24) es posible encontrar concentraciones que se acercan a los 2  $\mu\text{mol/l}$  al noroeste de Ibiza (estación 67) y superan los 2,5  $\mu\text{mol/l}$  al suroeste de Mallorca (estación 103). Más altas son todavía las concentraciones encontradas al noroeste de Ibiza en octubre, superándose los 3  $\mu\text{mol/l}$  en las estaciones 67 y 29. Una vez más cabe relacionar este fenómeno con una mayor actividad hidrográfica en estas zonas. Los valores son más moderados al sureste y noreste de Mallorca y en Menorca en estas dos campañas.

El aumento de los silicatos con la profundidad queda patente especialmente si nos referimos al estrato de 50 m (figura 27-A). La figura 27-B, que tiene en cuenta el valor de la mediana, no muestra una estacionalidad del mismo tipo que la comentada para las otras variables. Ello es debido a la relativamente alta heterogeneidad observada, comentada antes. Si se tiene en cuenta el valor de la media (tabla V), se observa un ligero incremento en abril.

## RELACIÓN CON ESTUDIOS ANTERIORES REALIZADOS EN LA ZONA Y PROXIMIDADES

Tal como se ha indicado antes, las aguas de la plataforma y talud del Mar Balear participan en gran medida de las propiedades que definen la región oceánica, acercándonos al carácter nerítico sólo en zonas muy costeras y especialmente hacia el interior de las bahías y en las proximidades de las áreas portuarias. Por tanto, los datos del presente estudio, cuyo resumen estadístico aparece en las tablas I a V, pueden ser comparados considerando siempre exclusivamente el estrato superficial de 0 a 50 m con otros estudios realizados anteriormente, tanto en áreas oceánicas como neríticas del Mar Balear.

Así, el rango de variación de los valores obtenidos tanto para la clorofila *a* como para los nutrientes en el presente estudio, no se desvía, en líneas generales, con lo encontrado en anteriores proyectos y estudios, dejando aparte estaciones muy próximas a la costa o situadas en puertos. Entre estos trabajos anteriores puede citarse la Red de Observación Marina de Balears (ROM-B) llevada a cabo por el COB-IEO entre los años 1978 y 1979 en estaciones costeras y oceánicas del Mar Balear y cuyos resultados, en relación con la clorofila y nutrientes, aparecen resumidos en Chacártegui (1980).

Estudios más detallados en zonas concretas, como la bahía de Pollensa (Ferrá *et al*, 1989), Alcudia (Informe Final a la Conselleria d'Obres Públiques i Ordenació del Territori, 1992) y bahía de Palma (Jansá *et al*, 1994) se han realizado posteriormente. Resultados de los muestreos continuados en el tiempo llevados a cabo en aguas abiertas de plataforma y talud al SW de Mallorca y que incluyen las variables estudiadas aparecen reflejados en Fernández de Puellas *et al* (1997, 1998, 2001).

En relación a estudios oceánicos de gran amplitud, que abarcan todo o gran parte del Mar Balear, cabe citar las campañas "Balears" realizadas a cargo del proyecto "Oceanografía y explotación pesquera (pelágicos) en el archipiélago Balear" (Informe Final, 1989), y las campañas realizadas dentro del proyecto TUNIBAL que incluyen igualmente datos de clorofila y nutrientes (Jansá *et al*, 2004 y Aparicio *et al*, 2004).

En el canal de Ibiza (Jansá *et al*, 1998) y posteriormente en los canales de Ibiza y de Mallorca se han venido realizando muestreos de fluorescencia, clorofila y nutrientes con regularidad estacional en el marco de los proyectos CANALES, CIRBAL y últimamente ECOCIRBAL que continúa en la actualidad (datos inéditos). Parte de estos datos, especialmente de estos últimos proyectos, han sido transferidos para el proyecto de un atlas mediterráneo que abarca las principales variables oceanográficas incluida la clorofila y los nutrientes inorgánicos (MEDAR/MEDATLAS).

## REFERENCIAS

- 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. Strickland. 1967. The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Technicon autoanalyzer and associated equipment. *Deep Sea Research*, 14: 381-389.
- Ballester, A., Arias, E., Cruzado, A., Blasco, D., y M. Vamps. 1967. Estudio hidrográfico de la Costa Catalana de junio de 1965 a mayo de 1967. *Inv. Pesq.*, 31: 621-662.
- Deveze, L. 1959. Cycle biologique des eaux et écologie des populations planctoniques. *Bull. Est. Mar. Endoume.*, 15 :1-120.
- Fernández de Puellas, M.L., Jansá, J., Gomis, D., y B. Amengual. 1997. Variación anual de las principales variables oceanográficas y planctónicas en una estación nerítica del mar Balear. *Bol Inst. Esp. Oceanogr.*, 13(1y2): 13-33.
- Fernández de Puellas, M.L., Jansá, J., Morillas, A., and L. Vicente. 1998. Spatial and Seasonal variability of the zooplankton in the Balearic Sea. *Rapp. Comm. Mer Médit.*, 35: 430.
- Fernández de Puellas, M.L., Jansá, J. and L. Vicente. 2001. Temporal plankton Variability in a neritic area of the Balearic Sea, W. Med. (1994-2000). *Rapp. Comm. Mer Médit.*, 36: 264.
- Ferrá, J.L., Picornell, M.R. y M. Ramis. 1989. Investigación de los factores determinantes de la turbidez en las aguas del puerto de Pollença: Dinámica de las características físico-químicas, biológicas y sedimentológicas. *Govern Balear. Conselleria de Sanitat i Seguretat Social*, 242pp.
- Fraga, F. 1972. El agua marina. *En: Ecología Marina* (Ed. Fundación La Salle), pp: 67-99.
- Hapgood, W. 1959. Hydrographic observations in the Bay of Naples january 1957-january 1958. *Pubbl. Staz. Zoo. Napoli.*, 31: 337-371.
- Holm-Hansen, O. and C.J. Lorenzen, R.W. Holmes and J.D.H. Strickland. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *ICES, Journal du Conseil*, 30: 3-15.
- Hutchinson, G.E. (1957). A Treatise on Limnology. In: *Geography Physics an Chemistry*. John Wiley & Sons. New York. 1015 pp.
- Jansá, J., Fernández de Puellas, M.L., López-Jurado, J.L., Amengual, B. y A. Morillas. 1994. Variación anual e interanual de los factores físico-químico-biológicos generales del medio pelágico de la bahía de Palma (Islas Baleares, España) desde Mayo de 1988 hasta Mayo de 1992. *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 84pp.

- Jansá, J., López-Jurado, J.L., Morillas, A. y B. Amengual. 1998. Seasonal and mesoscale variability of biological and chemical parameters related to the Ibiza Channel (western Mediterranean). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 14(1y2): 31-47.
- Jansá, J., Aparicio, A, Valencia, J. y B. Amengual. 2004. Máximos de clorofila fitopláctónica en la época cálida del mar Balear. *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*, 232.
- Las medusas de las Islas Baleares. Informe final a la Conselleria d'Obres Públiques i ordenació del Territori. Direcció General de Medi Ambient. 1992. Instituto de Estudios Avanzados de las islas Baleares. CSIC & UIB. Centro Oceanográfico de Baleares. IEO. Universitat de les Illes Balears. 280 pp.
- Lind, O.T. (1979). *Handbook of common methods in Limnology*. 2<sup>nd</sup>. E. C.V. Mosby Co. St. Louis. London. XI. 199 pp.
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona. 951 pp.
- Margalef, R. (1989). Introducción al Mediterráneo. En: *El Mediterráneo Occidental*. Ed. Omega. Barcelona. pp 1-17.
- MEDAR/MEDATLAS. Mediterranean Data Archaeology and Rescue. 2001. Preliminary results.
- Oceanografía y Explotación Pesquera (pelágicos) en el archipiélago Balear. Informe final. 1989. Instituto de Estudios Avanzados de las Islas Baleares. Instituto Español de Oceanografía, Universitat de les illes Balears. Instituto de Ciencias del Mar. 455pp.
- Strickland, J.D., T.R. Parsons. (1972). A Practical Handbook of Seawater Analysis. 2<sup>nd</sup> edition. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 167: 1-310.
- Treguer, P. et P. Le Corre. 1975. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'autoanalyzer II Technicon). Laboratoire d'Océanologie Chimique, Université de Bretagne Occidentale. Brest. 110 pp.
- Vaccaro, R.F. and J. H. Ryther. (1960). J. Conseil, 25: 260-271,. En: *Ecología Marina*. (Ed. Fundación La Salle), pp: 86, 516.

# Mapa de estaciones

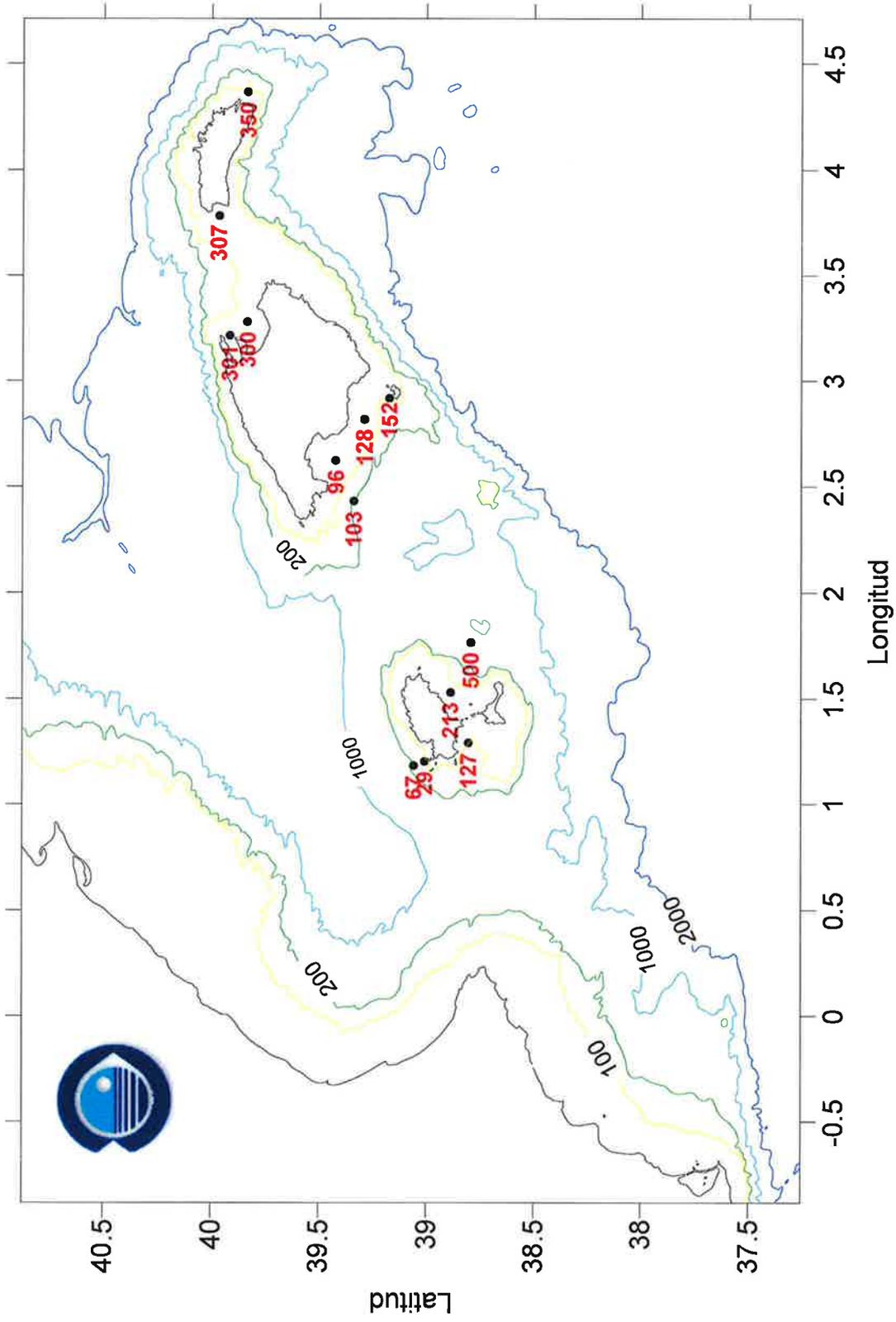


Figura 1

# Clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ ) - Mar Balear Sept-Oct 2005

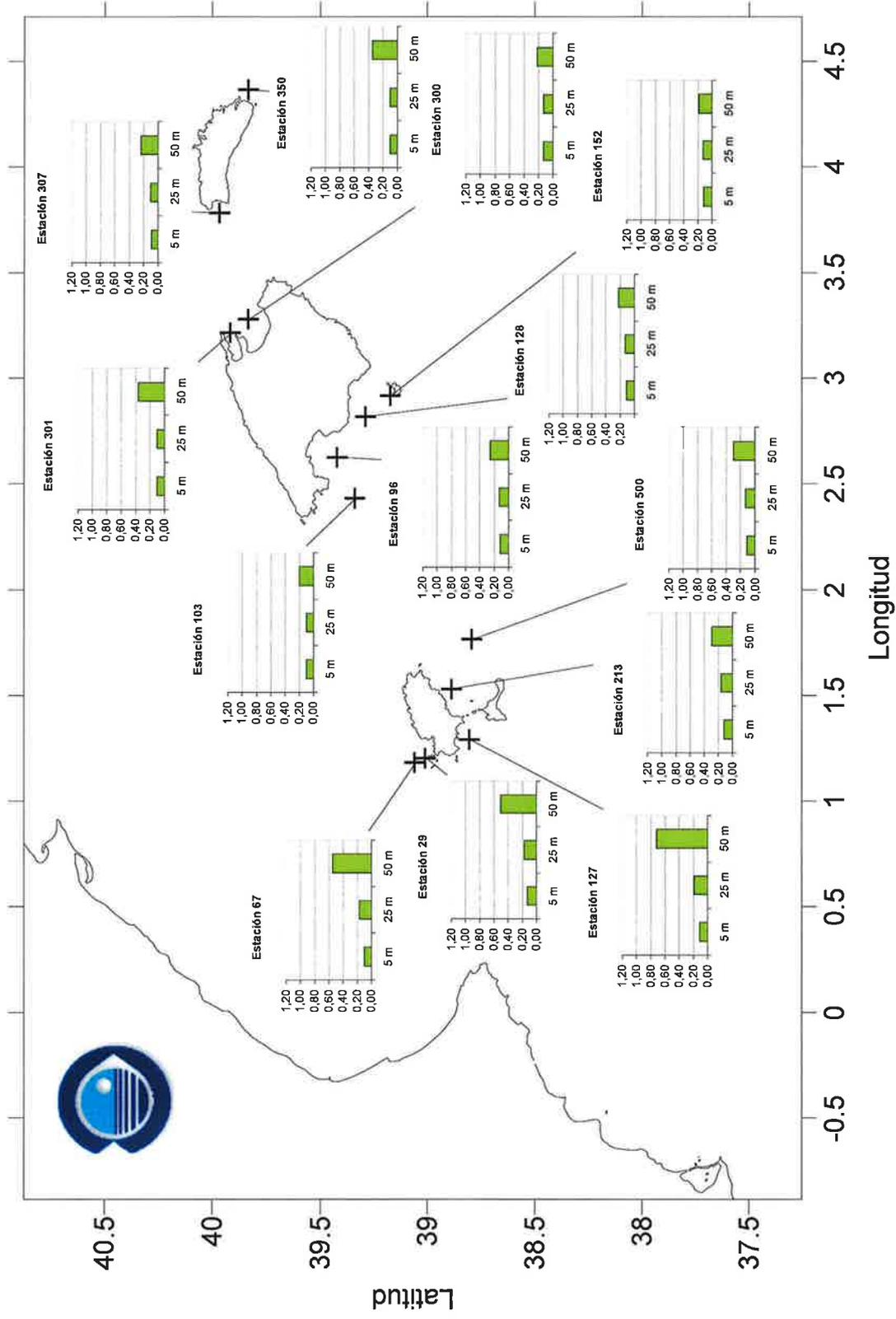


Figura 2

# Clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ ) - Mar Balear April 2006

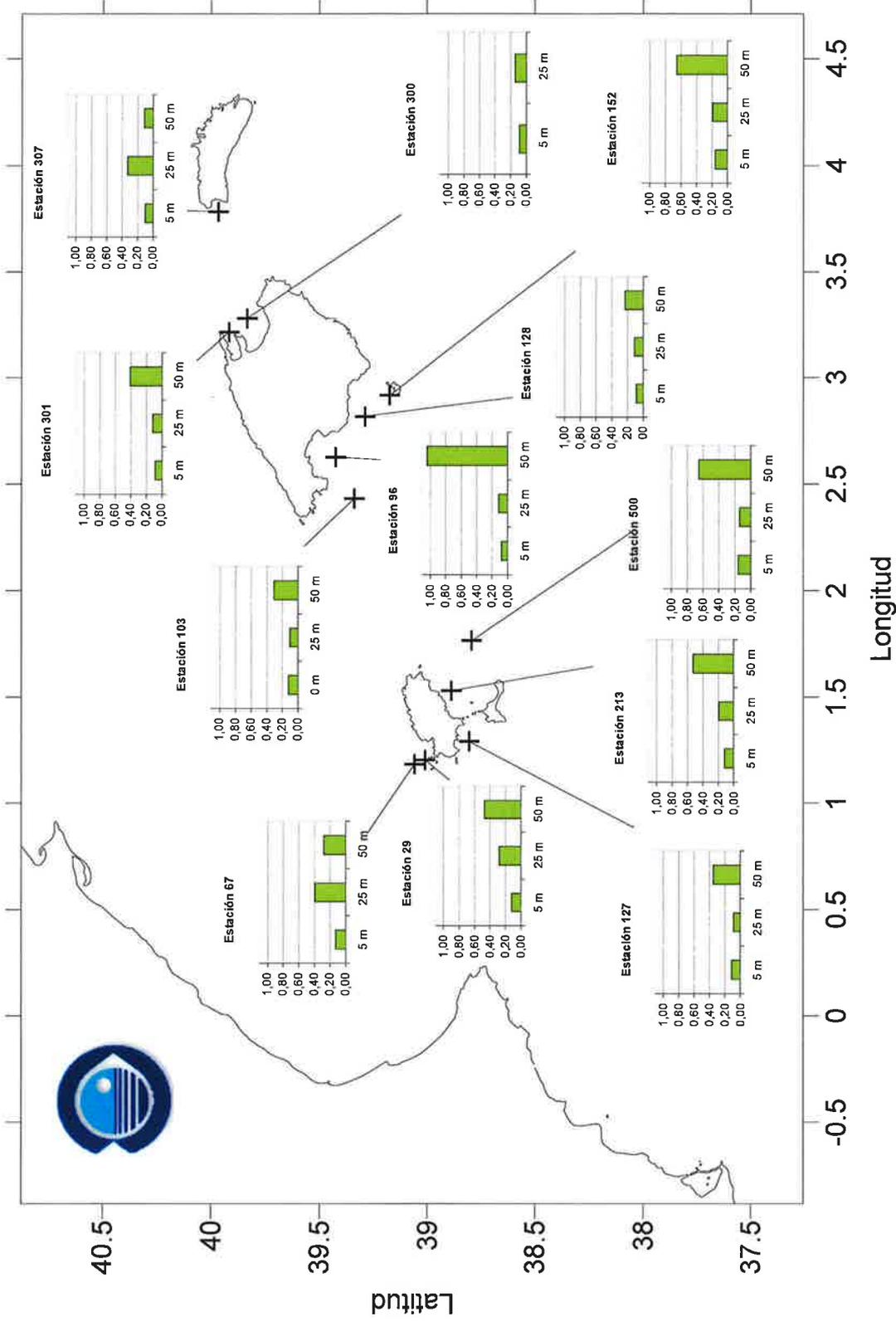


Figura 3

# Clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ ) - Mar Balear Junio - Julio 2006

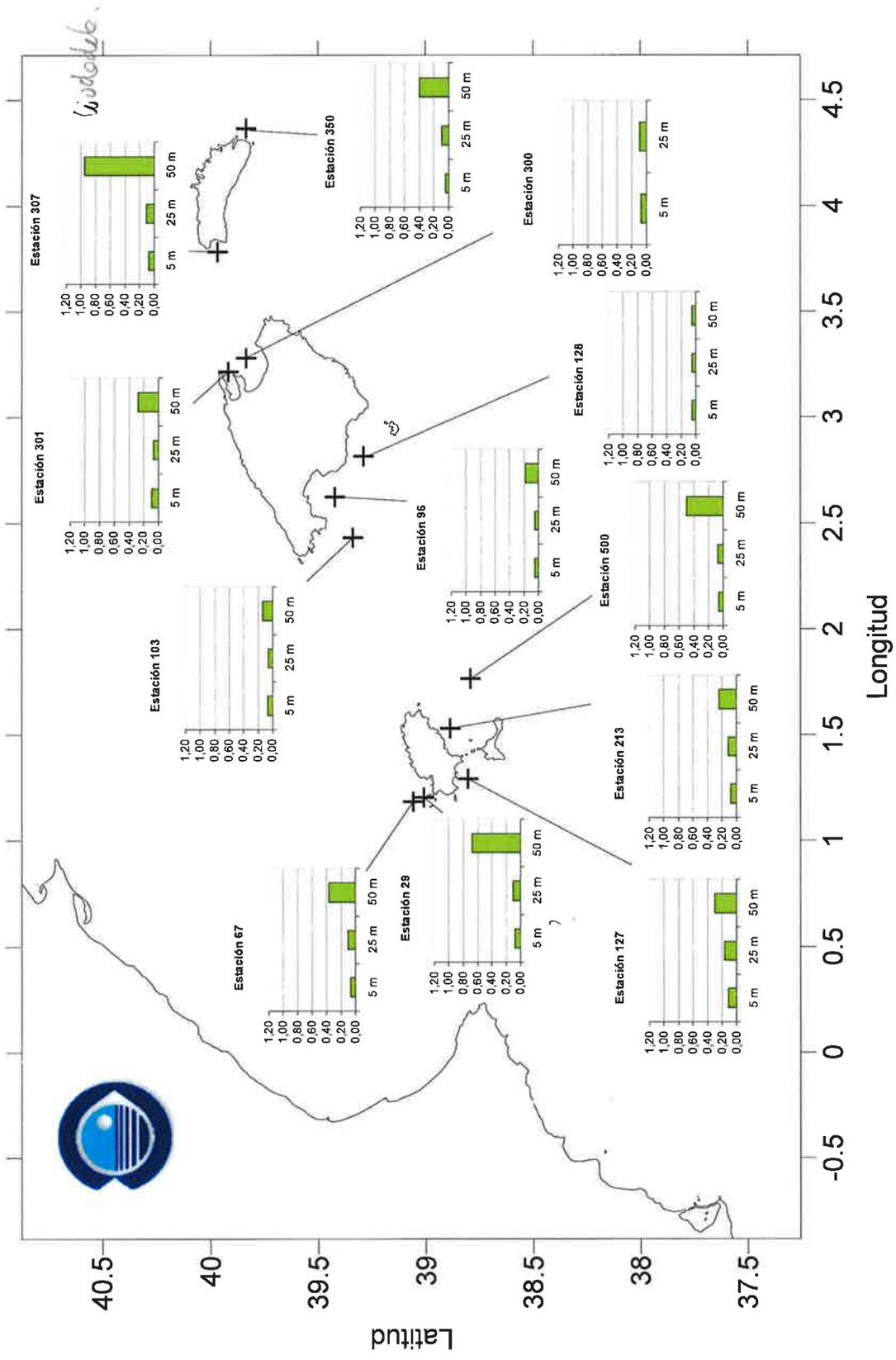


Figura 4

# Clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ ) - Mar Balear Octubre 2006

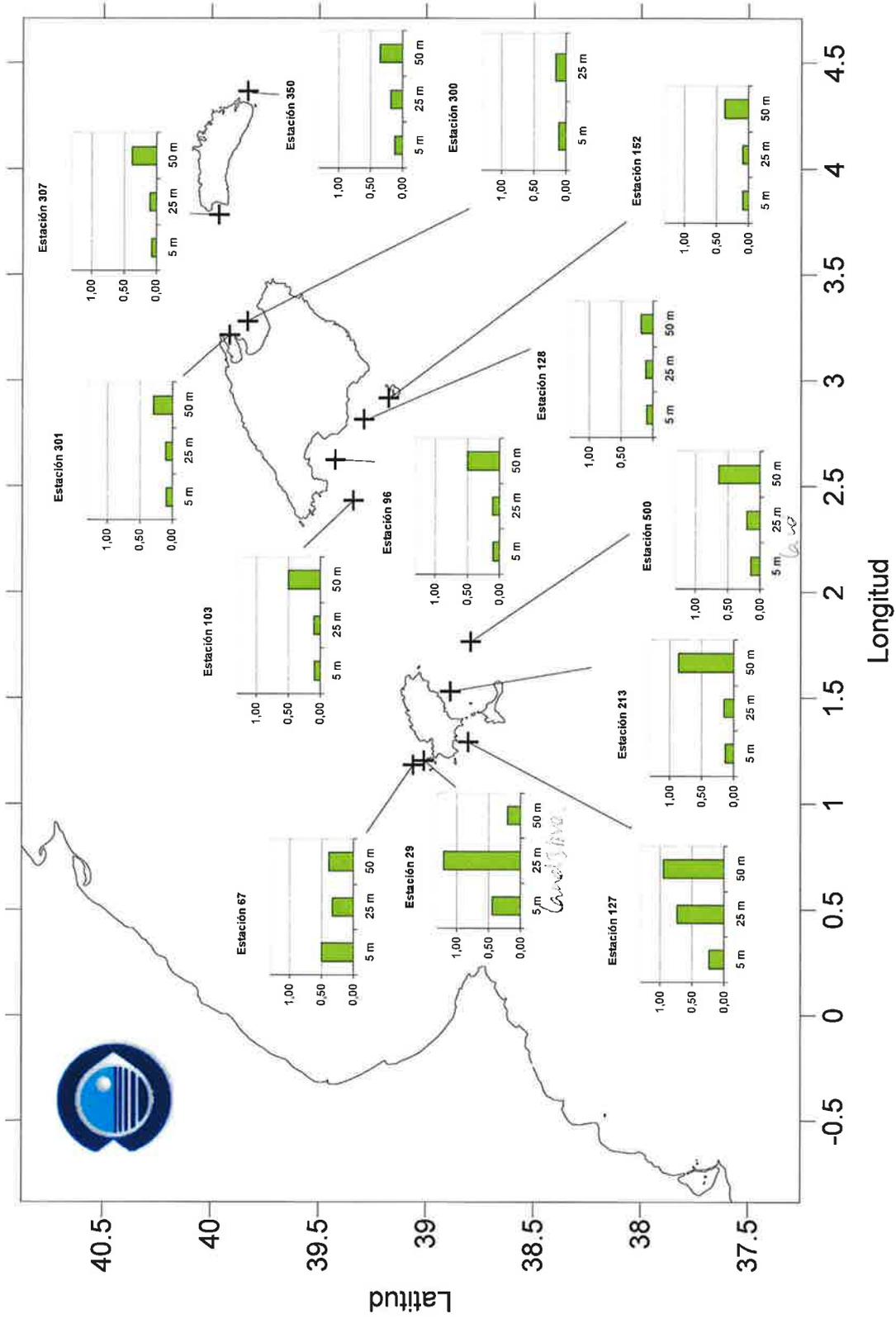


Figura 5

# Clorofila a en el máx de fluorescencia - Mar Balear Octubre 2006

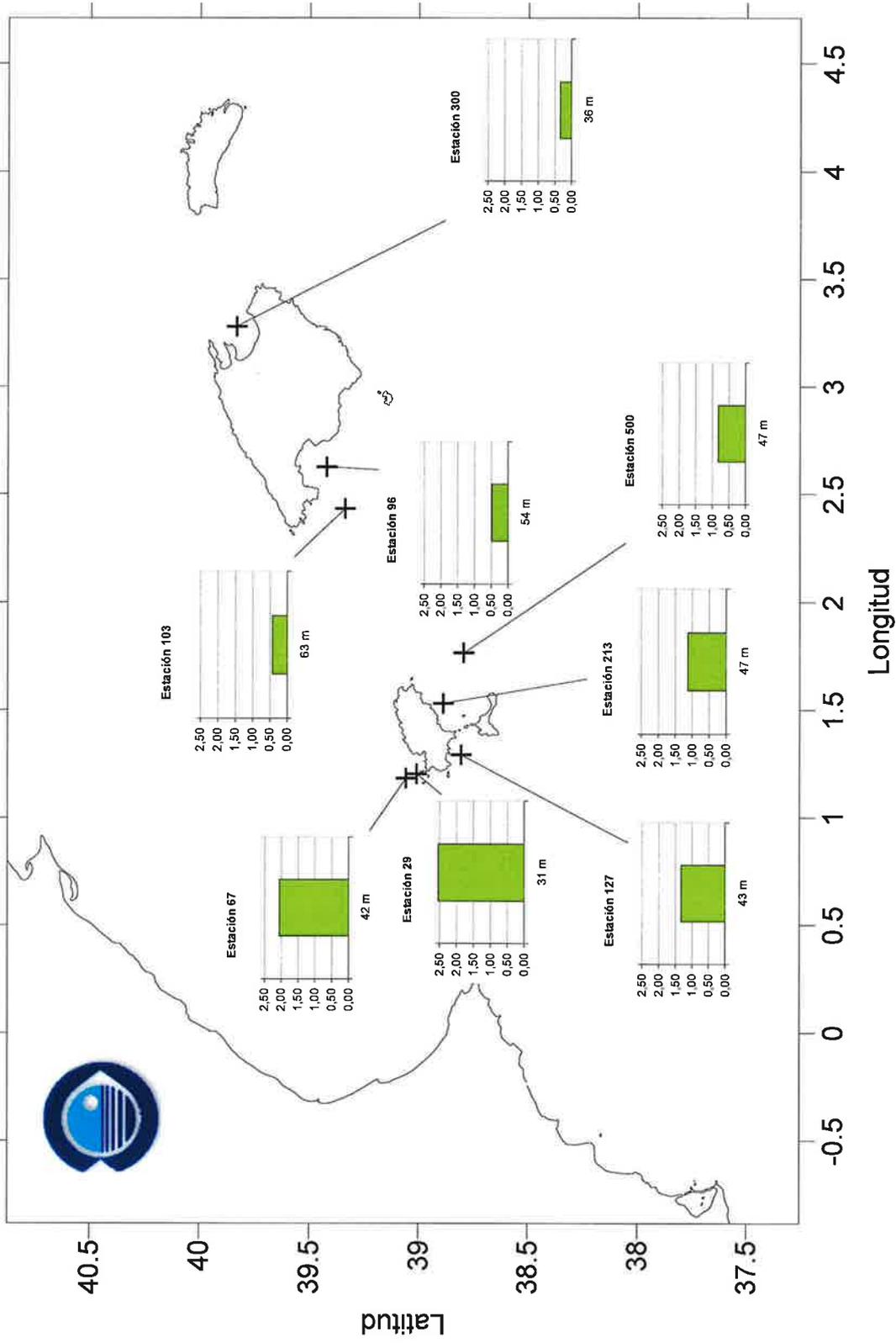


Figura 6

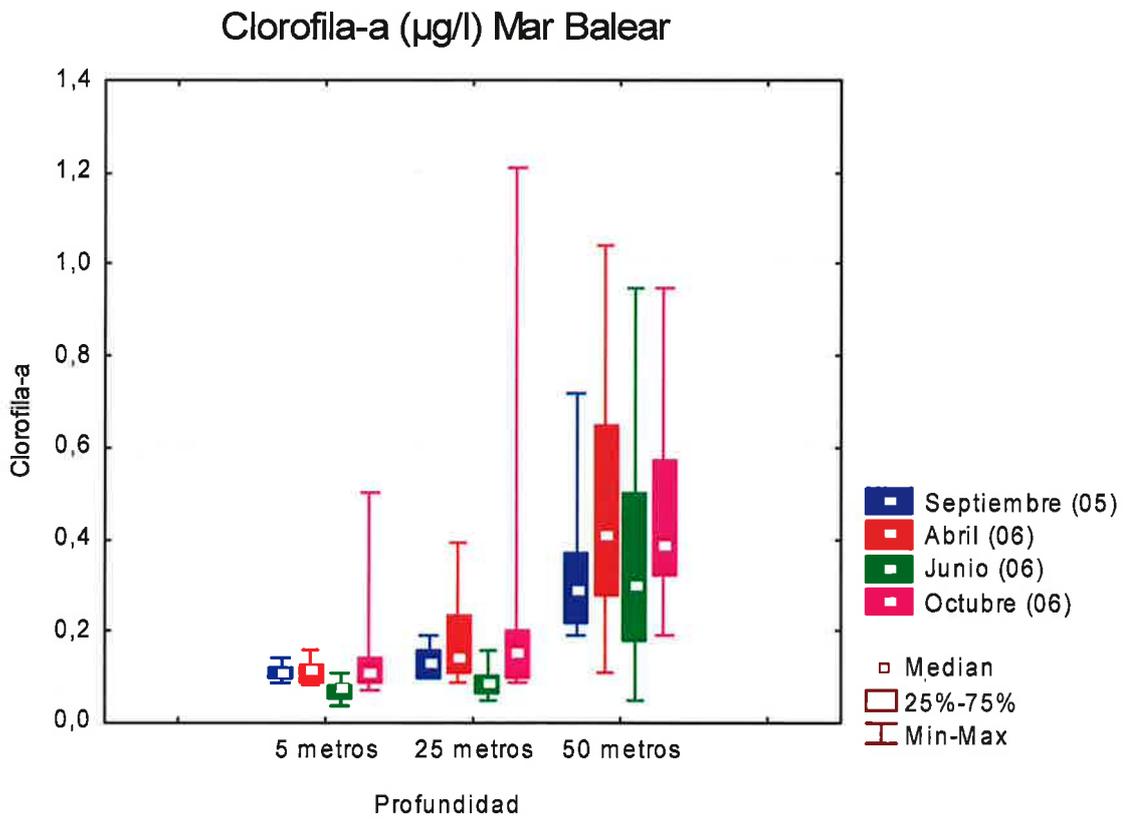


Figura 7-A

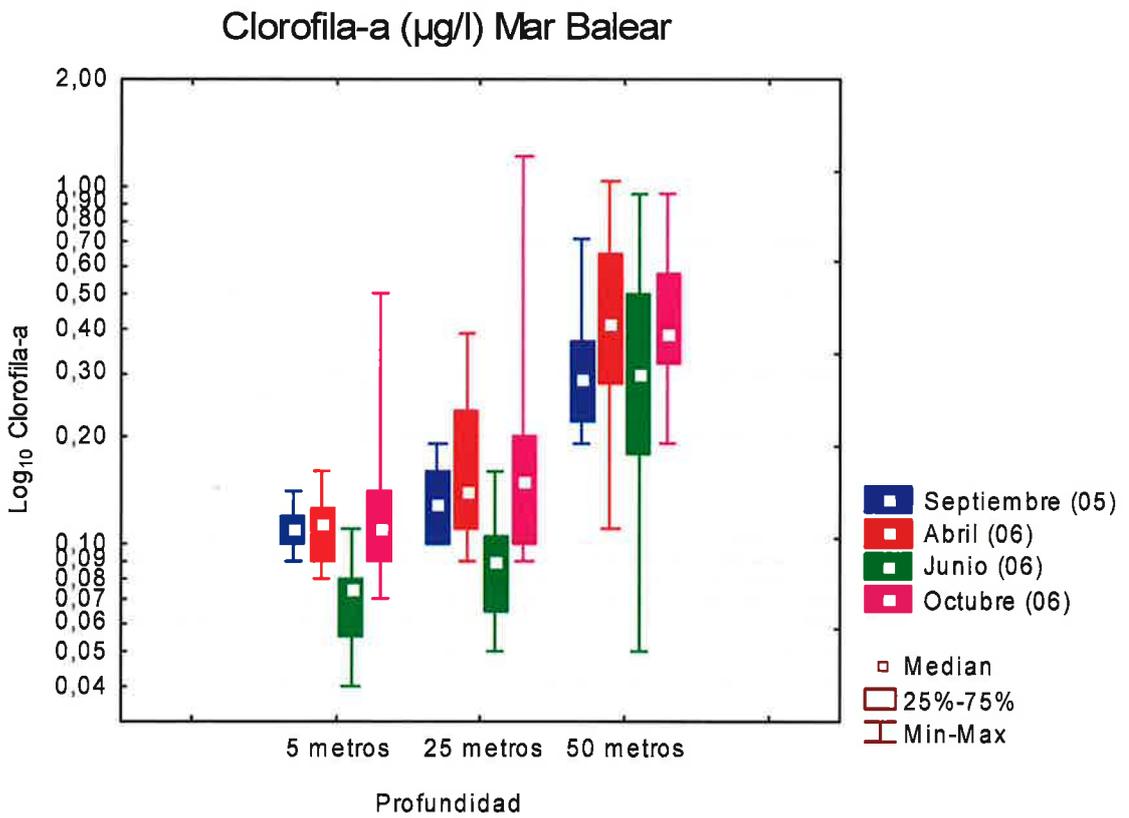


Figura 7-B

# Nitratos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Sept-Oct 2005

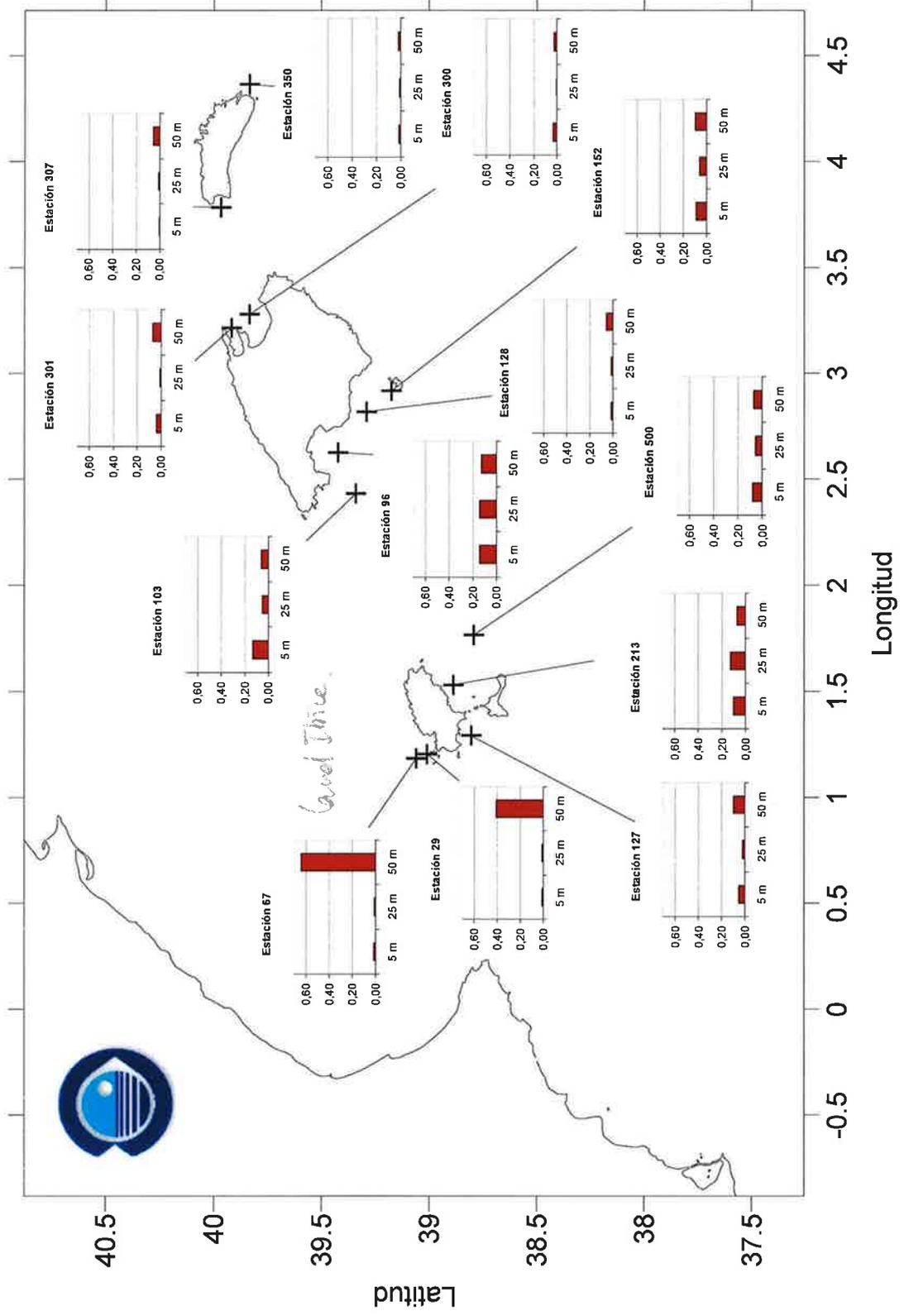


Figura 8

# Nitratos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Junio - Julio 2006

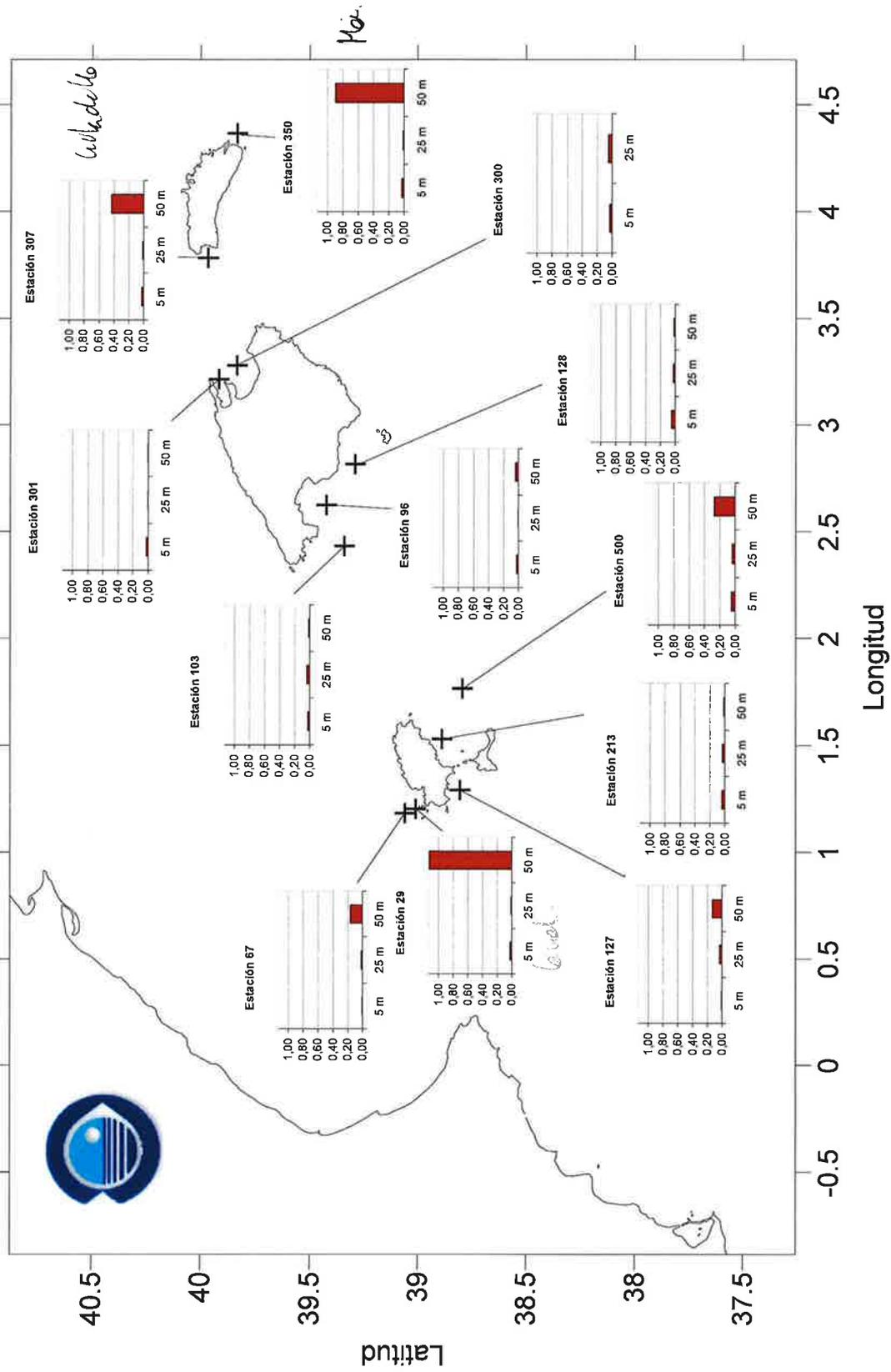


Figura 10

# Nitratos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear April 2006

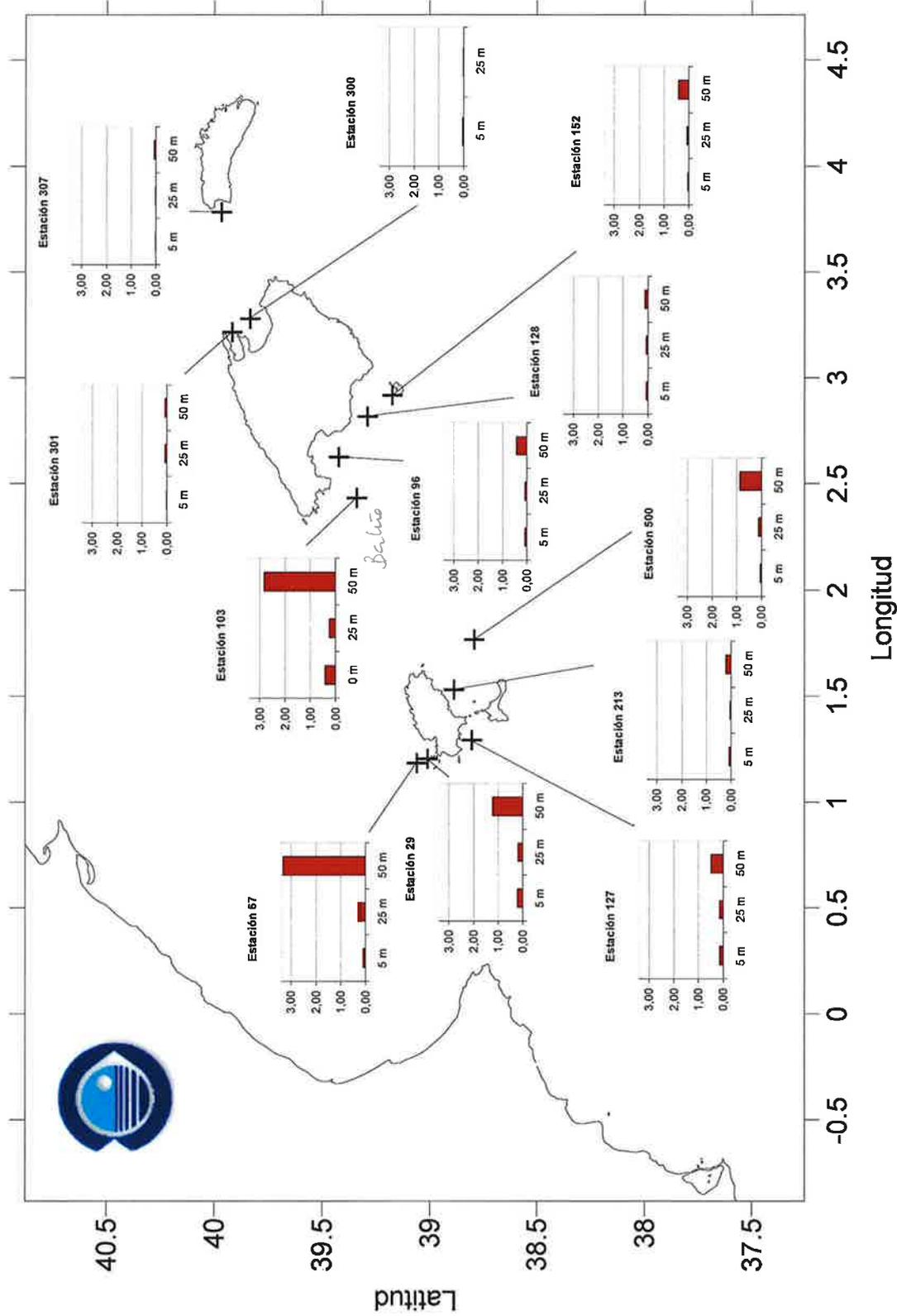


Figura 9

# Nitratos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Octubre 2006

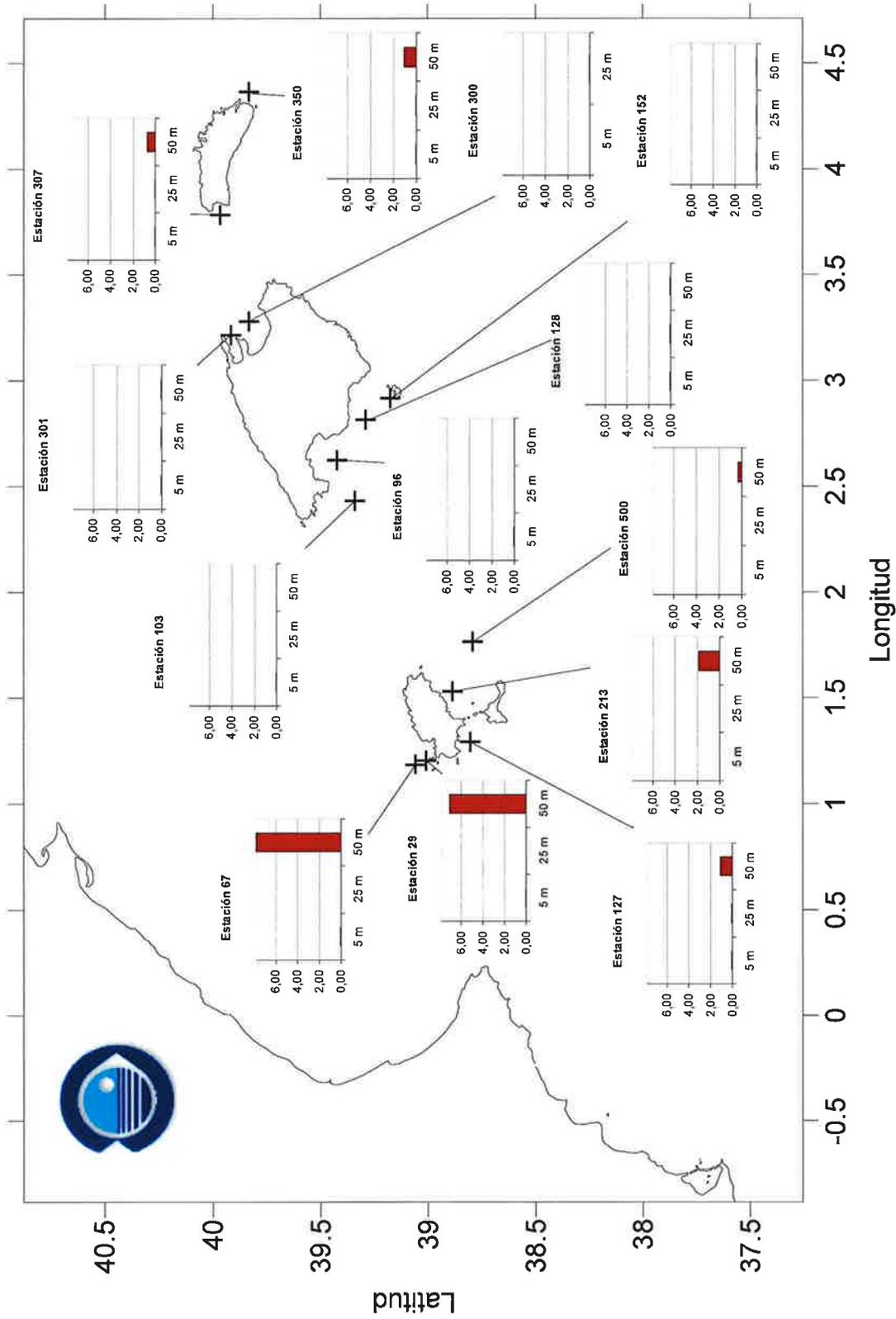


Figura 11

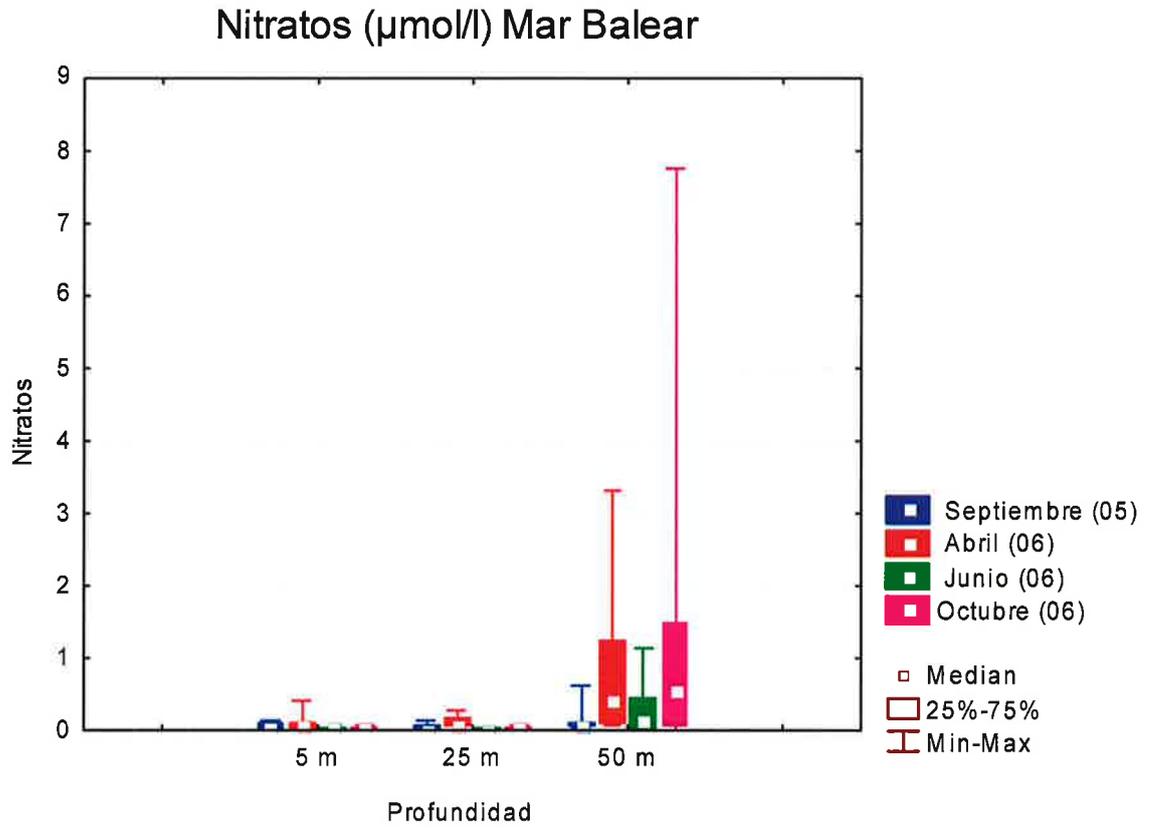


Figura 12-A

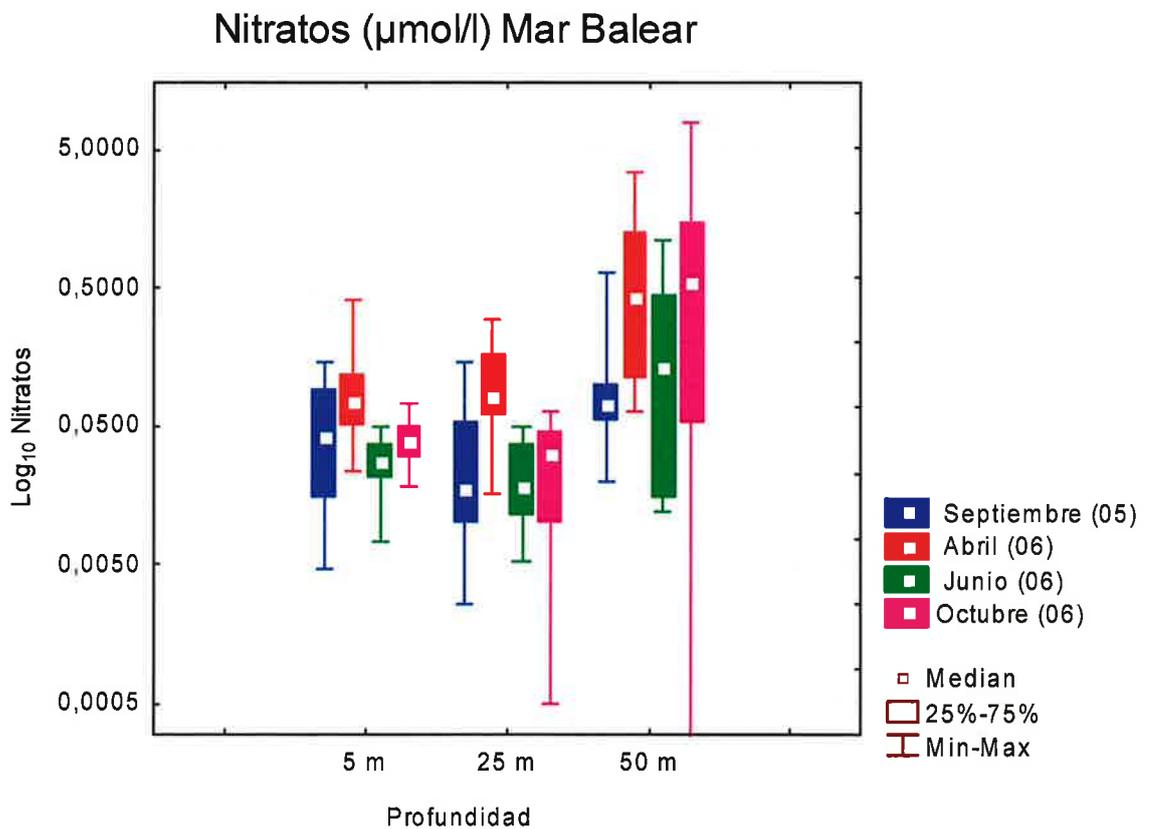


Figura 12-B

# Nitritos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Sept-Oct 2005

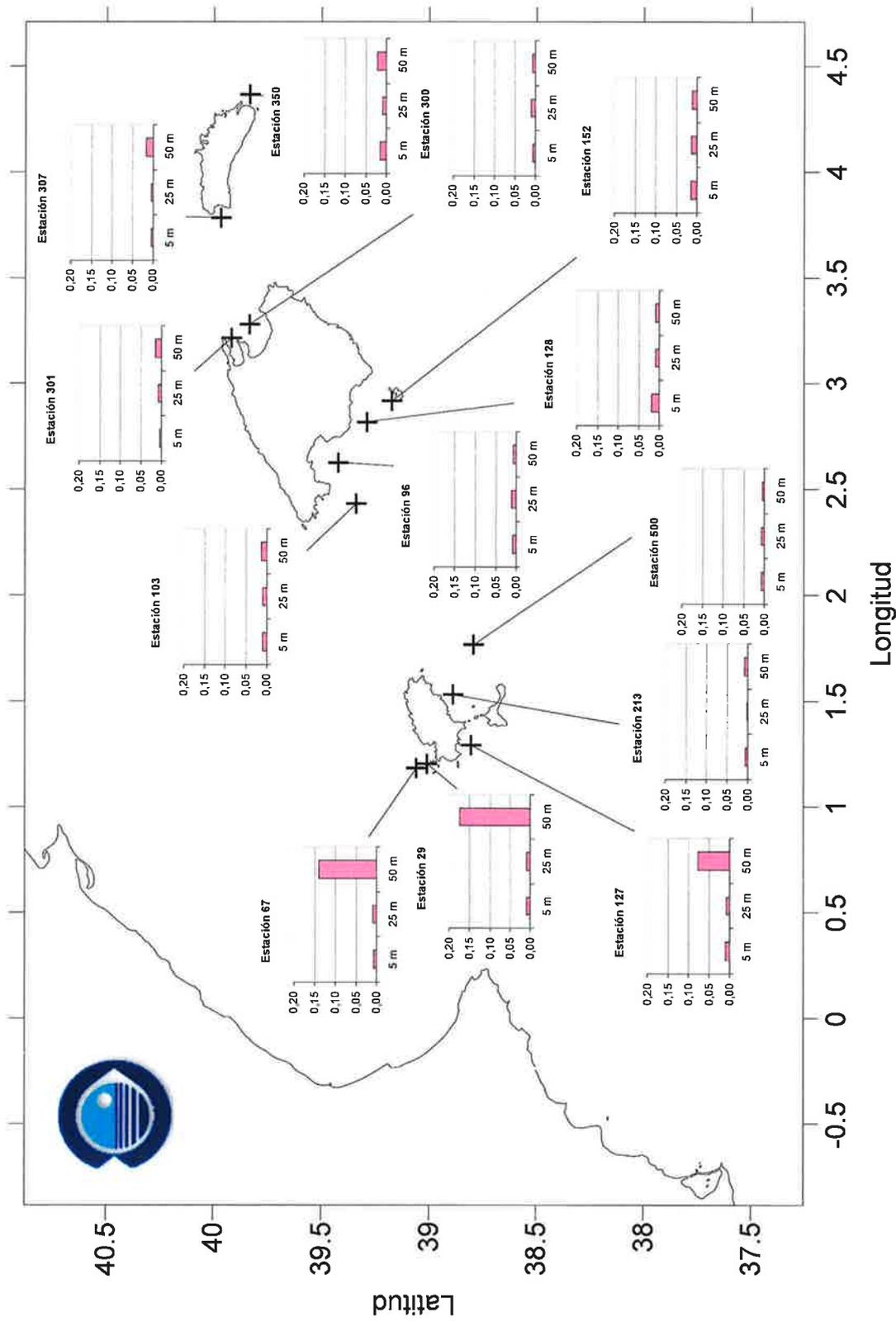


Figura 13

# Nitritos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear April 2006

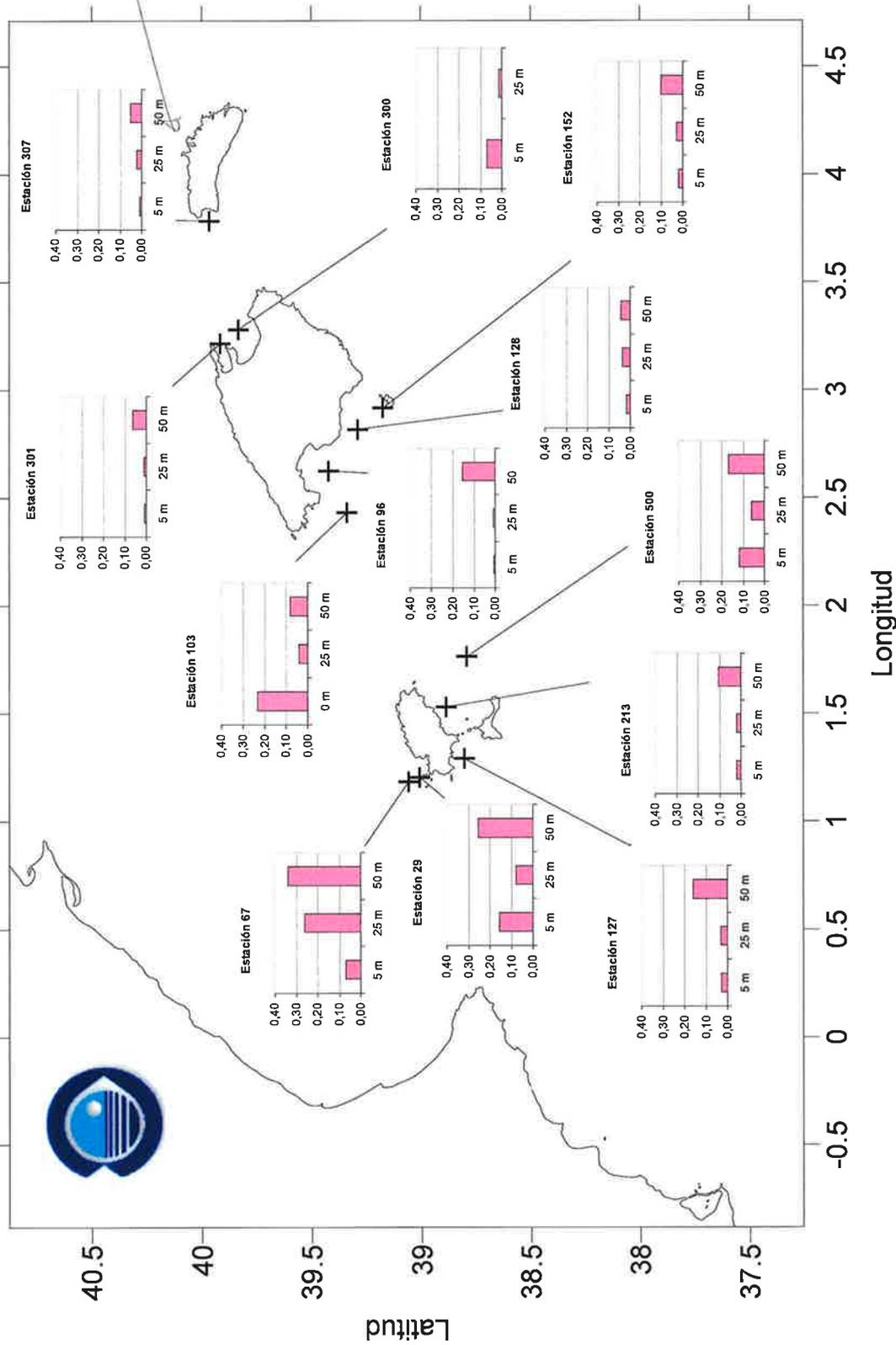


Figura 14

# Nitritos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Junio - Julio 2006

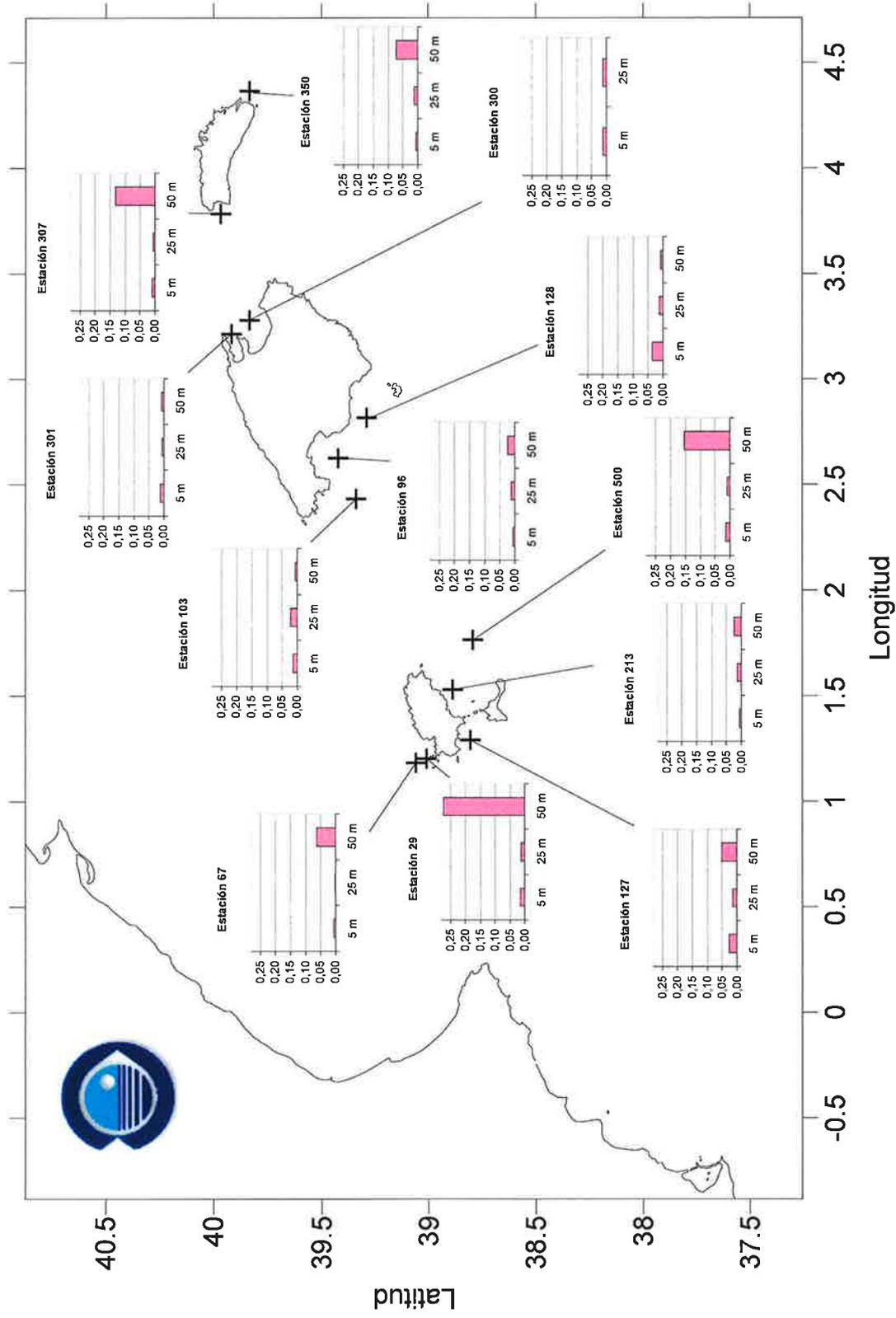


Figura 15

# Nitritos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Octubre 2006

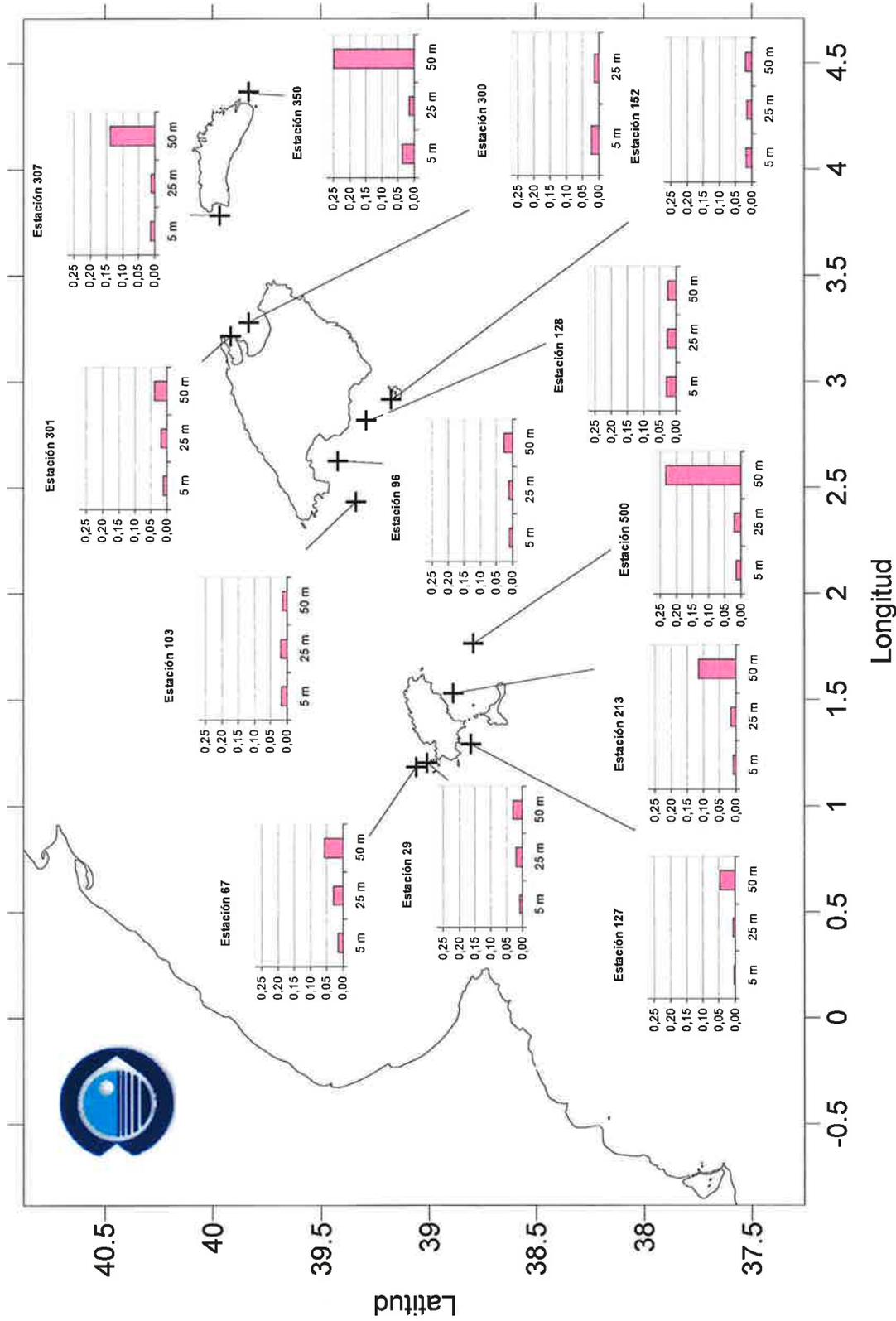


Figura 16

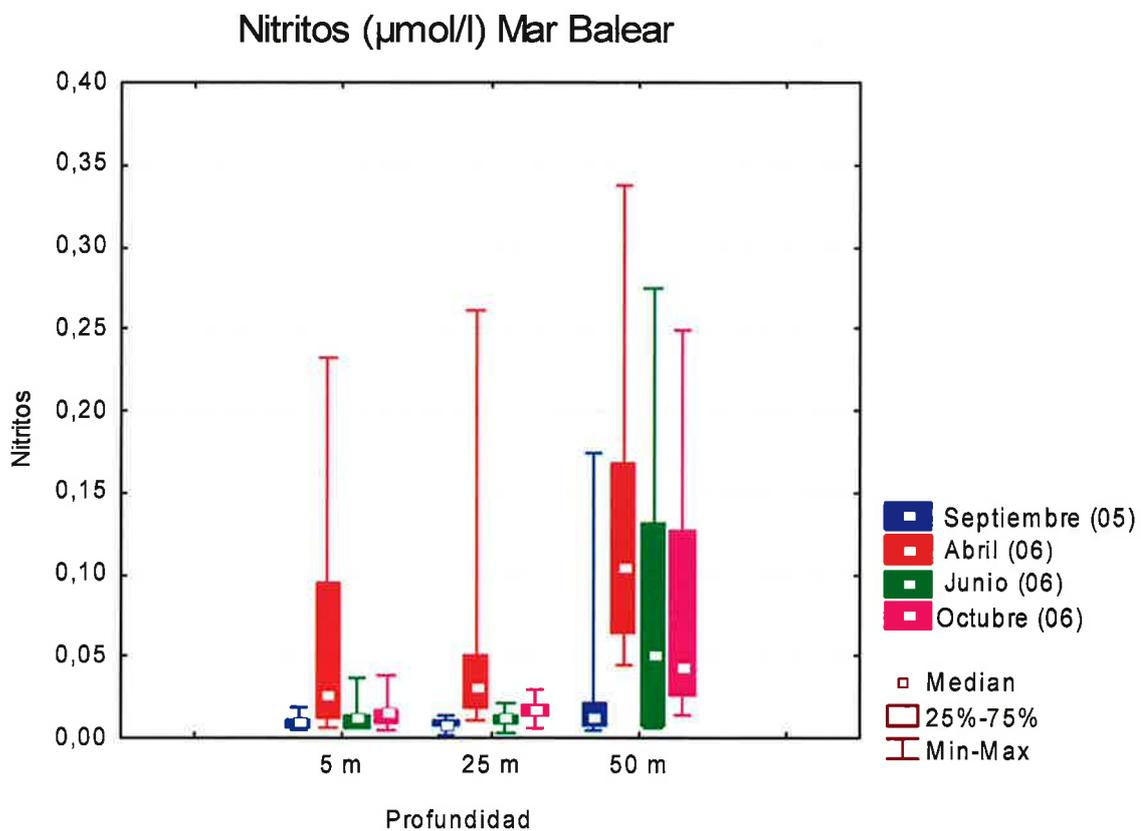


Figura 17-A

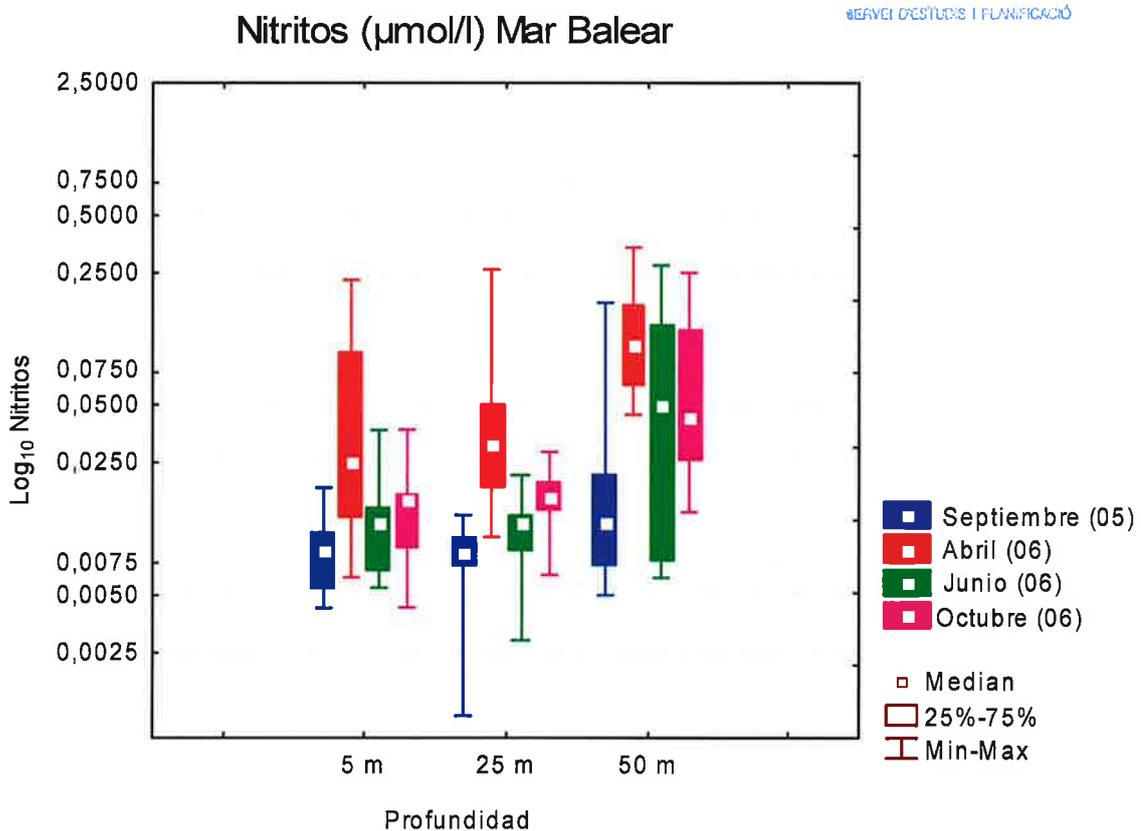


Figura 17-B

# Fosfatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Sept-Oct 2005

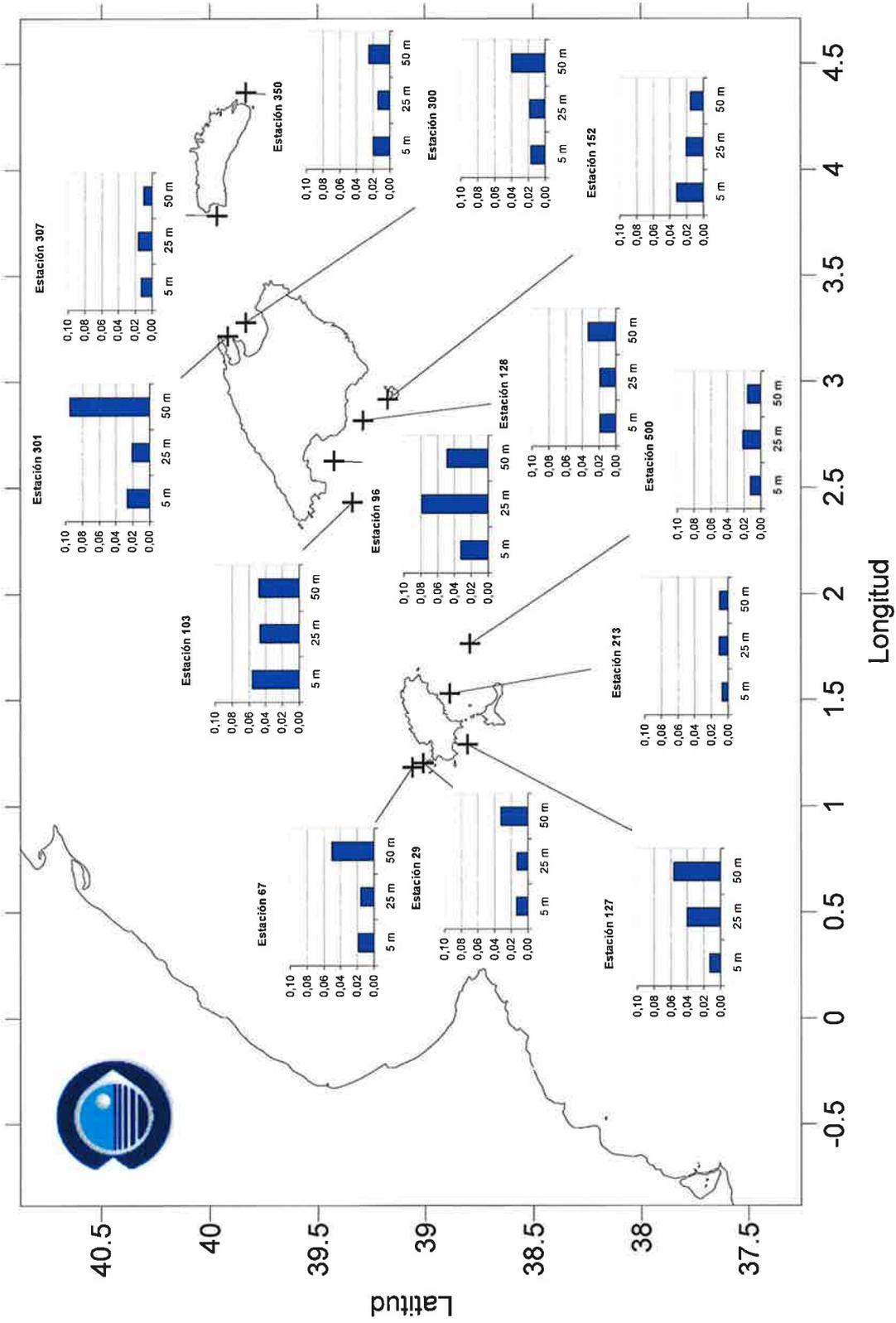


Figura 18

# Fosfatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear April 2006

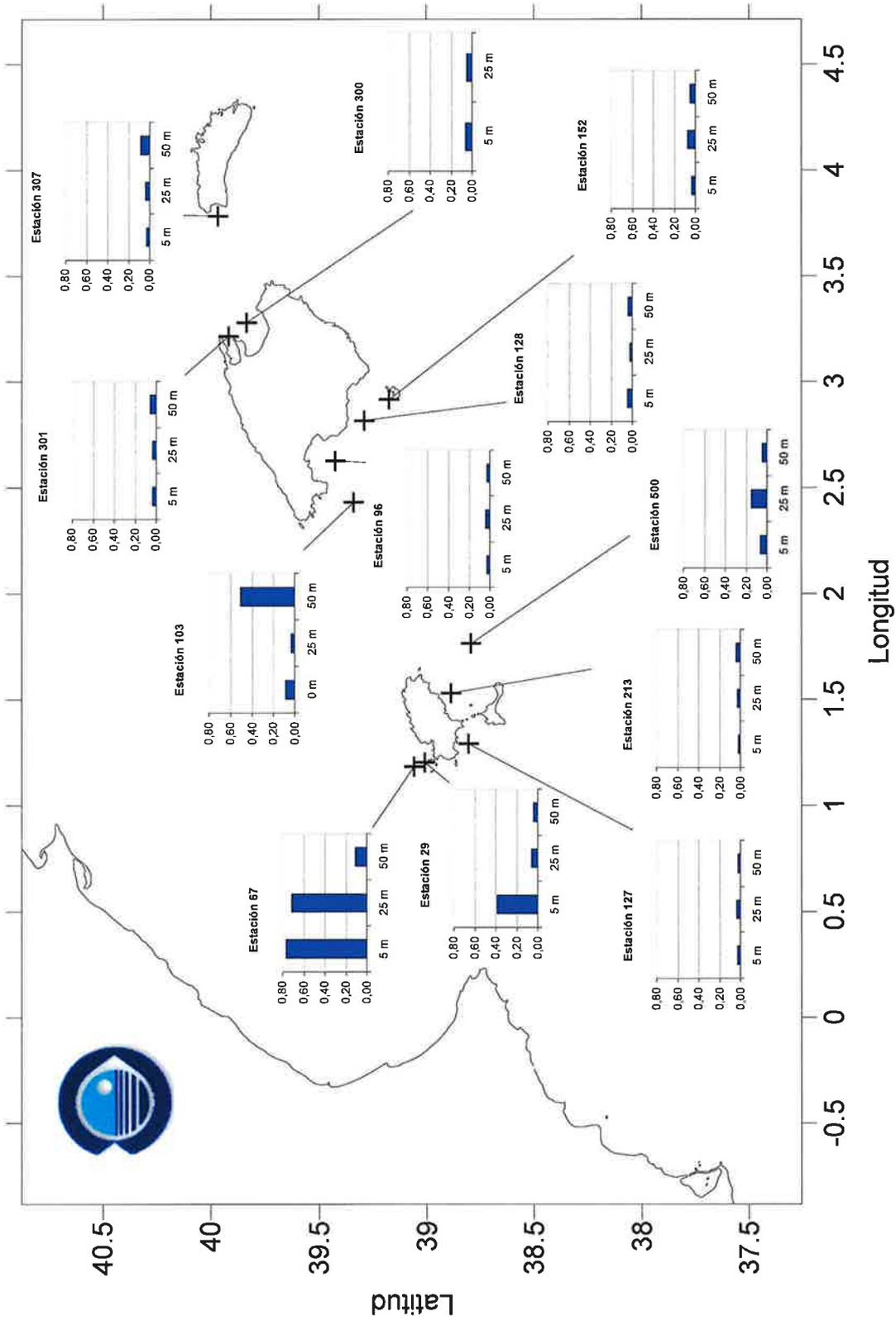


Figura 19

# Fosfatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Junio - Julio 2006

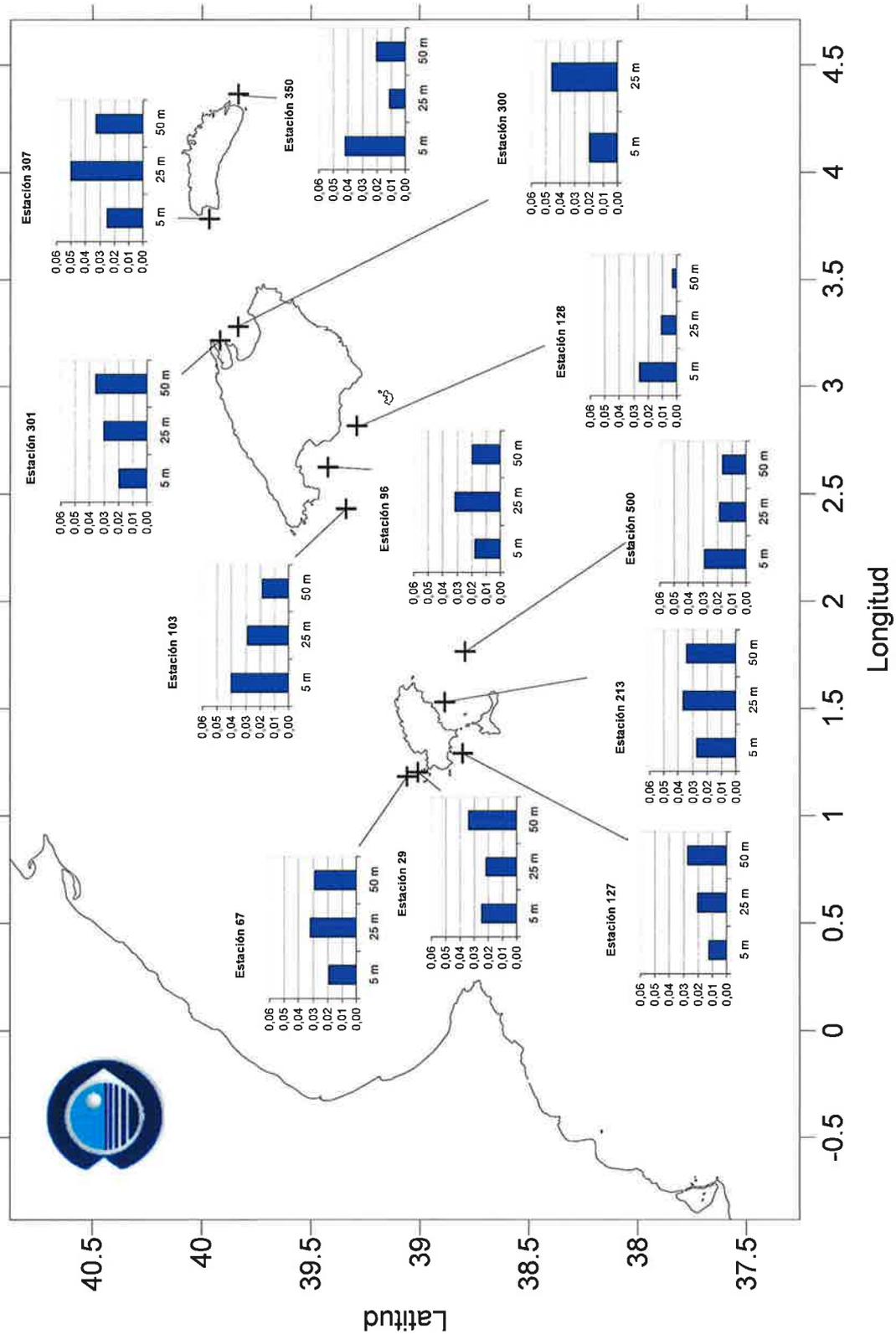


Figura 20

# Fosfatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Octubre 2006

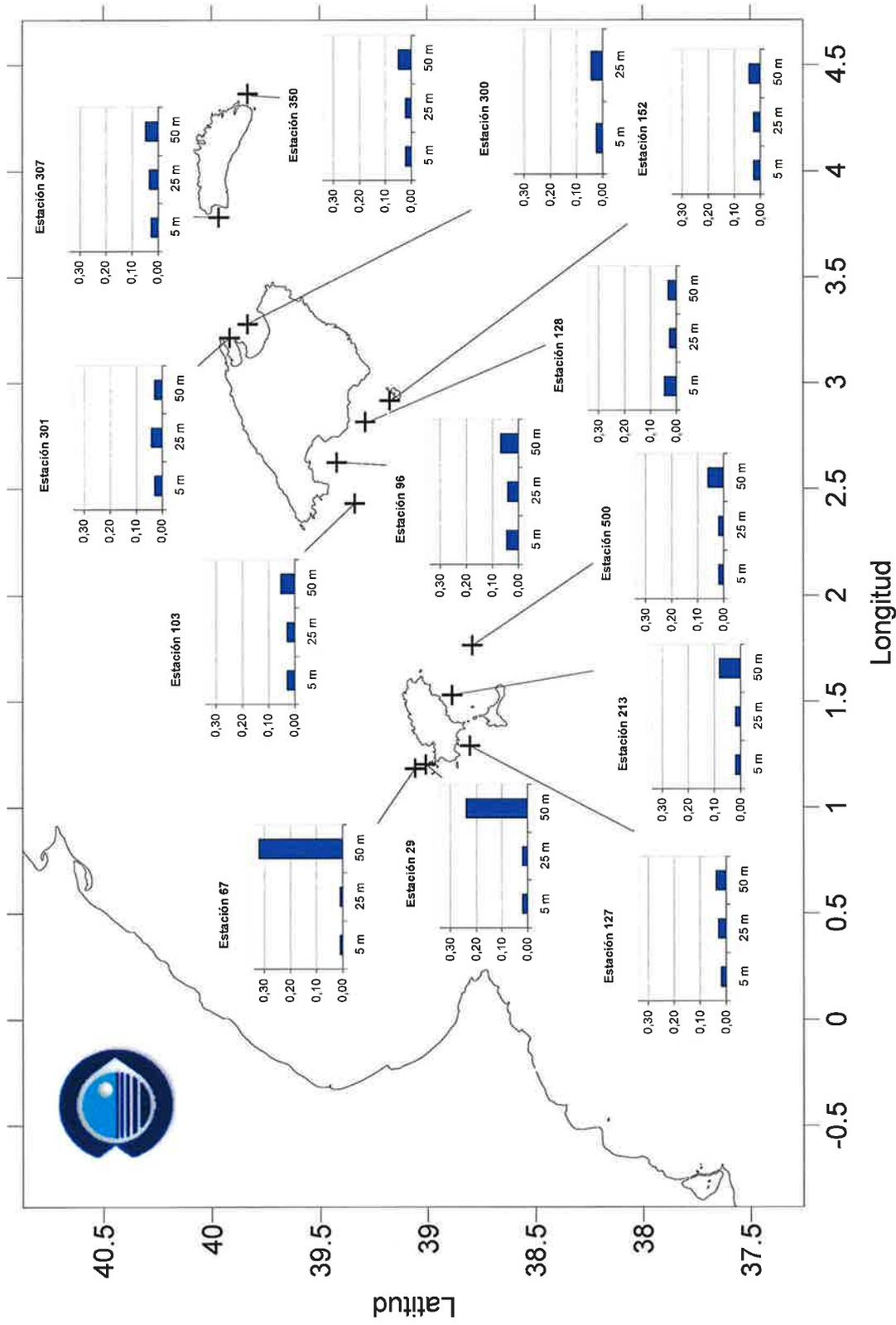


Figura 21

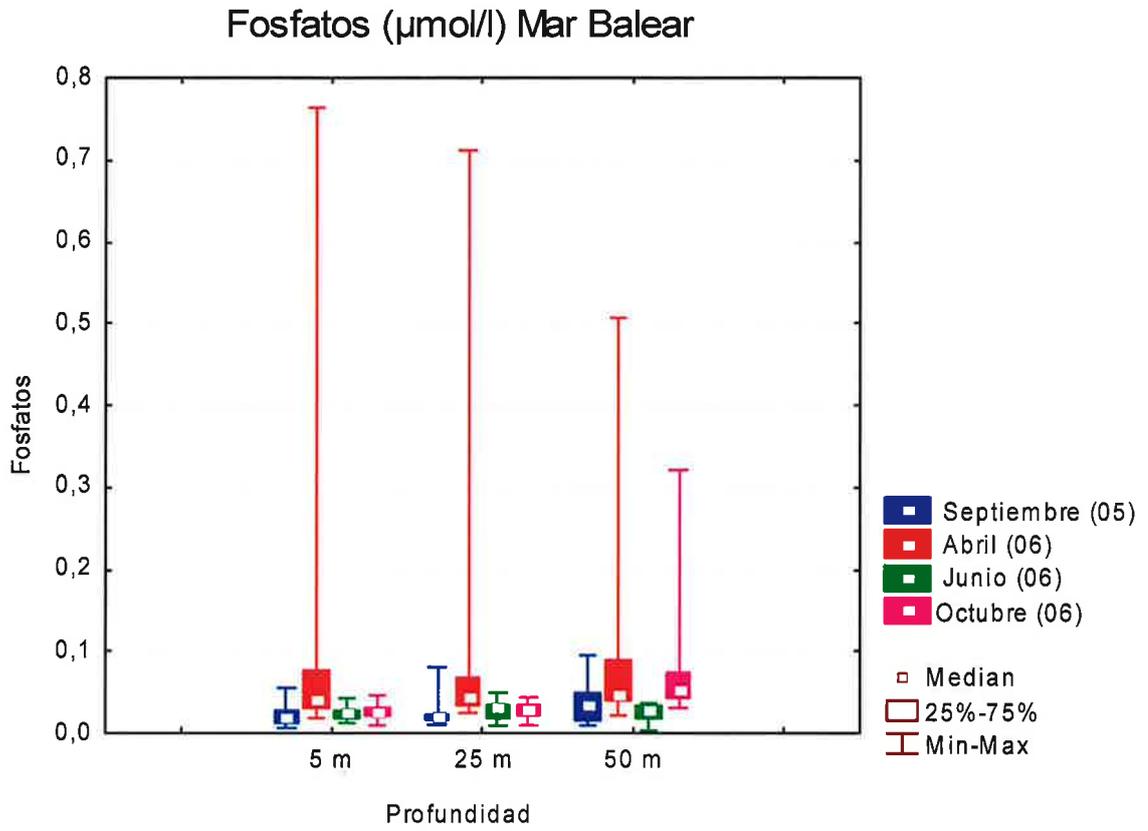


Figura 22-A

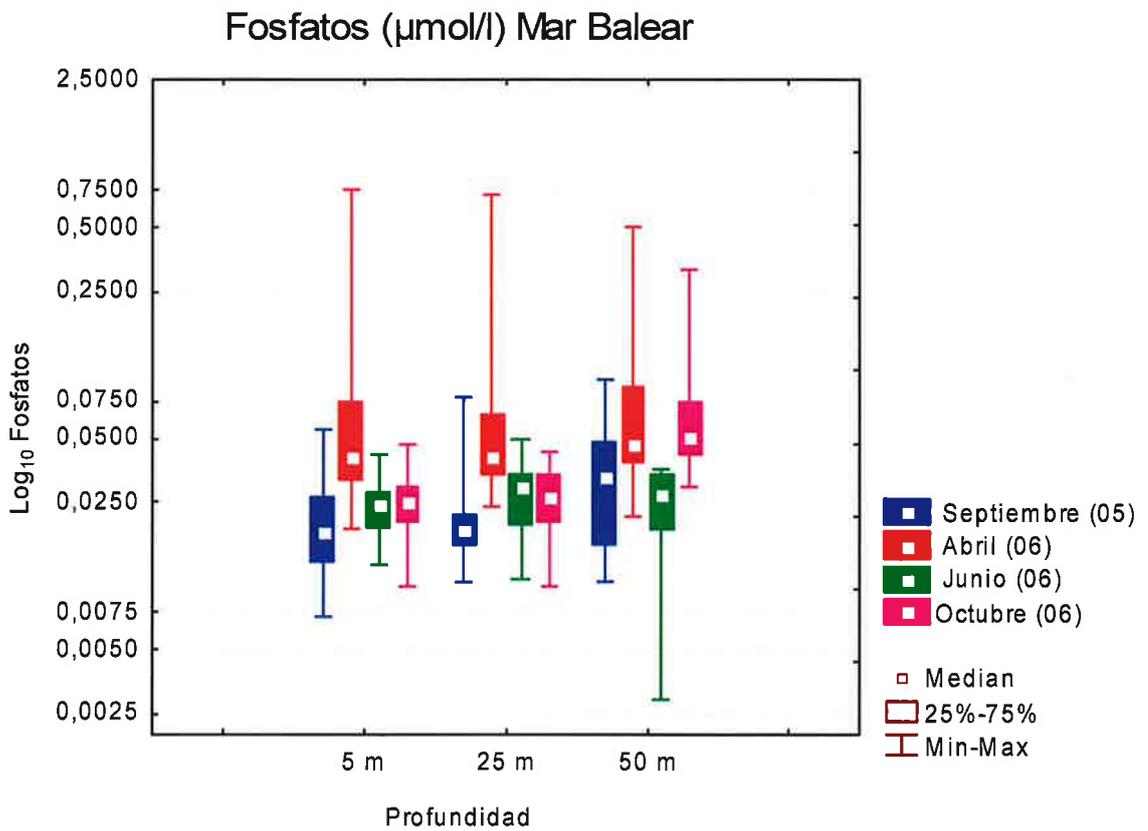


Figura 22-B

# Silicatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Sept-Oct 2005

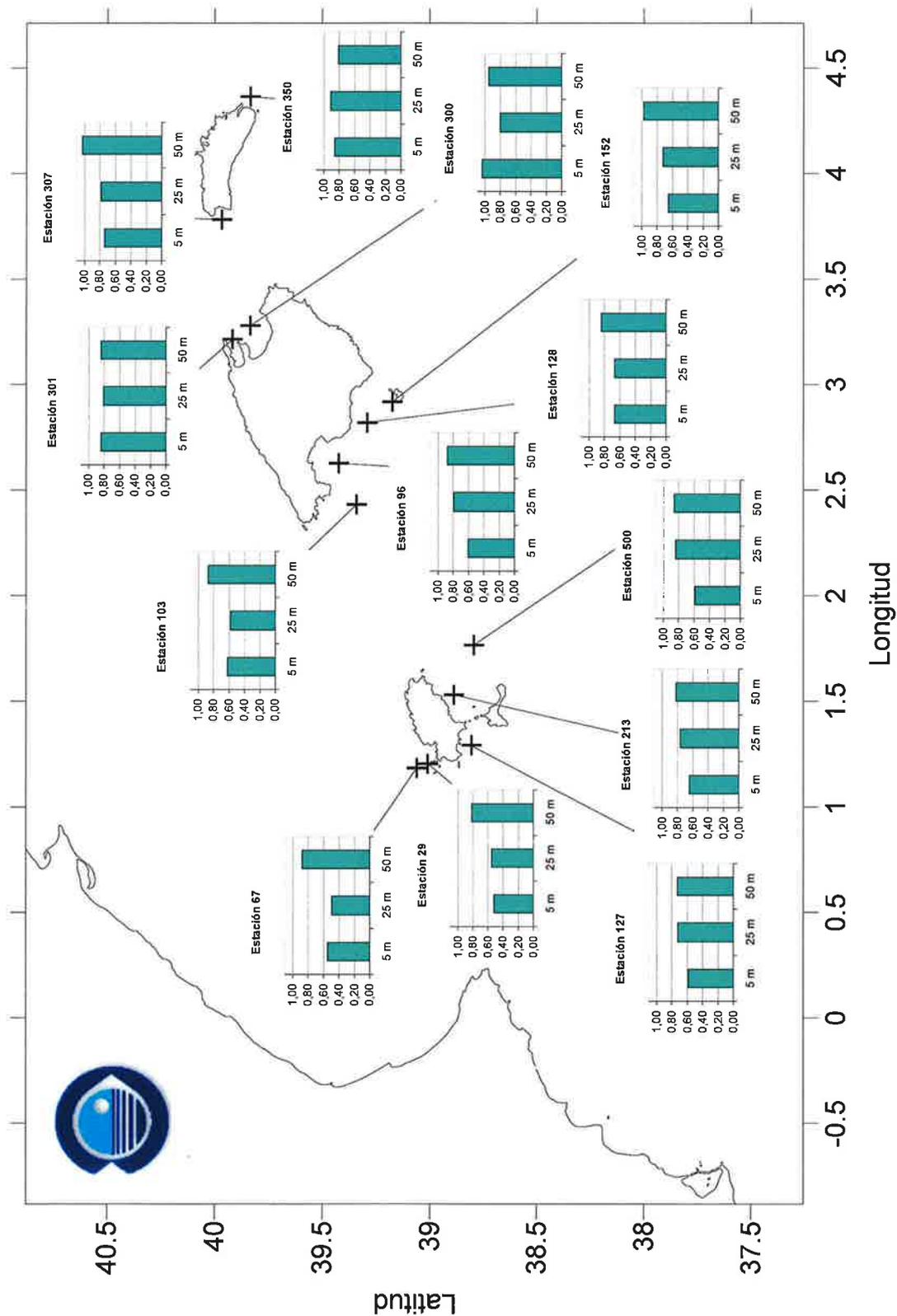


Figura 23

# Silicatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear April 2006

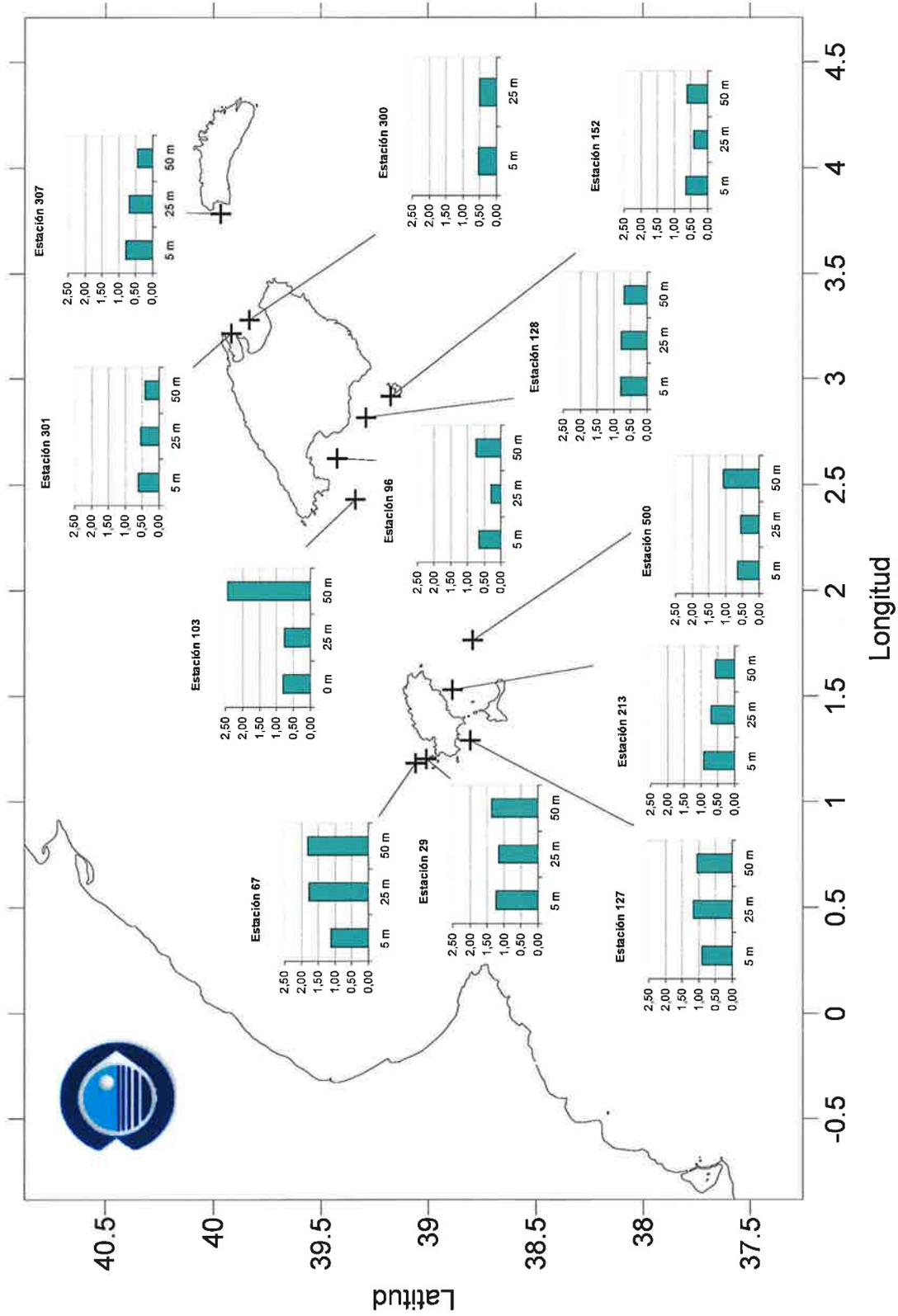


Figura 24

# Silicatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Octubre 2006

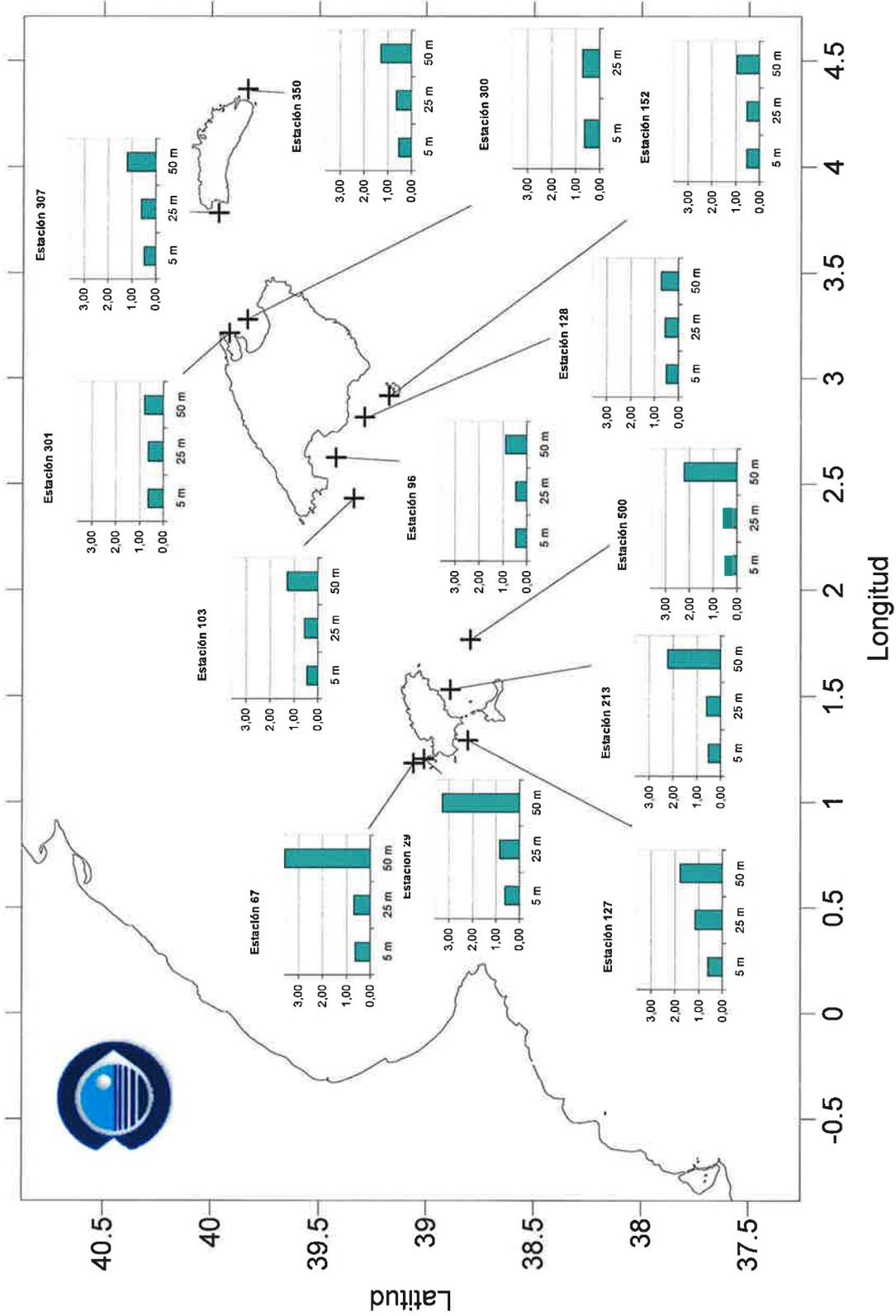


Figura 26

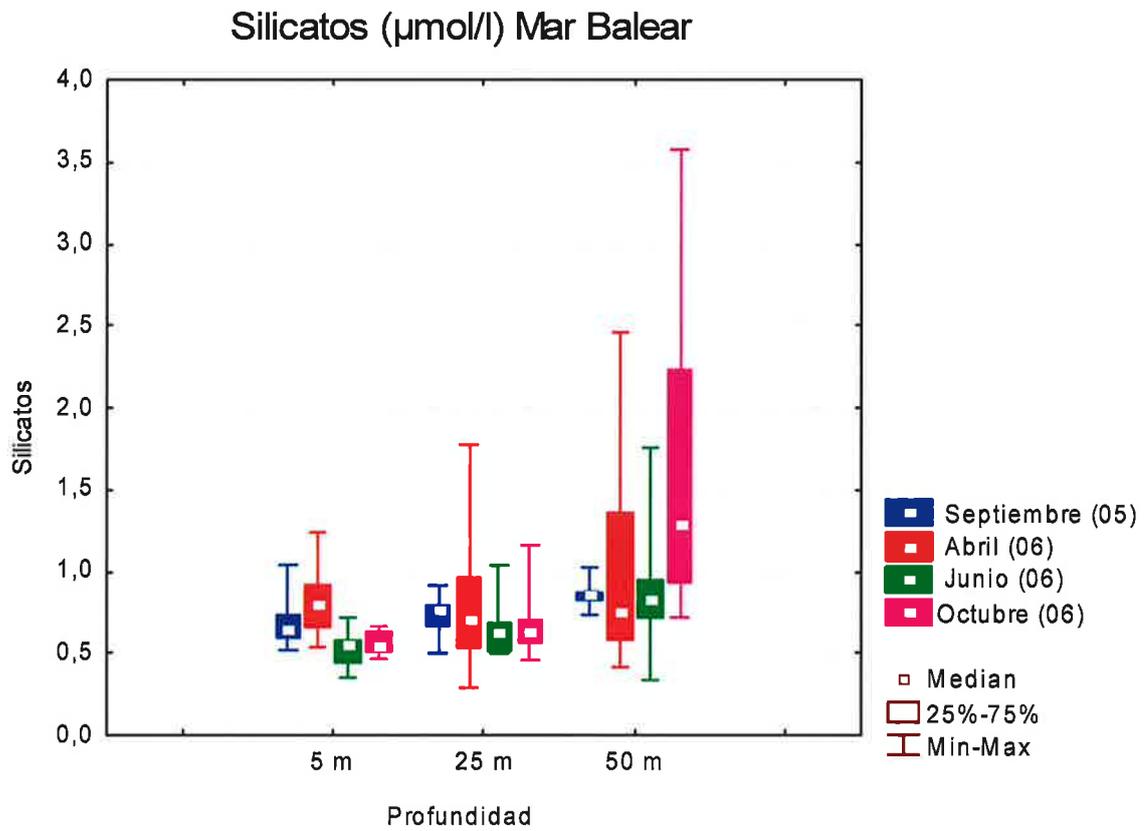


Figura 27-A

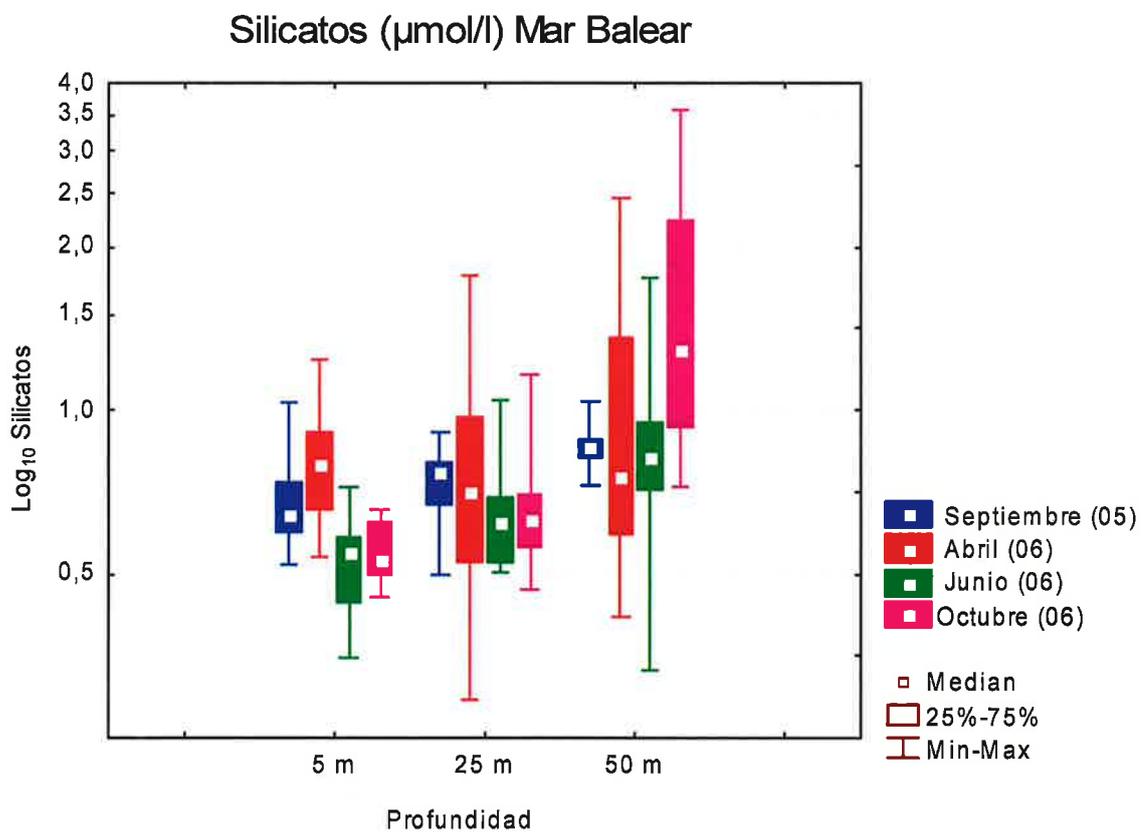


Figura 27-B

# Silicatos ( $\mu\text{mol/l}$ ) - Mar Balear Junio - Julio 2006

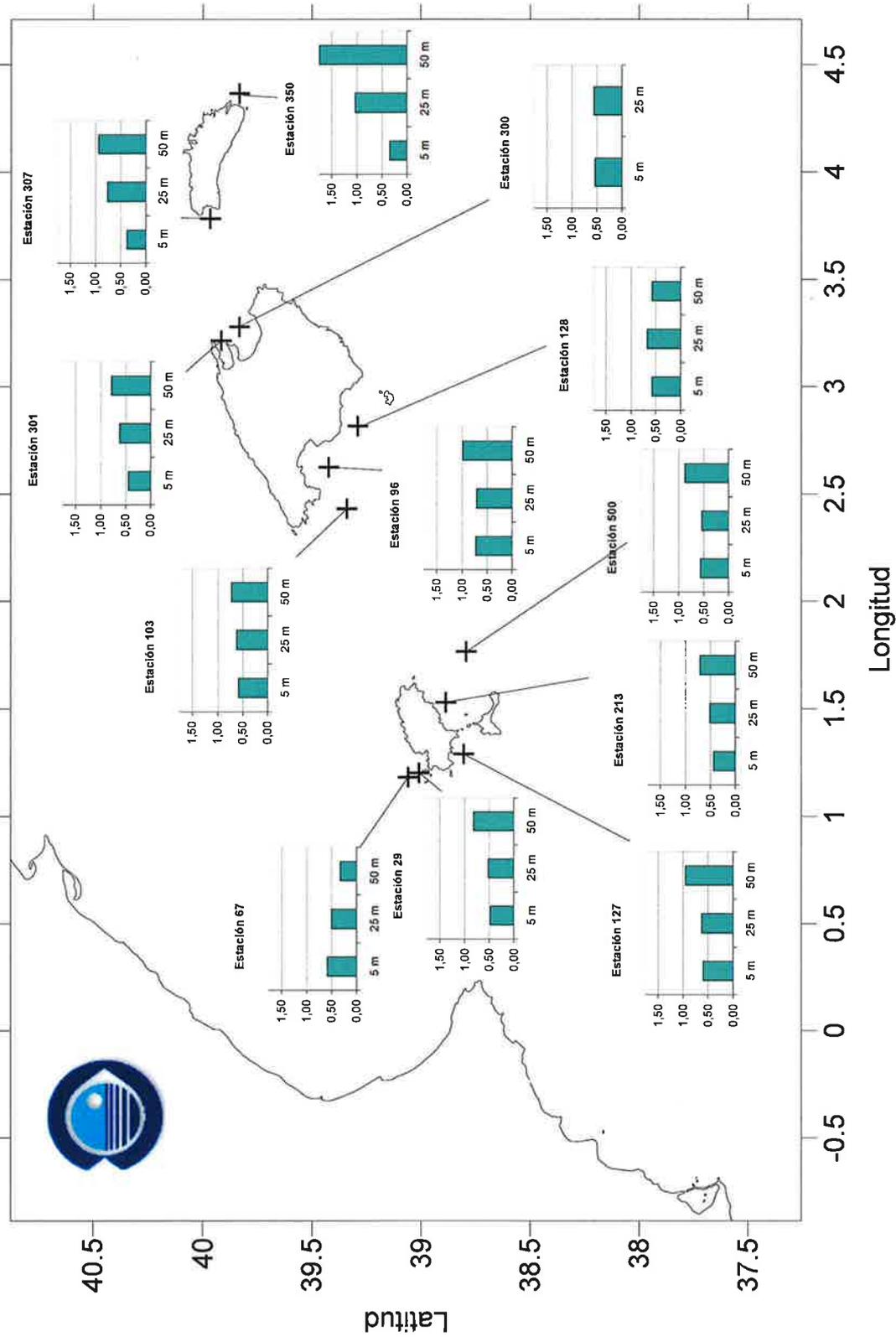


Figura 25

	CLOROFILA a ( $\mu\text{g/l}$ ) (5m)	CLOROFILA a ( $\mu\text{g/l}$ ) (25m)	CLOROFILA a ( $\mu\text{g/l}$ ) (50m)
<b>Sept - Oct - 05</b>			
<b>MEDIA</b>	0,11	0,13	0,34
<b>MAX</b>	0,14	0,19	0,72
<b>MIN</b>	0,09	0,10	0,19
<b>MEDIANA</b>	0,11	0,13	0,29
<b>SD</b>	0,01	0,03	0,16
<b>Abril - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,11	0,18	0,46
<b>MAX</b>	0,16	0,39	1,04
<b>MIN</b>	0,08	0,09	0,11
<b>MEDIANA</b>	0,12	0,14	0,41
<b>SD</b>	0,03	0,10	0,26
<b>Jun - Jul - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,07	0,09	0,37
<b>MAX</b>	0,11	0,16	0,95
<b>MIN</b>	0,04	0,05	0,05
<b>MEDIANA</b>	0,08	0,09	0,30
<b>SD</b>	0,02	0,03	0,26
<b>Octubre - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,17	0,27	0,47
<b>MAX</b>	0,50	1,21	0,95
<b>MIN</b>	0,07	0,09	0,19
<b>MEDIANA</b>	0,11	0,15	0,39
<b>SD</b>	0,14	0,33	0,24

Tabla I. Resumen estadístico de los datos correspondientes a Clorofila *a*.

	NITRATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (5m)	NITRATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (25m)	NITRATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (50m)
<b>Sept - Oct - 05</b>			
<b>MEDIA</b>	0,06	0,04	0,14
<b>MAX</b>	0,14	0,14	0,64
<b>MIN</b>	0,00	0,00	0,02
<b>MEDIANA</b>	0,04	0,02	0,07
<b>SD</b>	0,05	0,05	0,18
<b>Abril - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,11	0,12	0,91
<b>MAX</b>	0,41	0,29	3,32
<b>MIN</b>	0,02	0,02	0,06
<b>MEDIANA</b>	0,07	0,08	0,42
<b>SD</b>	0,11	0,09	1,13
<b>Jun - Jul - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,03	0,02	0,28
<b>MAX</b>	0,05	0,05	1,12
<b>MIN</b>	0,01	0,01	0,01
<b>MEDIANA</b>	0,03	0,02	0,13
<b>SD</b>	0,01	0,02	0,39
<b>Octubre - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,04	0,03	1,68
<b>MAX</b>	0,07	0,06	7,76
<b>MIN</b>	0,02	0,00	0,00
<b>MEDIANA</b>	0,04	0,03	0,54
<b>SD</b>	0,01	0,02	2,75

Tabla II. Resumen estadístico de los datos correspondientes a Nitratos.

	NITRITOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (5m)	NITRITOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (25m)	NITRITOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (50m)
<b>Sept - Oct - 05</b>			
<b>MEDIA</b>	0,01	0,01	0,04
<b>MAX</b>	0,02	0,01	0,17
<b>MIN</b>	0,00	0,00	0,01
<b>MEDIANA</b>	0,01	0,01	0,01
<b>SD</b>	0,00	0,00	0,06
<b>Abril - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,06	0,05	0,14
<b>MAX</b>	0,23	0,26	0,34
<b>MIN</b>	0,01	0,01	0,04
<b>MEDIANA</b>	0,03	0,03	0,10
<b>SD</b>	0,07	0,07	0,09
<b>Jun - Jul - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,01	0,01	0,07
<b>MAX</b>	0,04	0,02	0,27
<b>MIN</b>	0,01	0,00	0,01
<b>MEDIANA</b>	0,01	0,01	0,05
<b>SD</b>	0,01	0,00	0,08
<b>Octubre - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,02	0,02	0,08
<b>MAX</b>	0,04	0,03	0,25
<b>MIN</b>	0,00	0,01	0,01
<b>MEDIANA</b>	0,02	0,02	0,04
<b>SD</b>	0,01	0,01	0,08

Tabla III. Resumen estadístico de los datos correspondientes a Nitritos.

	FOSFATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (5m)	FOSFATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (25m)	FOSFATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (50m)
<b>Sept - Oct - 05</b>			
<b>MEDIA</b>	0,02	0,03	0,04
<b>MAX</b>	0,06	0,08	0,09
<b>MIN</b>	0,01	0,01	0,01
<b>MEDIANA</b>	0,02	0,02	0,03
<b>SD</b>	0,01	0,02	0,02
<b>Abril - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,13	0,11	0,09
<b>MAX</b>	0,76	0,71	0,51
<b>MIN</b>	0,02	0,02	0,02
<b>MEDIANA</b>	0,04	0,04	0,05
<b>SD</b>	0,22	0,19	0,14
<b>Jun - Jul - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,03	0,03	0,02
<b>MAX</b>	0,04	0,05	0,04
<b>MIN</b>	0,01	0,01	0,00
<b>MEDIANA</b>	0,02	0,03	0,03
<b>SD</b>	0,01	0,01	0,01
<b>Octubre - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,03	0,03	0,09
<b>MAX</b>	0,05	0,04	0,32
<b>MIN</b>	0,01	0,01	0,03
<b>MEDIANA</b>	0,03	0,03	0,05
<b>SD</b>	0,01	0,01	0,09

Tabla IV. Resumen estadístico de los datos correspondientes a Fosfatos.

	SILICATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (5m)	SILICATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (25m)	SILICATOS ( $\mu\text{mol/L}$ ) (50m)
<b>Sept - Oct - 05</b>			
<b>MEDIA</b>	0,69	0,73	0,87
<b>MAX</b>	1,04	0,91	1,03
<b>MIN</b>	0,52	0,50	0,73
<b>MEDIANA</b>	0,64	0,76	0,86
<b>SD</b>	0,15	0,12	0,08
<b>Abril - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,81	0,78	1,02
<b>MAX</b>	1,24	1,78	2,45
<b>MIN</b>	0,54	0,29	0,42
<b>MEDIANA</b>	0,79	0,70	0,75
<b>SD</b>	0,21	0,41	0,63
<b>Jun - Jul - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,52	0,64	0,86
<b>MAX</b>	0,72	1,04	1,75
<b>MIN</b>	0,35	0,50	0,33
<b>MEDIANA</b>	0,55	0,62	0,82
<b>SD</b>	0,11	0,15	0,35
<b>Octubre - 06</b>			
<b>MEDIA</b>	0,55	0,66	1,69
<b>MAX</b>	0,66	1,16	3,57
<b>MIN</b>	0,45	0,47	0,72
<b>MEDIANA</b>	0,53	0,63	1,28
<b>SD</b>	0,07	0,18	0,96

Tabla V. Resumen estadístico de los datos correspondientes a Silicatos.