

# **LIMNOLOGÍA DE LA LAGUNA DE ZÓÑAR (CÓRDOBA): EFECTOS DE LA RETIRADA TOTAL DE CARPAS**

***LIMNOLOGY OF ZÓÑAR LAKE (CÓRDOBA, SOUTHERN  
SPAIN): ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COMMON CARP  
WITHDRAWAL***



**Serie Limnolberia, nº 4**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN DEL AGUA**

**Madrid, 2014**



# LIMNOLOGÍA DE LA LAGUNA DE ZÓÑAR (CÓRDOBA): EFECTOS DE LA RETIRADA TOTAL DE CARPAS

Miguel Álvarez Cobelas<sup>1</sup>  
Santos Cirujano Bracamonte<sup>2</sup>  
Carmen Rojo García-Morato<sup>3</sup>  
Pablo García Murillo<sup>4</sup>  
Ángel Rubio Olmo<sup>1</sup>  
Miriam Moreno Pérez<sup>5</sup>  
Matilde Segura García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. [malvarez@mncn.csic.es](mailto:malvarez@mncn.csic.es)

<sup>2</sup>Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC. [santos@rjb.csic.es](mailto:santos@rjb.csic.es)

<sup>3</sup>Universidad de Valencia, Instituto de Biodiversidad. [carmen.rojo@uv.es](mailto:carmen.rojo@uv.es)

<sup>4</sup>Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia. [pgarcia@us.es](mailto:pgarcia@us.es)

<sup>5</sup>EINTAM Estudios Europeos de Medioambiente, S. L.

Serie Limnolberia, nº4

Madrid, 2014

© de los textos: los autores

© de las ilustraciones: los autores

e-ISBN: 978-84-617-2592-2

**PORTADA:** Fotografía de las orillas de la laguna de Zóñar, realizada por Santos Cirujano (primavera de 2007), donde se muestra la recolonización litoral de los Carófitos al año siguiente de la retirada de las carpas.

## ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	7
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	9
DESCRIPCION DE LA LAGUNA Y SU ENTORNO.....	13
MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
RESULTADOS.....	23
ESTUDIO LIMNOLÓGICO.....	23
ESTUDIO BOTÁNICO.....	77
CONCLUSIONES.....	103
ENGLISH SUMMARY.....	105
AGRADECIMIENTOS.....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXO I: DATOS DE CAMPO.....	119
ANEXO II: DATOS ANALÍTICOS.....	123



## INTRODUCCIÓN

La contaminación de las lagunas se ve afectada con frecuencia por la proliferación desmedida de organismos que pueden crear problemas adicionales en la gestión ambiental. La acumulación de la materia orgánica en los fondos lacustres, producto de la eutrofización, es un alimento más para especies piscícolas como la carpa, y estimula el crecimiento de la población de esta especie. Dicho aumento poblacional va en detrimento de la calidad ecológica de las lagunas en cuestión porque la carpa remueve los fondos, aumenta la materia en suspensión e impide la recolonización en los fondos de los propágulos vegetales, cuyas plantas albergan los animales de los cuales se alimentan algunas especies de avifauna, como la malvasía.

Esta es la situación que ha podido producirse en la laguna de Zóñar (Córdoba) durante las décadas recientes. Por ello, una actuación ambiental que se proponga la eliminación de la carpa no puede sino redundar en beneficio de la calidad ecológica de la laguna.

El objetivo último de esa actuación es restaurar el ambiente luminoso de la laguna, de modo que permita el reestablecimiento de la vegetación sumergida, alimento de la malvasía. Dado que hay otros factores que pueden afectar a dicho ambiente luminoso (como la proliferación masiva del fitoplancton, la entrada de materiales por los arroyos y la sedimentación de materia orgánica y mineral), nos ha parecido oportuno el incluirlos en este trabajo.

En este informe referiremos los datos limnológicos y botánicos obtenidos en la laguna de Zóñar antes y después de la retirada masiva de carpas, los cuales se prolongan durante un año (Junio 2006-Junio2007). La retirada de las carpas tuvo lugar entre los muestreos de Junio y Julio de 2006.





## HIPOTESIS DE TRABAJO

Las poblaciones de carpas tienen varios efectos directos e indirectos sobre los ecosistemas acuáticos que afectan tanto a los componentes bióticos de los mismos como a la calidad del agua (Tabla 1), aunque los mecanismos exactos no hayan sido precisados siempre. Entre los efectos directos sobre los organismos se cuenta la depredación de plantas sumergidas e invertebrados, tanto planctónicos como bentónicos. La excreción de nutrientes por los peces es otro efecto directo que empeora la calidad del agua. Además, dado que la alimentación de la carpa tiene lugar en el bentos y remueve los sedimentos, puede empeorar la transparencia del agua, pues pone en suspensión materia particulada, y resuspende nutrientes que pueden ser utilizados por el fitoplancton, aumentando la biomasa de éste y perjudicando a la calidad del agua. A su vez, dicho incremento del fitoplancton reduce la transparencia, lo cual –unido a la resuspensión de sedimentos durante las actividades de alimentación– disminuye aún más la penetración de la luz en el agua. Sin embargo, la eliminación de las carpas puede facilitar el crecimiento del zooplancton, el cual daría parcialmente cuenta del fitoplancton, aumentando así la transparencia del agua. La transparencia, por tanto, sería el factor clave para la recuperación de las poblaciones de malvasía, un pato buceador que se alimenta de invertebrados bentónicos y vegetación sumergida (SÁNCHEZ & *al.*, 2000), por dos motivos: necesita agua relativamente transparente para poder ver cuando bucea y, si no hay transparencia, no hay vegetación sumergida ni refugio para los invertebrados que son su alimento principal.

<b>Efectos directos/<i>Direct effects</i></b>	<b>Efectos indirectos/<i>Indirect effects</i></b>	<b>Referencia bibliográfica/<i>Reference</i></b>
Aumento de los nutrientes por excreción/ <i>Nutrient increase through excretion</i>	Aumento de la eutrofia; aumento del fitoplancton; reducción de los macrófitos sumergidos; reducción de las poblaciones de patos buceadores/ <i>Eutrophication increase; phytoplankton increase; decline of submerged plants; decline of diving ducks' populations</i>	LAMARRA (1975); RICHARDSON & <i>al.</i> (1990); NUTTALL & RICHARDSON, 1991; KING & <i>al.</i> (1997); PARKOS & <i>al.</i> (2003); CHUMCHAL & <i>al.</i> (2005); DRIVER & <i>al.</i> (2005)
Aumento de los nutrientes por alimentación en el sedimento/ <i>Nutrient increase through feeding on sediments</i>	Aumento de la eutrofia; aumento del fitoplancton; reducción de los macrófitos sumergidos; reducción de las poblaciones de patos buceadores/ <i>Eutrophication increase; phytoplankton increase; decline of submerged plants; decline of diving ducks' populations</i>	PARKOS & <i>al.</i> , (2003); CHUMCHAL & <i>al.</i> (2005); DRIVER & <i>al.</i> (2005)
Aumento de los nutrientes por descomposición/ <i>Nutrient increase through animal decomposition</i>	Aumento de la eutrofia; aumento del fitoplancton; reducción de los macrófitos sumergidos; reducción de las poblaciones de patos buceadores/ <i>Eutrophication increase; phytoplankton increase; decline of submerged plants; decline of diving ducks' populations</i>	CHUMCHAL & <i>al.</i> (2005)
Aumento de la materia en suspensión por alimentación en el sedimento/ <i>Suspended matter increase through feeding on sediments</i>	Reducción de la transparencia; reducción de los macrófitos sumergidos; reducción de las poblaciones de patos buceadores/ <i>Transparency decrease; decline of submerged plants; decline of diving ducks' populations</i>	KING & <i>al.</i> (1997); ZAMBRANO & HINOJOSA (1999); PARKOS & <i>al.</i> (2003); CHUMCHAL & <i>al.</i> (2005)
Consumo de plantas sumergidas/ <i>Consumption of submerged plants</i>	Reducción de las poblaciones de patos buceadores/ <i>Decline of diving ducks' populations</i>	CHUMCHAL & <i>al.</i> (2005)
Consumo de invertebrados bentónicos/ <i>Consumption of benthic invertebrates</i>	Reducción de las poblaciones de patos buceadores/ <i>Decline of diving ducks' populations</i>	RICHARDSON & <i>al.</i> (1990)

<p>Afección al zooplancton/<i>Zooplankton affection</i></p>	<p>Aumento del fitoplancton; reducción de los macrófitos sumergidos; reducción de las poblaciones de patos buceadores/<i>Phytoplankton increase; decline of submerged plants; decline of diving ducks' populations</i></p>	<p>RICHARDSON &amp; <i>al.</i> (1990)</p>
---	--	---

Tabla 1. Afecciones de la carpa a distintos componentes del ecosistema lacustre. *Direct and indirect effects of common carp on lake ecosystems.*

Por lo tanto, este estudio limnológico y botánico atenderá principalmente a los factores que afectan a la transparencia del agua: materia en suspensión, color y clorofila fitoplanctónica. A su vez, la clorofila del fitoplancton se ve influida por los nutrientes y el zooplancton, por lo cual se hace preciso estudiar también ambos aspectos. Los nutrientes presentes en el lago pueden llegar desde la cuenca hidrográfica por los ríos, a través de las aguas subterráneas o por escorrentía difusa desde los campos circundantes. Y los nutrientes particulados se acumulan en los sedimentos por sedimentación, aunque a veces sean resuspendidos por la acción del viento y, como ya hemos dicho, de las carpas. Por último, es fundamental conocer si los cambios en la transparencia dan como resultado una recolonización de la vegetación sumergida y de la fauna asociada a ella.

El estudio que aquí presentamos es uno clásico del tipo llamado *BACI* por los investigadores anglosajones (STEWART-OATEN, 1986), que son las siglas de *Before-After Control Impact*. Es decir, se trata de estudiar los efectos de una actuación ambiental, considerando el estado anterior y posterior a dicha actuación. En el caso que nos ocupa, la actuación ambiental es la retirada de carpas de la laguna de Zóñar, cuyas previsibles consecuencias serían las siguientes: aumento de la transparencia, disminución de la materia en suspensión, disminución de la clorofila fitoplanctónica y aumento final de la cobertura de los macrófitos sumergidos y de la fauna asociada a ellos. Un estudio de tipo *BACI* debe realizarse considerando las mismas variables antes y después de la actuación ambiental y durante un periodo similar. Desafortunadamente, en el presente trabajo no pudo realizarse la fase de

estudio inicial (la de antes de la actuación) durante el mismo tiempo que la fase de estudio de los efectos de la retirada de carpas, y debemos estimar indirectamente cuáles eran esas condiciones ambientales previas, basándonos en la bibliografía preexistente y en datos inéditos tomados por el equipo APHANIUS de la Universidad de Córdoba (Fernández Delgado, comunicación personal).

## DESCRIPCION DE LA LAGUNA Y SU ENTORNO

Una descripción pormenorizada de la laguna de Zóñar es superflua a la vista de los numerosos trabajos complementarios que ya lo han hecho con anterioridad (FERNÁNDEZ DELGADO & al., 1984; MOYA MEJÍAS, 1984; MOYA MEJÍAS & TORRES ESQUIVIAS, 1983; RECIO & TIRADO, 1982; TORRES ESQUIVIAS, 2004; VALERO-GARCÉS & al., 2006). En este apartado únicamente reseñaremos aquella información imprescindible para comprender los resultados de este Informe.

La laguna es una cubeta semi-endorreica enclavada sobre materiales triásicos, formada por disolución geoquímica (MOYA MEJÍAS, 1984), pero con un componente tectónico notable (VALERO-GARCÉS & al., 2006). Encima de dichos materiales, se sitúan margas blancas miocenas y materiales sedimentarios posteriores, tales como areniscas, limos, fangos y depósitos aluviales, parte de los cuales están mezclados con evaporitas (MOYA MEJÍAS, 1984). La laguna, de unas 37 ha de extensión y unos 16 metros de profundidad máxima (FERNÁNDEZ DELGADO & al., 1984), se sitúa sobre un acuífero Mioceno que le aporta agua y materiales de forma difusa, aunque también haya algunos manantiales un poco alejados de la lámina del agua lacustre que constituyen pequeños arroyos drenantes hacia la laguna, tales como los arroyos Zóñar, Escobar y La Carrizosa (MOYA MEJÍAS, 1984). La alimentación hídrica de la laguna es, pues, superficial (lluvia, escorrentía difusa y arroyos) y subterránea, si bien en la época estival suele limitarse a ésta última (MOYA MEJÍAS & al., 1985). La laguna es monomíctica cálida, con un periodo de estratificación que se prolonga desde Marzo a Noviembre (FERNÁNDEZ DELGADO & al., 1984). Sus aguas son de naturaleza clorurada-sódica, fruto principal de la disolución de los materiales de la cubeta (MOYA MEJÍAS, 1984).

Aunque la laguna no recibe ni ha recibido vertidos directos de aguas residuales (FERNÁNDEZ DELGADO, comunicación personal; TORRES ESQUIVIAS, 2004), su situación rodeada de olivares, cuyo desarrollo ha sido más notable desde el siglo XIX (VALERO-GARCÉS & al., 2006), la ha hecho

susceptible de contaminación difusa por los fertilizantes que se añaden al olivar y no son usados por éste. Esto, unido a su carácter semi-endorreico, ha determinado que la laguna muestre un aumento paulatino de nitrógeno y fósforo en las dos últimas décadas, pues apenas hay exportación de nutrientes, al tener efluentes superficiales rara vez. Sin embargo, ese fenómeno no siempre ha sucedido así, pues un reciente estudio paleolimnológico de acumulación sedimentaria en los dos últimos milenios muestra cambios en la acumulación de fósforo, con un máximo hace unos 150 años y otro hace unos 50 años, para descender más recientemente (VALERO-GARCÉS & al., 2006). Además, hasta la década de 1980 hubo en sus inmediaciones un vertedero de residuos sólidos, sellado en 1984-1985 (FERNÁNDEZ DELGADO, comunicación personal), el cual pudo añadir nutrientes al agua por escorrentía.

Otro aspecto de interés limnológico a considerar es la erosión en la cuenca hidrográfica superficial, que ha dado como resultado una exportación de materiales particulados y disueltos hacia la laguna, aumentando la colmatación de ésta (MOYA MEJÍAS & TORRES ESQUIVIAS, 1983). Sin embargo, esa amenaza se ha visto reducida por las medidas de gestión de la erosión, que aparentemente han disminuido los aportes minerales desde su declaración como Reserva Integral (VALERO-GARCÉS & al., 2006).

A nuestro juicio, el condicionante limnológico más importante de la laguna es su endorreísmo que contribuye a concentrar en ella los materiales autóctonos y alóctonos, aumentando su nivel trófico. Además, las oscilaciones de los niveles lacustres, producidas por la variabilidad notable de los aportes hídricos a medio plazo, generan cambios en la ecología del litoral, hasta ahora sin estudiar.

Que sepamos, a excepción de los trabajos sobre las poblaciones piscícolas debidas al grupo APHANIUS (FERNÁNDEZ DELGADO & HERNANDO CASAL, 1982; HERNANDO CASAL & FERNÁNDEZ DELGADO, 1984; SÁNCHEZ & FERNÁNDEZ DELGADO, 1997), sobre la limnología de Zóñar sólo hay un estudio físico-químico preliminar (FERNÁNDEZ DELGADO

& al., 1984) y algunos otros datos dispersos en el estudio de FUREST & TOJA (1984).





## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente proyecto incluye un estudio limnológico de la calidad del agua y su evolución, y un análisis de la colonización vegetal de la cubeta lagunar por macrófitos acuáticos.

### ▪ *Estudio limnológico*

Las variables físico-químicas analizadas y su periodicidad, tanto en la laguna como en los arroyos y manantiales que desaguan hacia ella, fueron las siguientes:

- Transparencia del agua (mensual)
- Temperatura del agua (mensual)
- Caudal (mensual)
- pH (mensual)
- Conductividad (mensual)
- Oxígeno disuelto (mensual)
- Sólidos totales (mensual)
- Materia en suspensión (mensual)
- Color del agua (mensual)
- Nitrógeno inorgánico disuelto (nitratos, nitritos y amonio) y total (mensual)
- Fósforo inorgánico disuelto (ortofosfato) y total (mensual)
- Clorofila "a" del fitoplancton (mensual)

Para ello, en la laguna se estableció un punto central en la zona más profunda, en el cual se tomaban las muestras a distintas profundidades, desde la superficie hasta el fondo, para el análisis físico-químico. Los muestreos comenzaron en Junio de 2006, un mes antes aproximadamente de la intervención para la retirada de las carpas (Fig. 1).

Además, se midieron las tasas de sedimentación de materia orgánica y mineral en la laguna, usando cuatro trampas de sedimento situadas en el epilimnion y en el hipolimnion (2 en cada zona), las cuales se recogían mensualmente siguiendo los métodos de BLOESCH (1996; Fig. 2).

Los métodos analíticos empleados en los análisis químicos fueron los normalizados (APHA, 1992). El déficit de oxígeno lacustre por unidad de superficie fue calculado con el método de HUTCHINSON (1938). Las cargas mensuales de aportación de nutrientes a la laguna se estimaron multiplicando el caudal de cada arroyo por la concentración de cada sustancia total (materia global, materia orgánica, nitrógeno y fósforo).



Figura 1. Aspecto general de la laguna de Zóñar en octubre de 2006. La flecha indica la situación de las boyas en el punto de muestreo. *Zóñar lake view in October 2006. The arrow points to the sampling site.*



Figura 2. Instalación de las trampas de sedimento en la laguna de Zóñar.  
*Deployment of sediment traps in Zóñar lake.*

- *Identificación, recuentos y análisis del fitoplancton*

Los análisis de plancton se efectuaron a partir de muestras integradas a toda la columna de agua, es decir, los datos que se ofrecen en el Anexo II representan promedios para la columna de agua en cada fecha. Para el estudio del fitoplancton por microscopía, las muestras de agua se sedimentaron en cámaras Utermöhl, para posteriormente hacer la identificación y recuento de las poblaciones en un microscopio invertido Olympus CK2 a 400x y 1000x. Para estimar la densidad poblacional se contaron al menos 500 individuos (9 % de error según LUND & *al.*, 1958). Se contaron los organismos unicelulares, los filamentos y las colonias. La densidad se calculó como número de células/mL, por tanto, fue necesario estimar el número promedio de células que contienen las colonias y los filamentos de las diferentes especies en cada muestra. Para ello, se realizó el recuento de las células a 1000x de al menos 20 individuos (colonias o filamentos) de cada población y se calculó su promedio de células/individuo. Para el cálculo del volumen celular se emplearon las formas geométricas de ROTT (1981) y con ello se obtuvo la estima de la biomasa algal.

La identificación de las poblaciones de fitoplancton se llevó a cabo con la ayuda de las colecciones de libros sobre taxonomía de algas *Süßwasserflora von Mitteleuropa* y *Das Phytoplankton des Süßwassers*, así como otras obras monográficas. Información más detallada sobre la manipulación de las muestras y las obras de consulta se puede obtener de RIOLOBOS & *al.* (2002).

Para la valoración del estado trófico de cada momento en la laguna se ha utilizado el índice de WILLÉN (2000) para lagos, según el cual un valor de biovolumen algal menor de 1 mm<sup>3</sup>/L supone un estado de oligotrofia, entre 1-2,5 mm<sup>3</sup>/L su estado sería mesotrófico y a partir de 2,5 mm<sup>3</sup>/L la laguna se debe considerar eutrófica. Los índices de diversidad utilizados han sido el de Shannon-Weaver y la equitatividad correspondiente (SHANNON & WEAVER 1963).

- *Identificación, recuentos y análisis del zooplancton*

La identificación y recuento del metazooplancton (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos) se realizó utilizando cámaras de sedimentación apropiadas que permiten el estudio con un microscopio invertido. Los ciliados se contaron como el fitoplancton. Información más detallada sobre la manipulación de las muestras y las obras de consulta se puede obtener de RIOLOBOS & *al.* (2002). La identificación de los ciliados se realizó utilizando el libro de FOISSNER & *al.* (1999).

- *Estudio botánico*

El estudio botánico se planteó inicialmente en tres líneas de trabajo que incluían:

- Estado de la vegetación existente antes de la eliminación de las carpas.
- Análisis de las esporas de carófitos presentes en los sedimentos.

- Cambios en la vegetación subacuática tras la retirada de las carpas.

El estudio del banco de esporas de carófitos se planteó para conocer cuál era la posibilidad de regeneración de la praderas de estas algas verdes tras la retirada de la carpas. Aunque este estudio fue iniciado y los primeros datos se plasmaron en el primer Informe, posteriormente, tras el notable desarrollo que experimentaron esas praderas, fue abandonado, dado que quedaba suficientemente claro que su regeneración era un hecho constatado. Este estudio ha sido sustituido por la estimación de la superficie cubierta por los carófitos en la primavera del año 2007, y el cálculo inicial de la biomasa vegetal producida por este tipo de vegetación subacuática.



Figura 3. Preparación del muestreo realizado el 20-06-2007. *Sampling preparation on June, the 20th, 2007.*

La distribución de las praderas de carófitos se estimó mediante transectos transversales y exploración de las orillas, en las que se midió la profundidad con

la ayuda de un profundímetro de campo, y el registro de la presencia o ausencia de carófitos en cada punto mediante un rastreador de fondo.

Para la representación gráfica de las praderas de carófitos se utilizó el mapa batimétrico de la laguna disponible (FERNÁNDEZ DELGADO & *al.*, 1984; SÁNCHEZ DE LA ÓRDEN & *al.*, 1992) que se ajustó a la ortofotografía digital del año 2004 con resolución de 1 metro (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES, 2005).

Las biomásas de las praderas de carófitos se estimaron recolectando manualmente todos los carófitos que cubrían 0,25 m<sup>2</sup>, en tres puntos representativos de dicha formaciones. La biomasa vegetal fue limpiada eliminando los restos de sedimento, y posteriormente desecada en estufa a 70 °C hasta peso constante.

# RESULTADOS

## ESTUDIO LIMNOLÓGICO

Los datos analíticos se refieren en el Anexos I y II. Este estudio limnológico consta de cuatro partes: aportes fluviales, físico-química de la columna de agua lacustre, sedimentación y plancton. En la medida de lo posible, haremos énfasis no sólo en el impacto de la retirada de las carpas sobre la limnología de Zóñar, sino también realizamos una descripción de la misma, pues -hasta ahora- su limnología se conoce insuficientemente.

### LOS APORTES EXTERNOS

En el estudio no se han podido determinar las aportaciones de materiales por escorrentía difusa o desde el acuífero, pero si asumimos unas cifras similares a las estimaciones de entradas de agua realizadas por MOYA MEJÍAS & *al.* (1985), podemos deducir que dichas aportaciones tuvieron poca importancia en 2006 y 2007.

Las corrientes fluviales con caudal durante el periodo de estudio han sido los arroyos de Zóñar, La Carrizosa y Escobar. Sólo el primero ha exportado agua hacia la laguna en todo momento, oscilando su caudal entre 4 y 12 L/seg, con máximos en Septiembre y Diciembre y unos valores más constantes el resto del año (Fig. 4). Estas cifras se hallan dentro del rango de las estimadas desde 1987 por la Junta de Andalucía (RECIO ESPEJO, 2003). La Carrizosa es un manantial que drena desde finales del invierno hasta comienzos del verano, con caudales que oscilan entre 0,5 y 5 L/seg. El arroyo Escobar resultó sumamente intermitente, con pequeñísimas aportaciones en Junio y Noviembre de 2006 ( $\leq 0,6$  L/seg). La naturaleza geoquímica de las aguas es bicarbonatada-clorurada cálcico-sódica para los arroyos Zóñar y Escobar, y clorurada sódica para La Carrizosa.

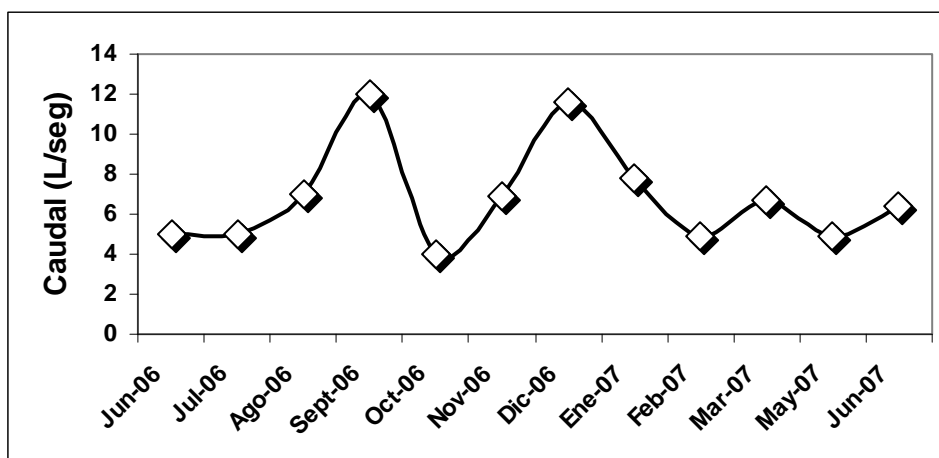


Figura 4. El caudal del arroyo de Zóñar desde Junio de 2006 a Junio de 2007, medido mensualmente. *Monthly water discharge of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

La materia total que transportó el arroyo de Zóñar presentó máximos en Octubre de 2006 y Junio de 2007, con valores bastante constantes el resto del año (Fig. 5).

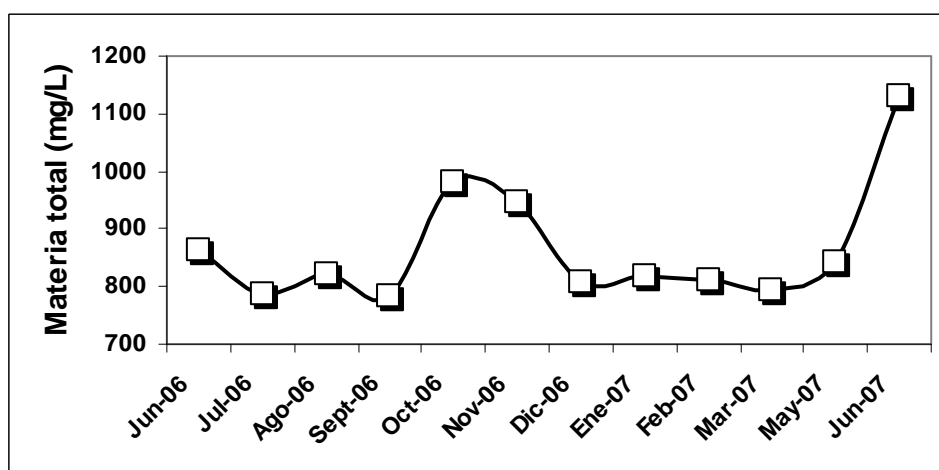


Figura 5. La materia total del arroyo de Zóñar desde Junio de 2006 a Junio de 2007, medida mensualmente. *Monthly total matter of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

La mayor parte de la materia transportada por el arroyo fue disuelta, con la particulada alcanzando un máximo otoñal de alrededor de 80 mg/L (Fig. 6).



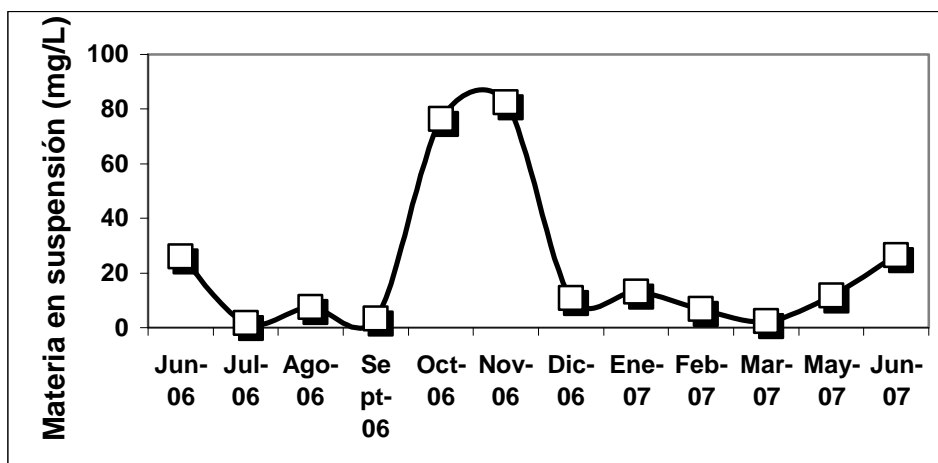


Figura 6. La materia en suspensión que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly suspended matter of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

Los aportes de amonio por el arroyo oscilaron entre 0 y 1,5 mg/L, ocurriendo éste último en Enero de 2007 (Fig. 7) y resultando probablemente de la descomposición parcial del nitrógeno orgánico (véase más abajo). Las concentraciones en 2007 fueron superiores a las de 2006, en general.

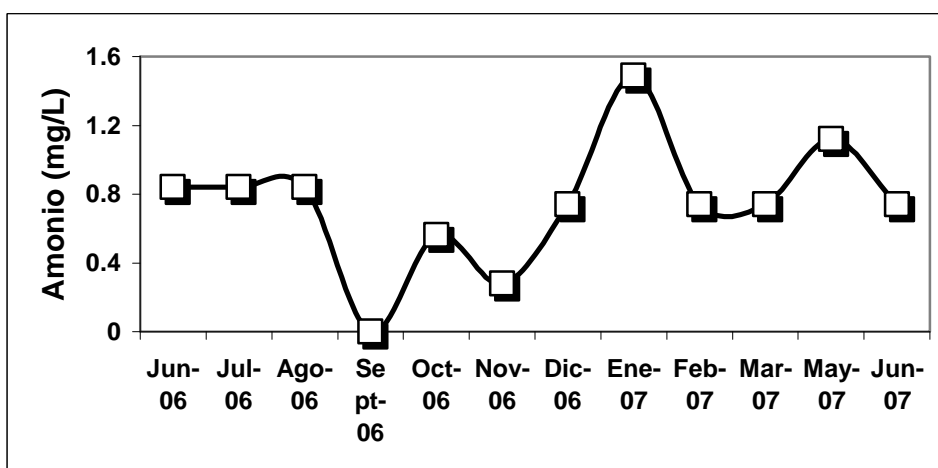


Figura 7. El amonio que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly ammonia concentration of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

Las concentraciones de nitrato fueron muy elevadas (40-60 mg/L; Fig. 8) y fruto probable de la contaminación por fertilizantes del acuífero del que mana el arroyo. Presentaron máximos en otoño y finales de la primavera, asociados quizá al abonado agrícola.

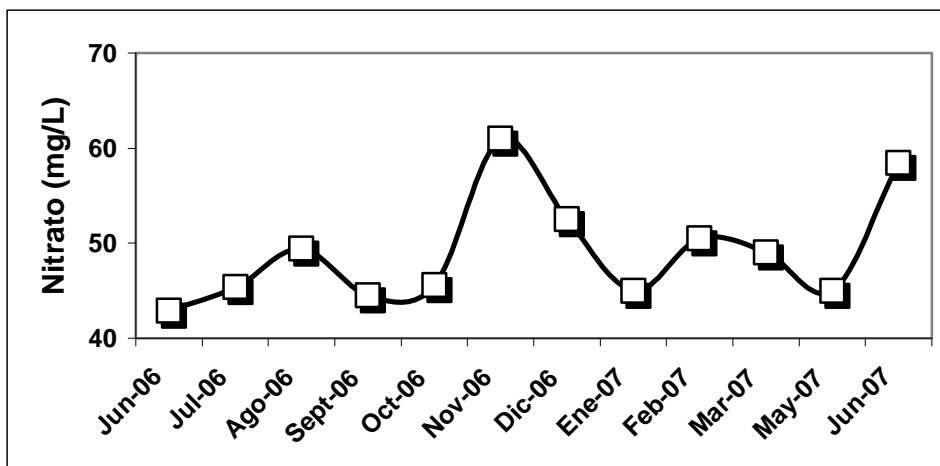


Figura 8. El nitrato que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly nitrate concentration of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

El nitrógeno orgánico osciló entre 0,2 y 1,5 mg N/L (Fig. 9), con máximos en otoño y finales de la primavera, cuya mineralización es la determinante principal en la concentración del amonio fluvial.

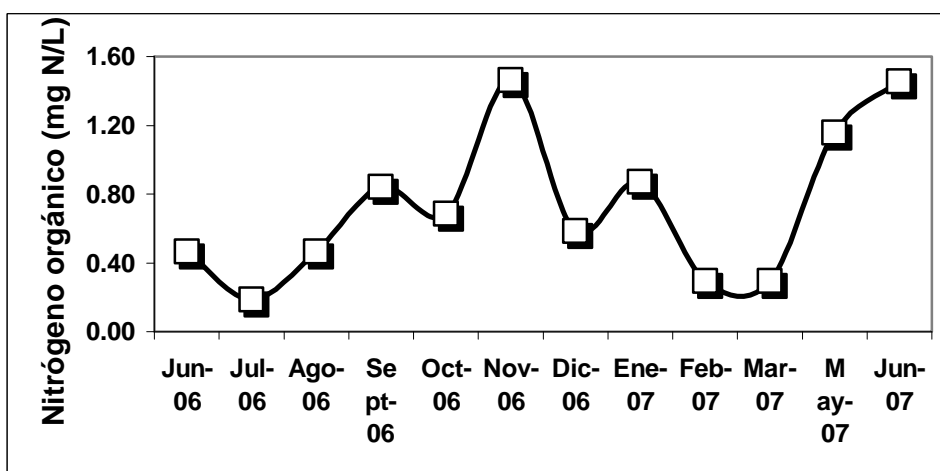


Figura 9. El nitrógeno orgánico que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly organic nitrogen concentration of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

Son esos máximos en el nitrógeno orgánico los responsables de los picos en el nitrógeno total del arroyo (Fig. 10), muy constante por otro lado.

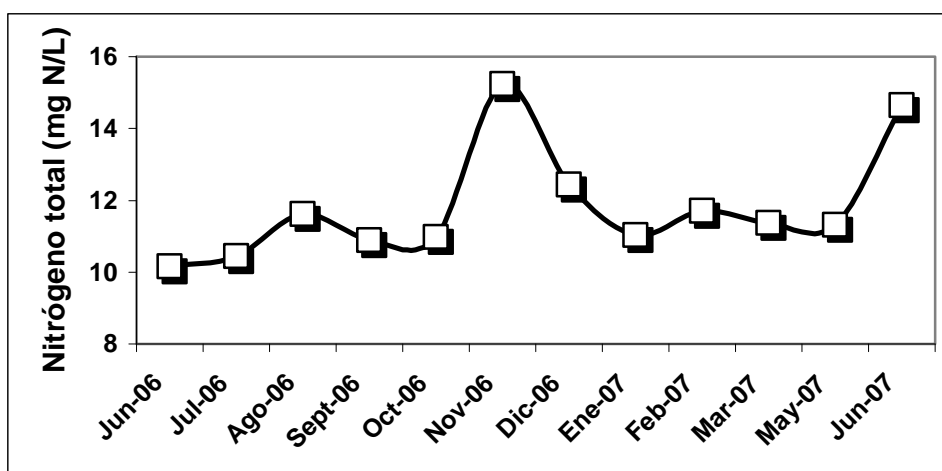


Figura 10. El nitrógeno total que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly total nitrogen concentration of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

Las concentraciones de ortofosfato y fósforo total en el arroyo de Zóñar fueron bajas y poco variables (Figs. 11-12), a excepción de la cifra de Junio de 2007 para el fósforo total, debida a la fracción orgánica, pues el ortofosfato no mostró un máximo simultáneo.

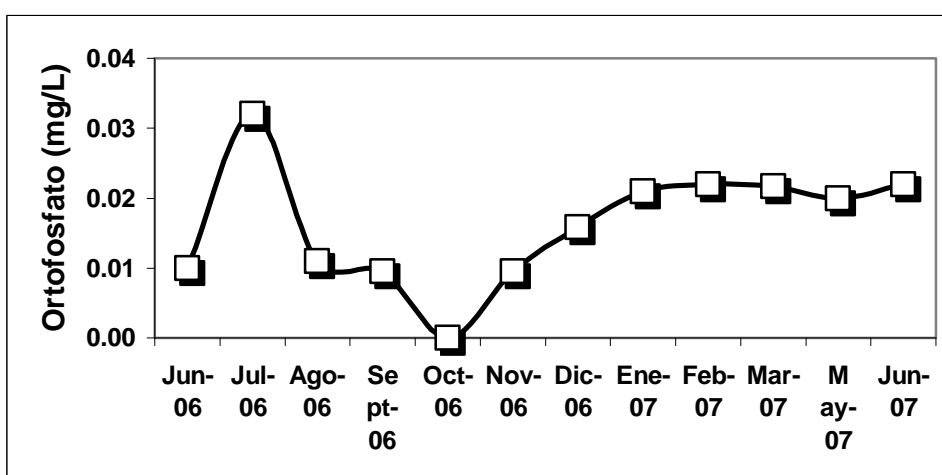


Figura 11. El ortofosfato que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly SRP concentration of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

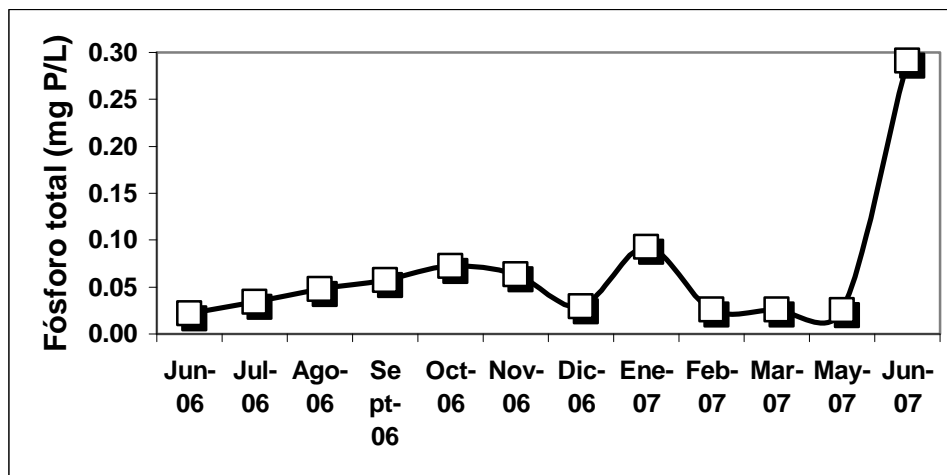


Figura 12. El fósforo total que transporta el arroyo de Zóñar hacia la laguna desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly total phosphorus concentration of Zóñar stream from June 2006 until June 2007.*

El arroyo de La Carrizosa presentó unas concentraciones de sustancias similares a las del de Zóñar, aunque aproximadamente la mitad de nitrato (Apéndice II), lo cual redujo sus aportes de nitrógeno a la laguna respecto a los de ese último arroyo.

Sumando los aportes de los tres arroyos, el flujo total de materiales fluviales a la laguna osciló entre 1 y 3 g/m<sup>2</sup>/día y no apuntó una pauta estacional definida (Fig. 13), siendo casi todo de índole orgánica (Fig. 14) y escasamente particulada (Fig. 15). Es decir, la materia en suspensión que recibe el lago desde sus afluentes es escasa y apenas aportaría nada a la turbidez lacustre.

Las aportaciones de nitrógeno y fósforo a la laguna por sus afluentes cabe tipificarlas de modestas y sin pauta temporal clara (Figs. 16-17). Los afluentes no parecen, pues, la causa fundamental de la eutrofia o la colmatación lacustres.

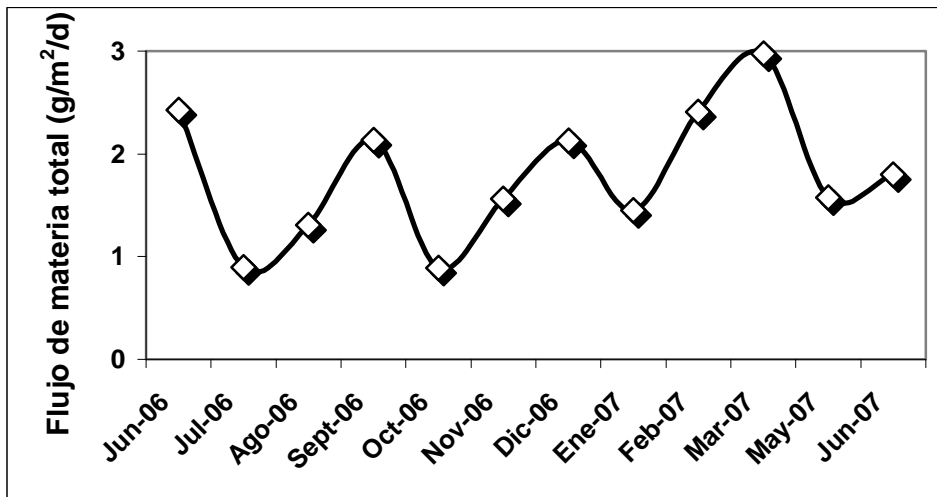


Figura 13. Flujo total de materiales hacia la laguna de Zóñar desde los tres arroyos que desaguan en ella desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly total matter flux of all streams draining to Zóñar lake from June 2006 until June 2007.*

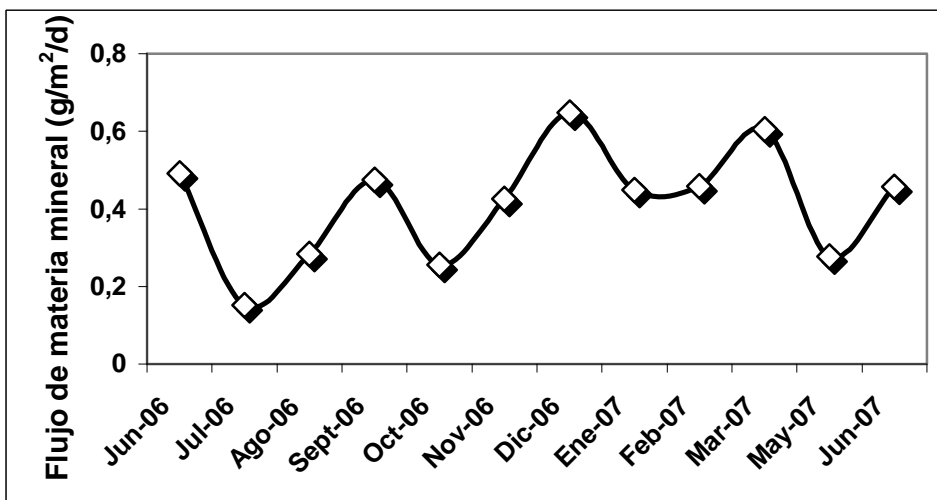


Figura 14. Flujo total de materia mineral hacia la laguna de Zóñar desde los tres arroyos que desaguan en ella desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly mineral matter flux of all streams draining to Zóñar lake from June 2006 until June 2007.*

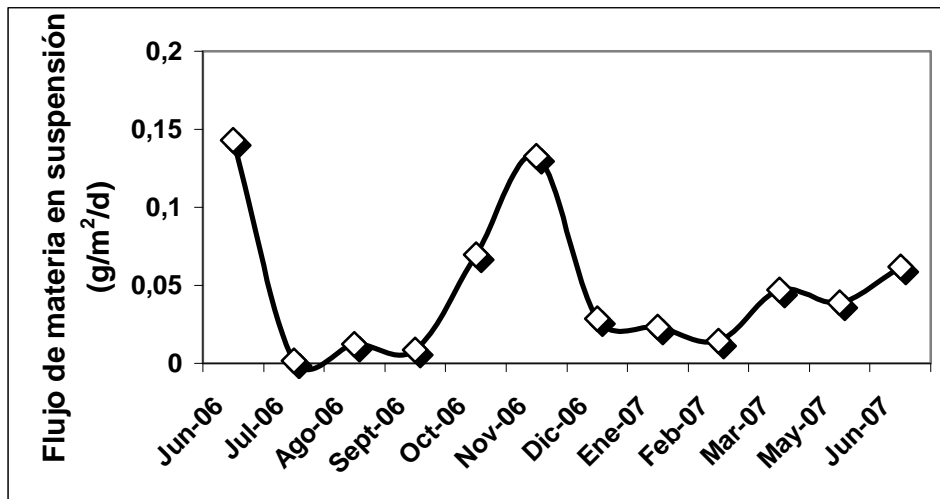


Figura 15. Flujo total de materia en suspensión hacia la laguna de Zóñar desde los tres arroyos que desaguan en ella desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly suspended matter flux of all streams draining to Zóñar lake from June 2006 until June 2007.*

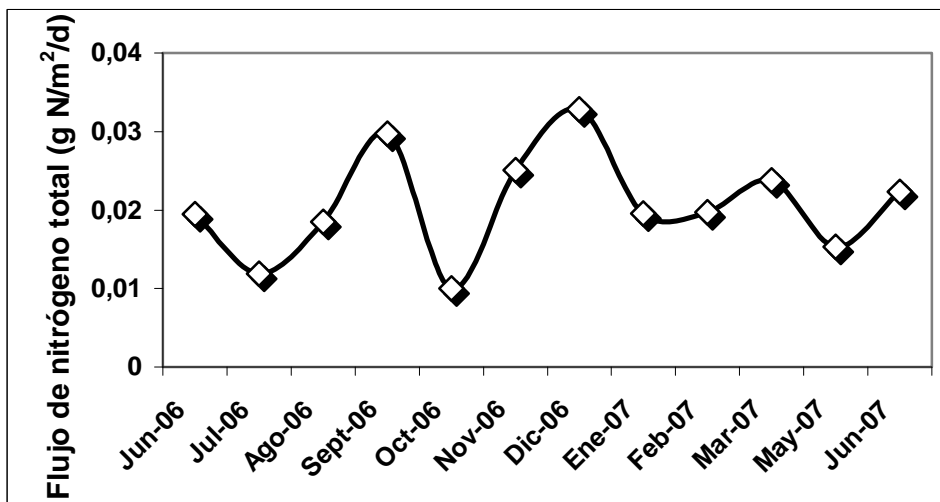


Figura 16. Flujo total de nitrógeno total hacia la laguna de Zóñar desde los tres arroyos que desaguan en ella desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly total nitrogen flux of all streams draining to Zóñar lake from June 2006 until June 2007.*

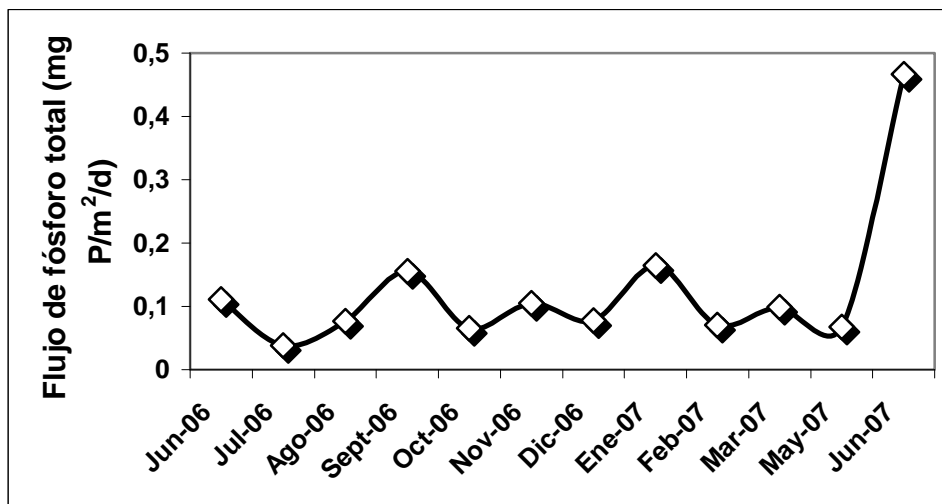


Figura 17. Flujo total de fósforo total hacia la laguna de Zóñar desde los tres arroyos que desaguan en ella desde Junio de 2006 a Junio de 2007. *Monthly total phosphorus flux of all streams draining to Zóñar lake from June 2006 until June 2007.*

## FÍSICO-QUÍMICA LACUSTRE

### La luz en el agua

Éste es el aspecto abiótico fundamental del estudio, dada su dependencia de la actividad de las carpas y su extraordinaria incidencia sobre los demás componentes del lago. Durante el año de estudio, los valores de la transparencia del agua ascendieron a  $2,24 \pm 1,62$  metros, siendo 1,35 metros la transparencia en el mes anterior a la retirada de las carpas (Fig. 18).

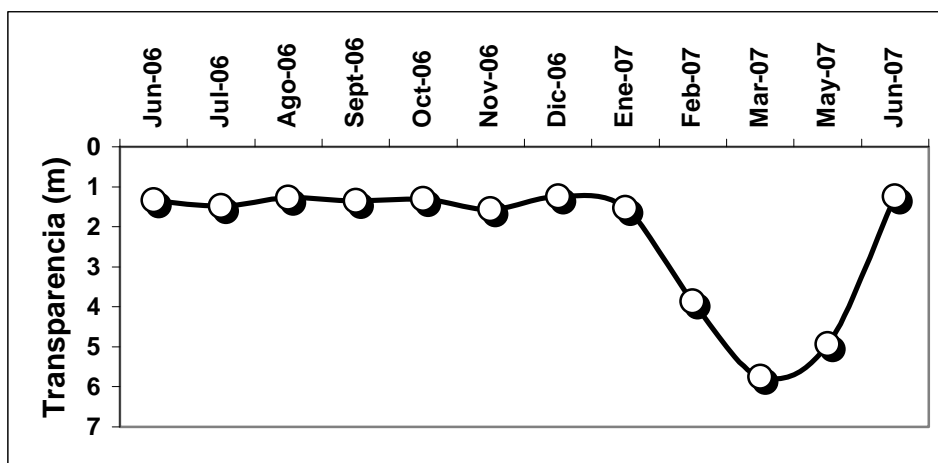


Figura 18. Transparencia del agua en la laguna de Zóñar durante el periodo Junio de 2006-Junio de 2007. Las carpas se retiraron antes del muestreo de Julio de 2006. *Water transparency in Zóñar lake from June 2006 until June 2007. Carps were withdrawn before starting sampling.*

En el año 1993, cuando ya la densidad de carpas era notable, el promedio de transparencia fue de  $1,12 \pm 0,45$  metros (Fig. 19; FERNÁNDEZ DELGADO, datos inéditos), una cifra sensiblemente inferior a la encontrada tras la eliminación de las carpas (compárese con la Fig. 18), pero también mucho menor a los datos de la época en la cual la laguna tenía una mayor población de malvasías (1984), cuando la transparencia fue de  $2,08 \pm 0,77$  metros (FERNÁNDEZ DELGADO & *al.*, 1984; Fig. 20).

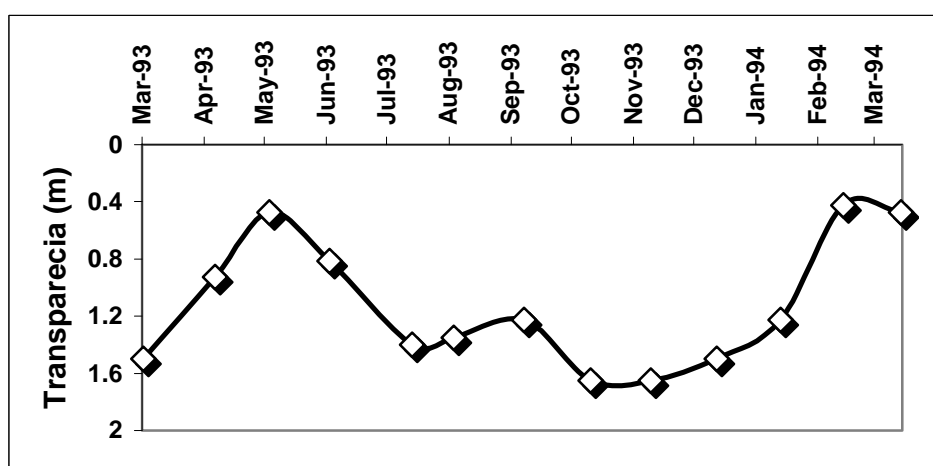


Figura 19. Transparencia del agua en la laguna de Zóñar durante el periodo Marzo de 1993-Marzo de 1994. *Water transparency in Zóñar lake from March 1993 until March 1994. Source: FERNÁNDEZ DELGADO, unpublished data.*



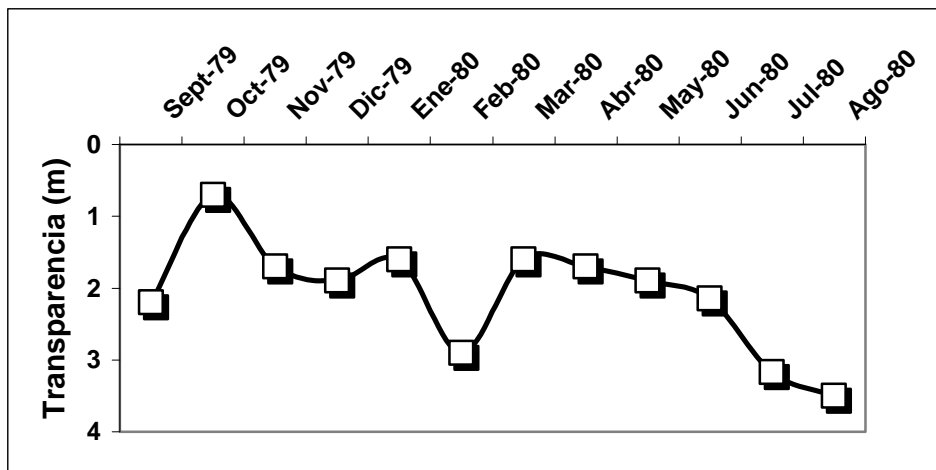


Figura 20. Transparencia del agua en la laguna de Zóñar durante el periodo Septiembre de 1979-Agosto de 1980. *Water transparency in Zóñar lake from March 1993 until March 1994. Source: FERNÁNDEZ DELGADO & al., 1984.*

La pauta estacional de la transparencia ha sido muy diferente en los tres periodos de estudio, pues en 1979-1980 el mínimo se dio en otoño, mientras que en 1993-1994 fue en primavera. Tras la retirada de las carpas en Julio de 2006, se aprecia una caída notable en la primavera del año siguiente (Fig. 18).

Resumiendo, la transparencia del agua fue más alta durante más tiempo a comienzos de la década de 1980, para disminuir después por efecto de las carpas (entre otros motivos) y aumentar tras la retirada de éstas en 2006-2007, periodo en el cual la variabilidad fue más importante que en las anteriores fases (Fig. 21). Queda por confirmar, no obstante, si se mantendrá esta tendencia a la mejora de la transparencia en los años venideros, con el consiguiente efecto sobre las poblaciones de plantas sumergidas.

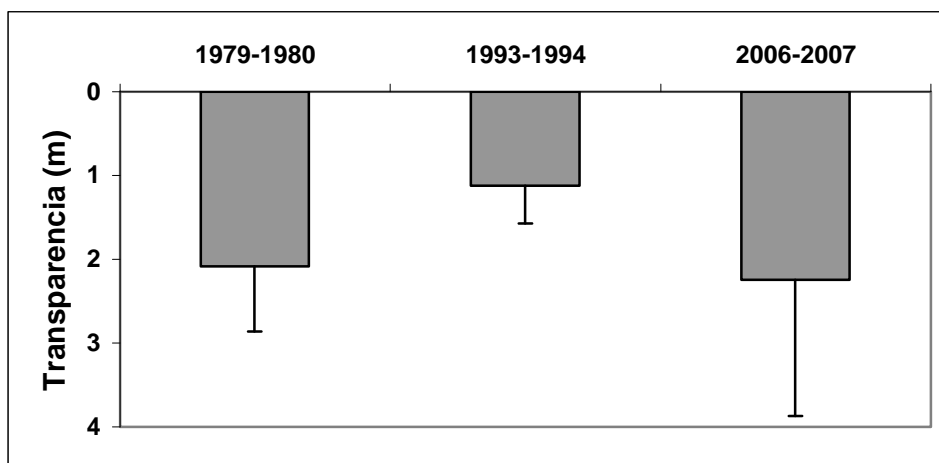


Figura 21. Evolución de la transparencia del agua en la laguna de Zóñar a largo plazo, con cálculos basados en un año entero de registros mensuales. Datos de FERNÁNDEZ DELGADO & al. (1984), FERNÁNDEZ DELGADO (inéditos) y de este estudio. *Long term water transparency of Zóñar lake, showing annual averages and standard deviations. Data sources: FERNÁNDEZ DELGADO & al. (1984 and unpublished) and this study.*

Asumiendo que –aproximadamente- el 1% de la radiación visible incidente llega hasta el doble de la profundidad de la transparencia (TALLING, 1971), con los datos de la Figura 18 podemos aseverar que durante el último año de muestreos la luz ha alcanzado unas profundidades de 2,6-11,6 metros en la laguna.

Ahora bien, ¿qué factores han condicionado la transparencia del agua? Sabiendo que los más importantes son la clorofila fitoplanctónica, la materia en suspensión, el color intrínseco del agua (el carbono orgánico) y –para Zóñar- las carpas, hemos llevado a cabo un pequeño estudio de regresión entre todos los factores cuantitativos disponibles y la transparencia con el resultado siguiente. Así, en 1993-1994 se obtuvo una relación inversa entre los sólidos en suspensión en el agua, resultado en parte de la actividad de alimentación de las carpas en el sedimento, y la transparencia del agua (Fig. 22;  $p < 0,05$ ). Sin embargo, no hubo tal relación una vez retiradas las carpas ( $p > 0,05$ ). Para el color del agua se carece de datos en 1993-1994 y en 2006-2007 no hubo relación estadísticamente significativa con la transparencia ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, parece haber una relación inversa entre la clorofila fitoplanctónica y la transparencia en este segundo periodo (Fig. 23;  $p < 0,05$ ), lo cual indica que es la comunidad fitoplanctónica la que pasa a controlar parcialmente la luz en

la laguna en este periodo, a diferencia de lo que sucedía cuando había carpas, momento en el cual éstas eran responsables en parte de las disminuciones de la transparencia.

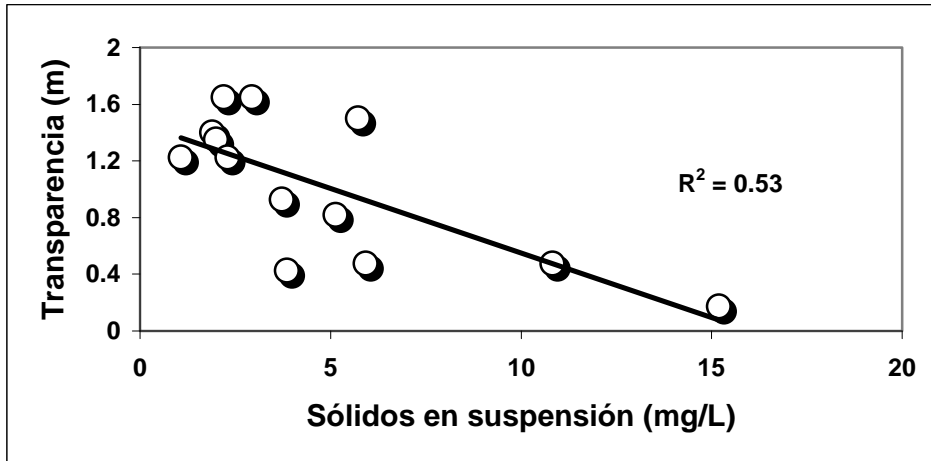


Figura 22. Relación entre la transparencia del agua y los sólidos en suspensión en el periodo 1993-1994. Esta última variable se ha promediado para la profundidad de visión del disco de Secchi, que se usa para medir la transparencia. *Suspended solids and water transparency in Zóñar lake in 1993-1994. Sources: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).*

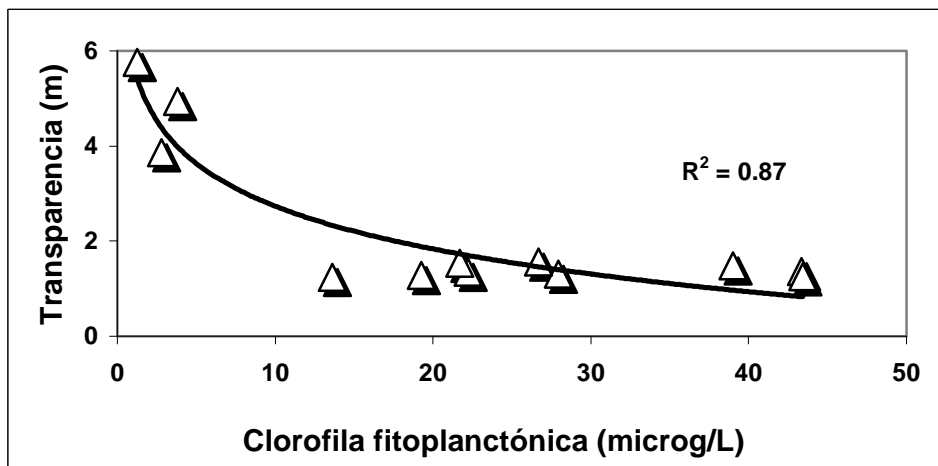


Figura 23. Relación entre la clorofila del fitoplancton y la transparencia del agua para el periodo 2006-2007. La clorofila se ha promediado en la columna de agua hasta la profundidad de visión del disco de Secchi, usada para medir la transparencia. *Chlorophyll-a and water transparency in Zóñar lake in 2006-2007.*

Por último y a título de curiosidad, presentamos un perfil de la extinción de la luz en el agua, medido con un fotómetro en Junio de 2007, cuando llegaba luz hasta los nueve metros de profundidad y la capa fótica (por definición, aquella a la que llega el 1% de la radiación visible incidente en la superficie del agua) alcanzaba los 7,5 metros (Fig. 24).

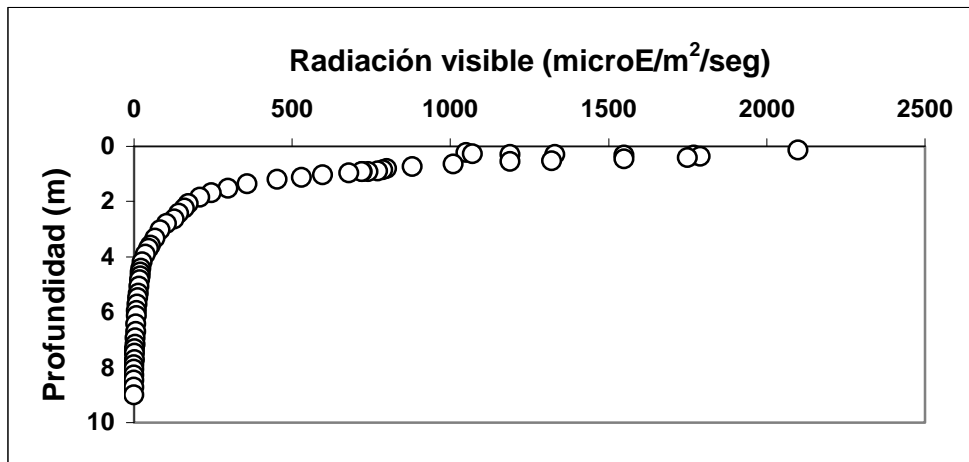


Figura 24. Penetración de la radiación visible en el agua de Zóñar el día 19 de Junio de 2007, medida con un equipo LI-COR, dotado de sensor esférico. *PAR attenuation in Zóñar lake in June, the 19th, 2007, as measured by a LI-COR equipment with a spherical sensor.*

### El régimen térmico

La estratificación térmica se prolongó durante muchos meses, desde Febrero hasta Noviembre (Fig. 25). La temperatura de la columna de agua osciló entre 10 y 26 °C. Esta pauta apenas ha cambiado desde el estudio de FERNÁNDEZ DELGADO & *al.* (1984), realizado en 1979-1980.

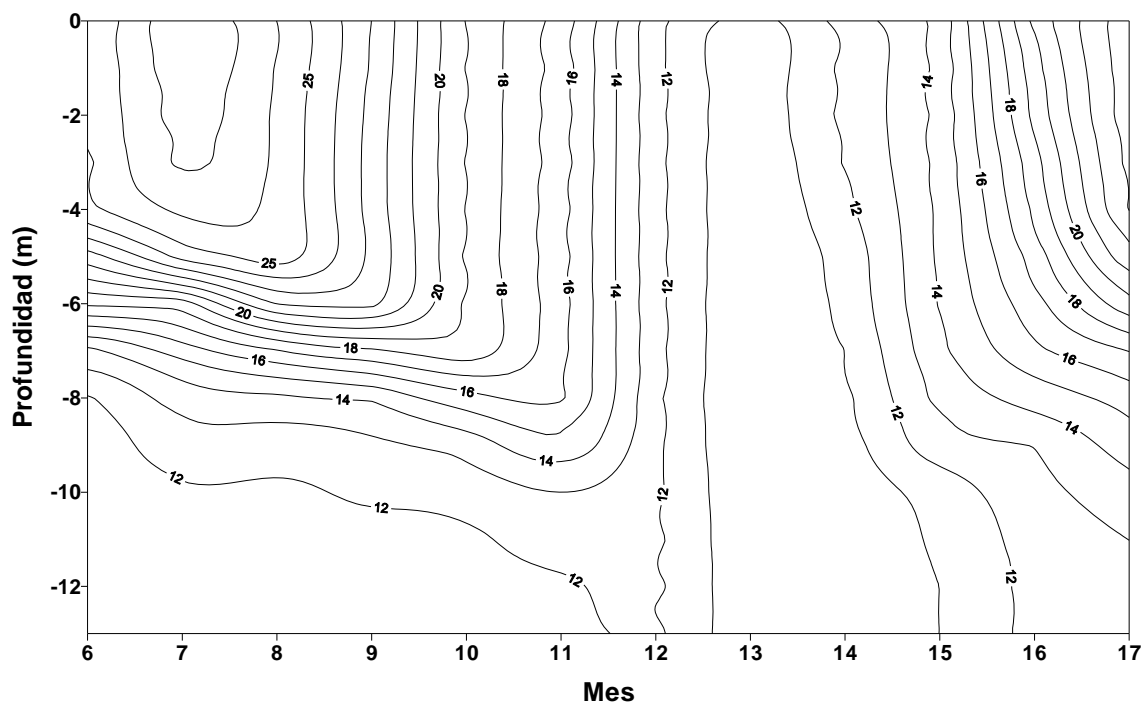


Figura 25. Temperatura (°C) del agua en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) a Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time isotherms (°C) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

### El oxígeno disuelto

La anoxia en las capas profundas de lago ya era perceptible en los estudios de hace tres décadas (FERNÁNDEZ DELGADO & *al.*, 1984), pero no ha hecho sino incrementarse, como se aprecia en las Figuras 26-27. En efecto, la profundidad y la duración de los periodos sin oxígeno en las zonas profundas han ido en aumento y así, en el último año, no se detectó oxígeno desde los 5 metros hacia el fondo durante muchos meses (Fig. 27). Esta anoxia se debe a la acumulación de materia orgánica en las zonas profundas, cuya descomposición bacteriana se realiza con ayuda del oxígeno, eliminando éste. Como la laguna carece de emisarios de salida, no puede reducir la carga orgánica que se va acumulando en el lago y reduce el oxígeno profundo cada vez durante más tiempo del año. El déficit de oxígeno por unidad de área fue de 300 en 1993-1994 y de 421 mg/m<sup>2</sup>/día en 2006-2007. Dicha carga orgánica, como ya hemos visto, no proviene de los arroyos que desaguan a la laguna,

sino que es de producción autóctona o de escorrentía desde los olivares adyacentes. Por ello, la eliminación de la biomasa de carpas (unas 13 Tm) ha supuesto una mejoría en el estado del lago, que debiera favorecerse con otras medidas ambientales (véase más adelante).

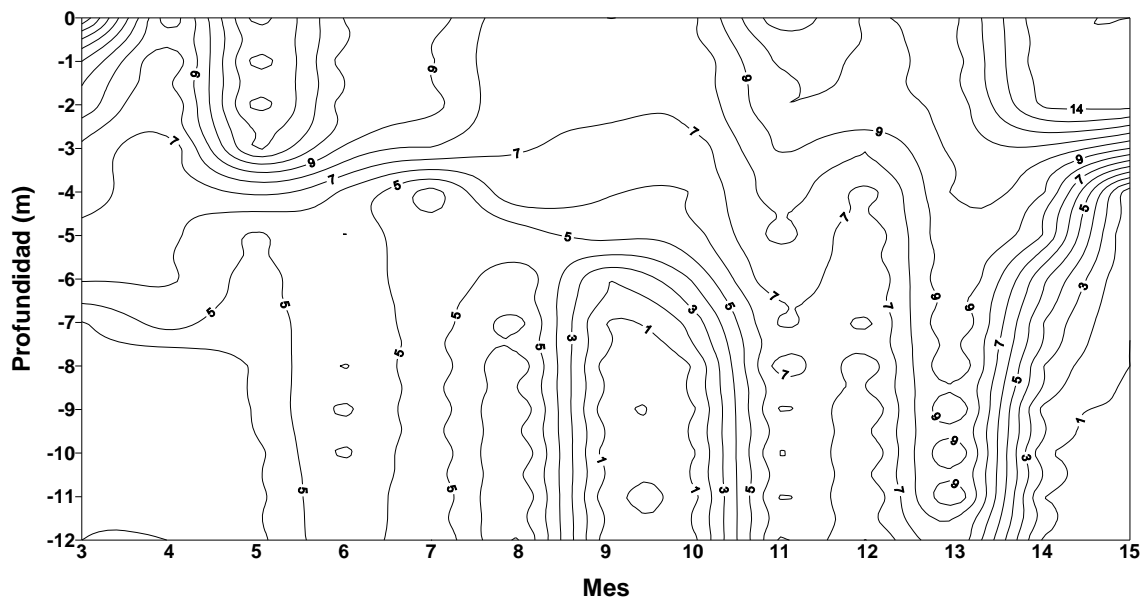


Figura 26. Oxígeno disuelto (mg/L) en el agua de la laguna de Zóñar desde Marzo de 1993 (mes 3º) a Marzo de 1994 (mes 15º). *Depth-time concentration of dissolved oxygen (mg/L) in the water column of Zóñar lake from March 1993 (third month) until March 1994 (fifteenth month). Data source: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).*

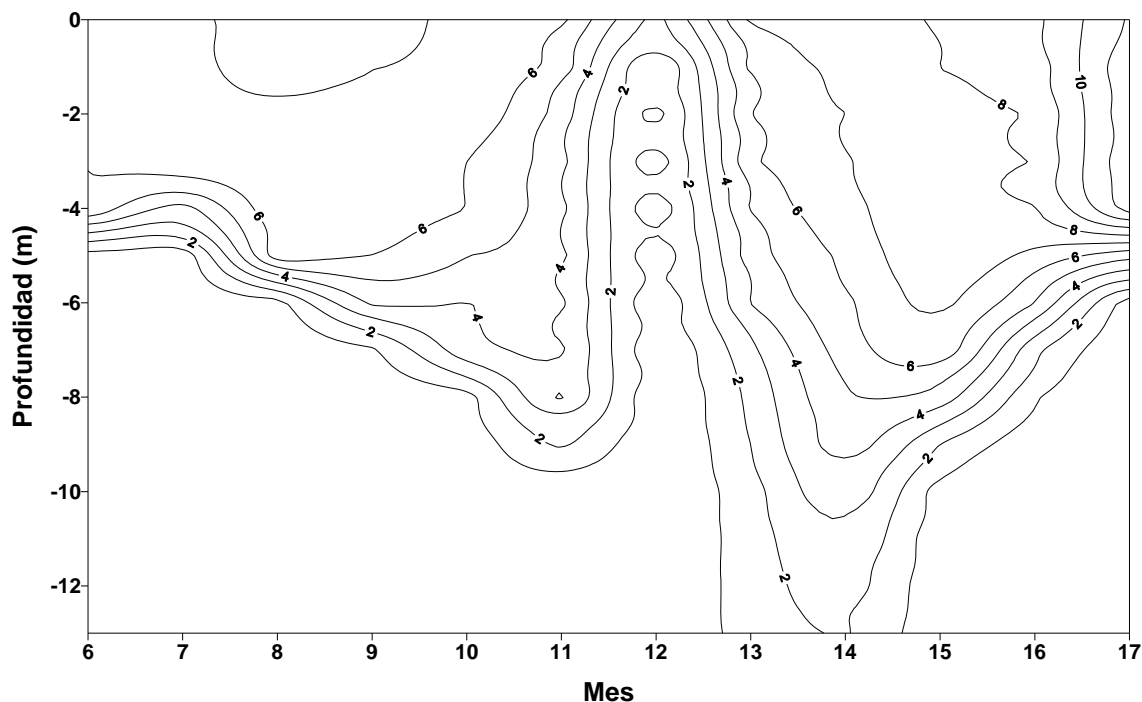


Figura 27. Oxígeno disuelto (mg/L) en el agua de la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) a Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time concentration of dissolved oxygen (mg/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

### La materia en suspensión

La materia en suspensión también ha ido en aumento en Zóñar, como atestiguan las Figuras 28-29. En 1993-1994 oscilaba entre 1 y 36 mg/L ( $4,79 \pm 5,30$  mg/L), pero en nuestro periodo de estudio ha ascendido a 3-30 mg/L ( $9,17 \pm 4,61$  mg/L). En general, la concentración fue siempre mayor cerca del fondo, pero también lo ha sido una vez retiradas las carpas en 2006 respecto a 1993-1994. Si comparamos ambas fases para el hipolimnion, que es donde pudo haber efecto de los peces por la resuspensión del sedimento, vemos que las diferencias entre ambos periodos son estadísticamente significativas (Fig. 30,  $p < 0,05$ ), aumentando hacia 2006-2007, lo cual indica que la retirada de las carpas no ha tenido efecto reductor de la materia en suspensión.

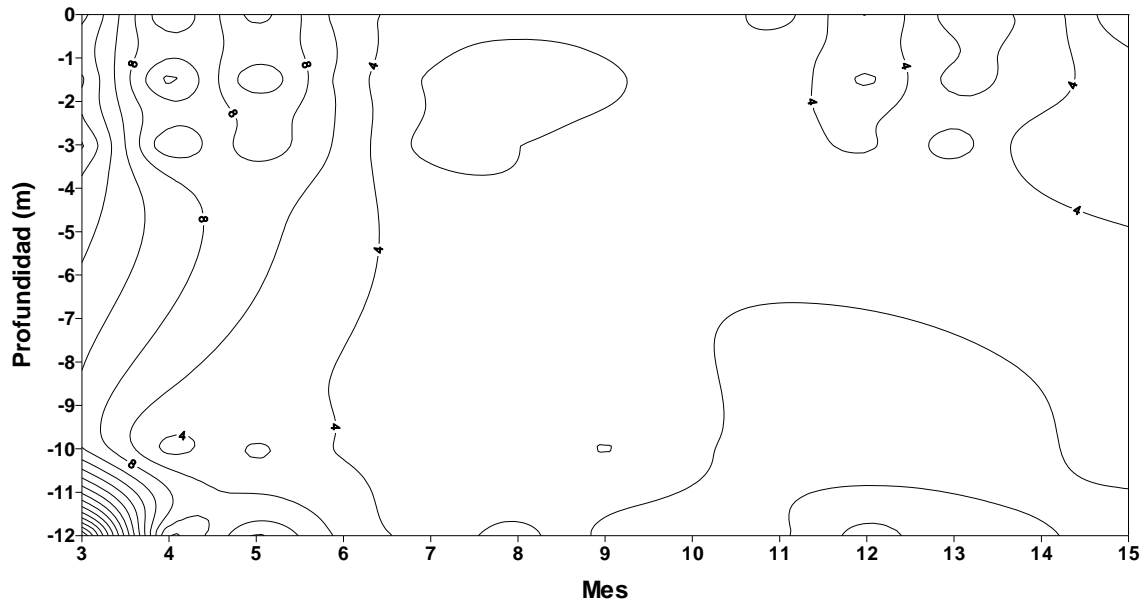


Figura 28. La materia en suspensión (mg/L) en la laguna de Zóñar desde Abril de 1993 (mes 4º) hasta Abril de 1994 (mes 15º). *Depth-time concentration of suspended matter (mg/L) in the water column of Zóñar lake from February 1993 (third month) until March 1994 (fifteenth month). Data source: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).*

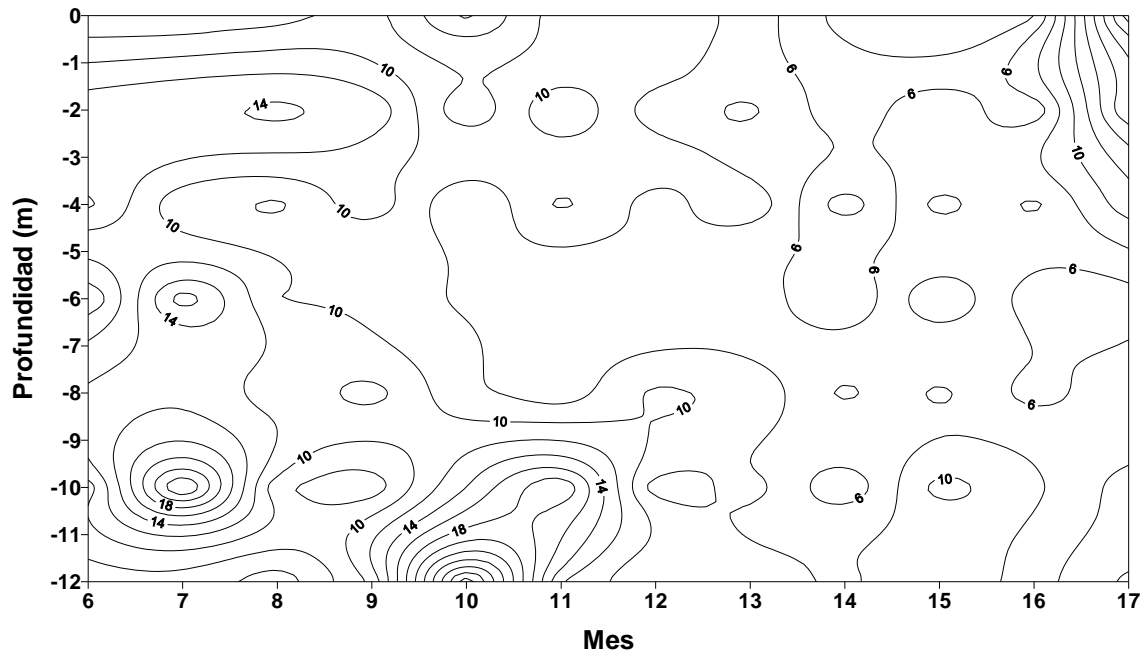


Figura 29. Materia en suspensión (mg/L) en la columna de agua de la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) a Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time concentration of suspended matter (mg/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*





Figura 30. Comparación entre la concentración de la materia en suspensión en promedio para el hipolimnion en dos periodos distintos de la laguna. 1993 corresponde a los muestreos de 1993-1994, realizados por el grupo APHANIUS. 2006 corresponde a nuestros datos de 2006-2007, cuando se habían retirado ya las carpas. La diferencia entre medianas es estadísticamente significativa (“test” de Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ). *Box-whisker plot of averaged suspended matter content in the hypolimnion of Zóñar lake in 1993-1994 (FERNÁNDEZ DELGADO, unpublished) and 2006-2007 (this study). Our data were taken after carp withdrawal. The difference between medians is statistically significant, as judged by a Mann-Whitney test ( $p < 0.05$ ).*

### El pH y la conductividad

El pH es y ha sido siempre alcalino, oscilando en 2006-2007 entre 7,38 y 9,29, con las cifras más bajas en las partes más profundas de la laguna (Fig. 31). Esta circunstancia fue similar en 1993-1994.

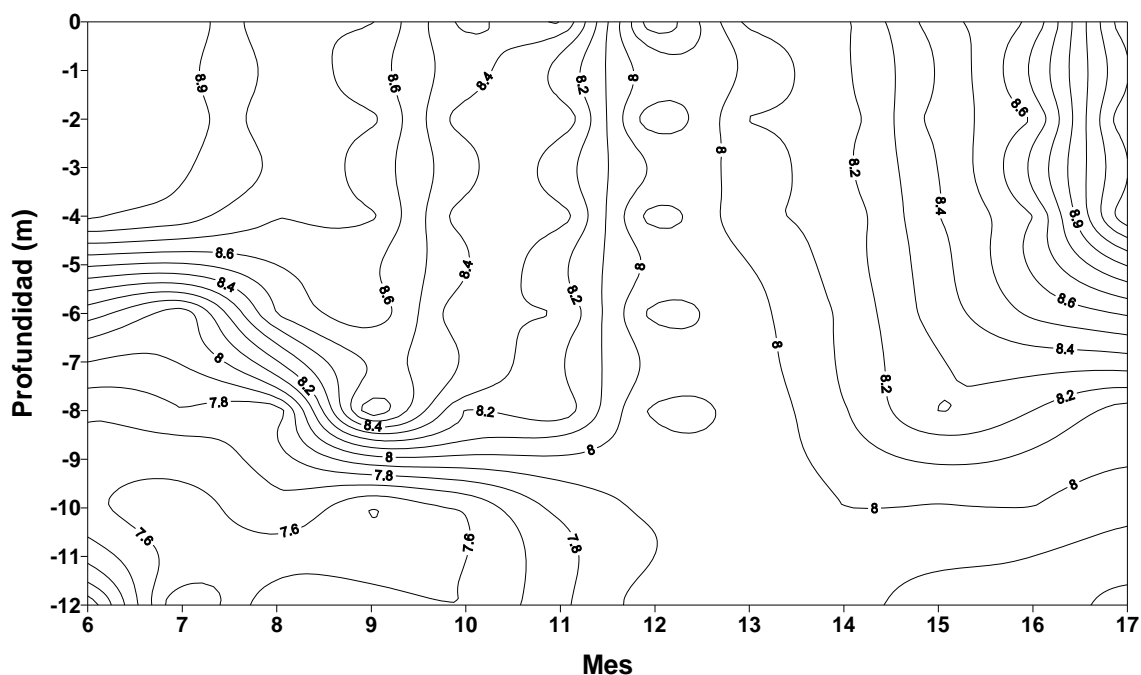


Figura 31. Distribución del pH con la profundidad en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6°) a Junio de 2007 (mes 17°). *Depth-time pH content in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

En cuanto a la conductividad, varió entre 2,40 y 3,40 mS/cm, siendo superior –es decir, teniendo la laguna más sales- en el verano (Fig. 32). Las variaciones en la columna de agua fueron escasas, lo cual indica que la densidad de las capas de agua en la laguna se debió fundamentalmente a la temperatura y no hubo estratos especiales por acumulación salina profunda.

### **Alcalinidad, carbono orgánico disuelto y sílice**

La laguna es moderadamente alcalina (1,95-4,98 meq/L) y no tiene demasiado carbono orgánico disuelto (2,7-15,4 mg C/L). El color del agua es poco importante y, en la termoclina, por debajo de la zona fótica, se muestra bastante incolora a la vista, aunque en el hipolimnion alcance coloraciones más intensas. Las cifras de color varían entre 6 y 177 mg Pt/L.

En cuanto a la sílice, a menudo muestra una concentración elevada, superior a 50 mg/L.

## Nitrógeno, fósforo y clorofila fitoplanctónica

Las condiciones reductoras de las partes profundas de la columna de agua dan lugar a una amonificación del nitrato, la cual –junto con la mineralización de la materia orgánica- genera unas concentraciones de amonio superiores en esas zonas profundas, hecho que sucede especialmente durante la fase de estratificación (Fig. 32). El amonio osciló entre 0,04 y 5,61 mg/L.

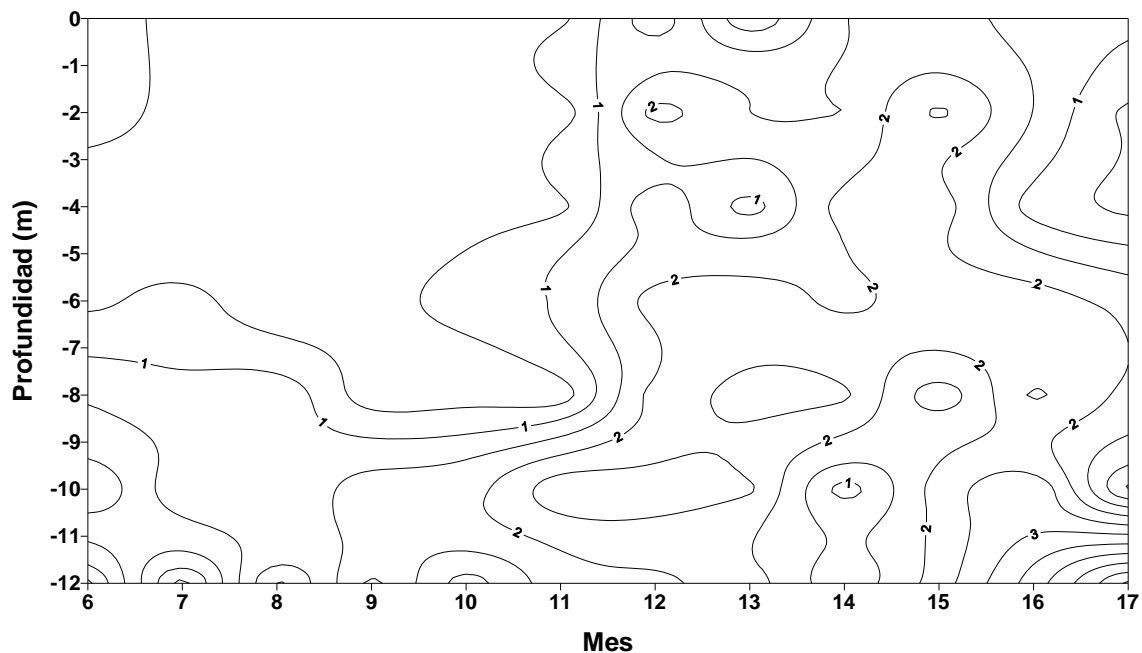


Figura 32. El amonio (mg/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) hasta Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time ammonia concentration (mg/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

A pesar de los valores elevados de nitrato que muestra el arroyo de Zóñar, que refleja la contaminación del acuífero por nitrato agrícola, los valores en la laguna en 2006-2007 no han sido muy elevados, en parte porque los aportes son de poco caudal, como hemos visto ya (Fig. 4), y en parte debido a que la anoxia favorecerá el proceso de desnitrificación. La concentración de nitrato varía entre 0,16 y 1,52 mg/L, con valores inferiores en las capas profundas (Fig. 33). De todos modos, la concentración de nitrato en el agua de Zóñar ha aumentado desde 1993-1994, cuando el rango se encontraba entre

0,14 y 0,29 mg/L (Fig. 34). Esto se confirma con el análisis estadístico de la Figura 35, que indica una mayor concentración de nitrato en la columna de agua en 2006-2007, cuando ya se habían retirado las carpas. Este análisis se ha hecho también con el nitrato en el hipolimnion, dando un resultado similar, es decir, de aumento estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) desde 1993-1994 a 2006-2007. Conviene señalar ahora, sin embargo, que este análisis no es estrictamente válido, dado que han transcurrido 13 años desde una época (1993-1994, con carpas) a otra (2006-2007, sin ellas) y que lo que en realidad se está comprobando es el empeoramiento de la calidad del agua de la laguna en un ecosistema endorreico que acumula sustancias.

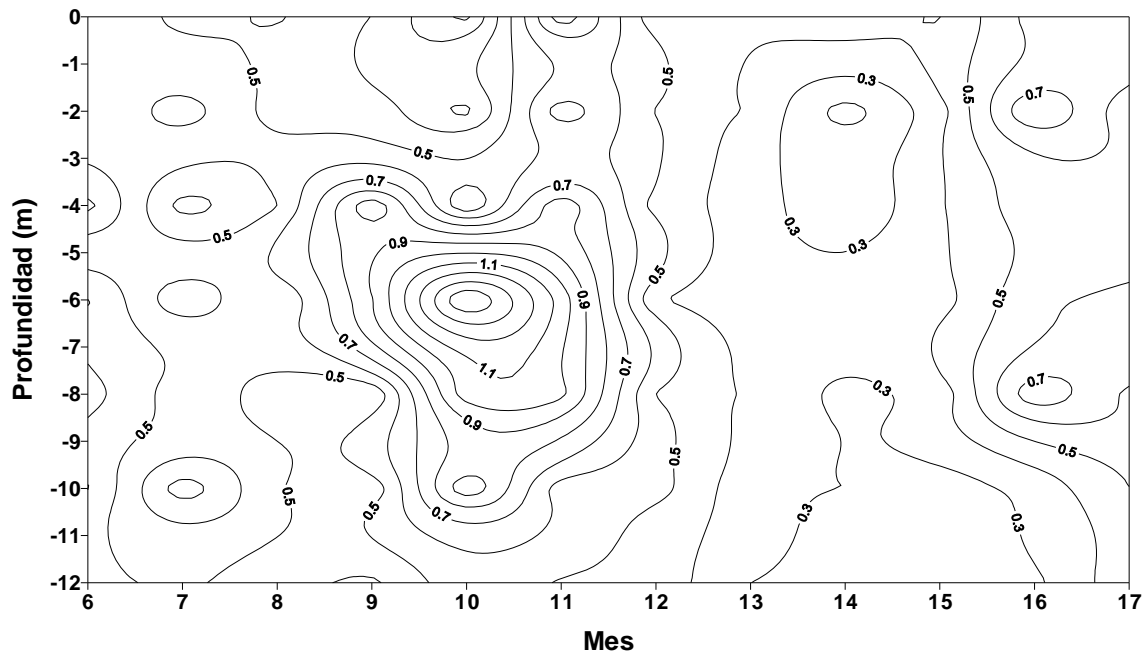


Figura 33. El nitrato (mg/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) hasta Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time nitrate content (mg/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

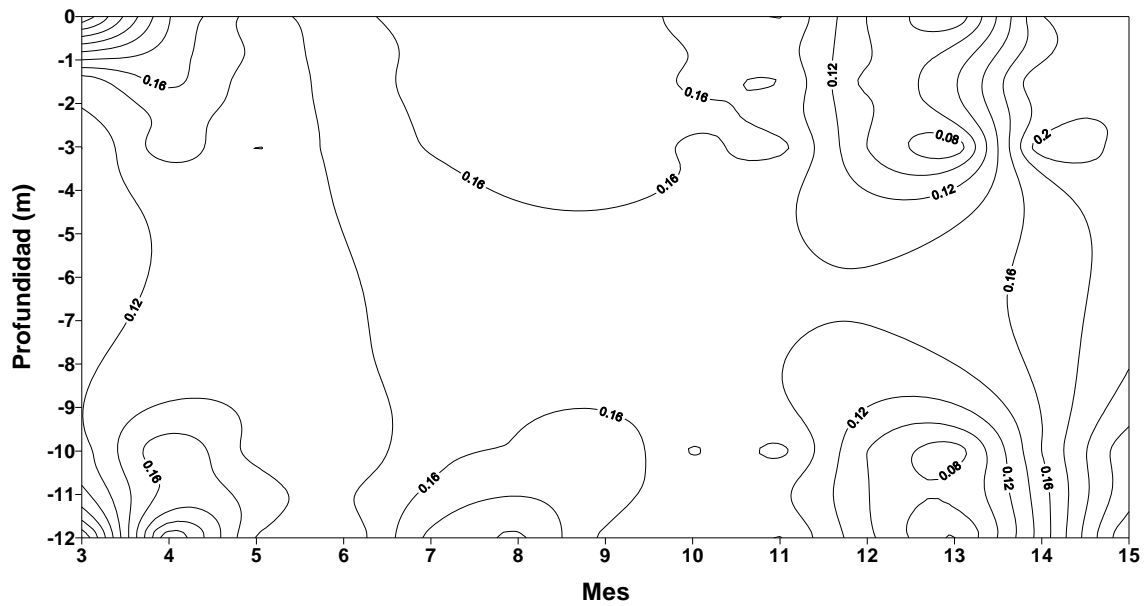


Figura 34. El nitrato (mg/L) en la laguna de Zóñar desde Abril de 1993 (mes 3°) hasta Abril de 1994 (mes 15°). *Depth-time concentration of nitrate in the water column of Zóñar lake from March 1993 (third month) until March 1994 (fifteenth month). Data source: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).*



Figura 35. Comparación entre la concentración de nitrato en promedio para toda la columna de agua en dos periodos distintos de la laguna. 1993 corresponde a los muestreos de 1993-1994, realizados por el grupo APHANIUS. 2006 corresponde a nuestros datos de 2006-2007, cuando se habían retirado ya las carpas. La diferencia entre medianas es estadísticamente significativa (“test” de Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ). *Box-whisker plot of averaged nitrate content in the water column of Zóñar lake in 1993-1994*

(FERNÁNDEZ DELGADO, unpublished) and 2006-2007 (this study). Our data were taken after carp withdrawal. The difference between medians is statistically significant, as judged by a Mann-Whitney test ( $p < 0.05$ ).

El nitrógeno orgánico es lógicamente alto, dada la elevada producción planctónica, oscilando entre 0,34 y 4,08 mg N/L. La sedimentación de la materia particulada nitrogenada es la responsable de que las cifras sean mayores en las capas profundas (Fig. 36).

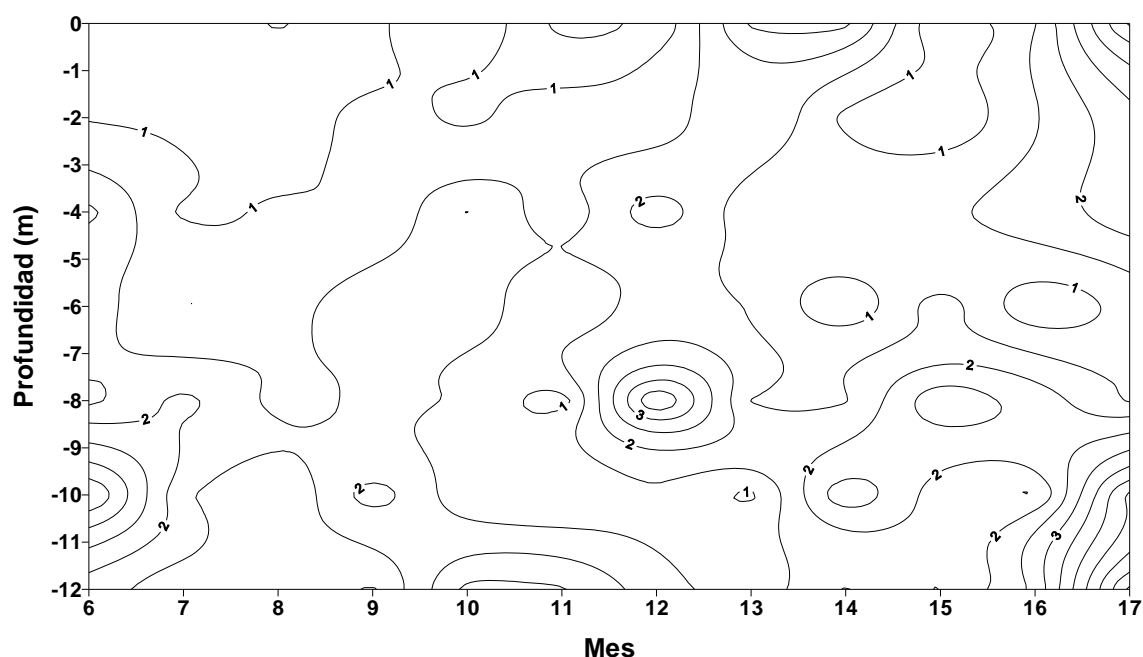


Figura 36. El nitrógeno orgánico (mg N/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) hasta Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time organic nitrogen content (mg N/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

Es el nitrógeno orgánico el principal responsable de las concentraciones de nitrógeno total, dadas las cifras relativamente bajas de nitrógeno inorgánico observadas (Figs. 32-33). Así, el nitrógeno total sigue pautas espacio-temporales similares a las del nitrógeno orgánico, con cifras superiores durante la estratificación y en profundidad (Fig. 37). Sus concentraciones variaron entre 0,54 y 6,22 mg N/L.

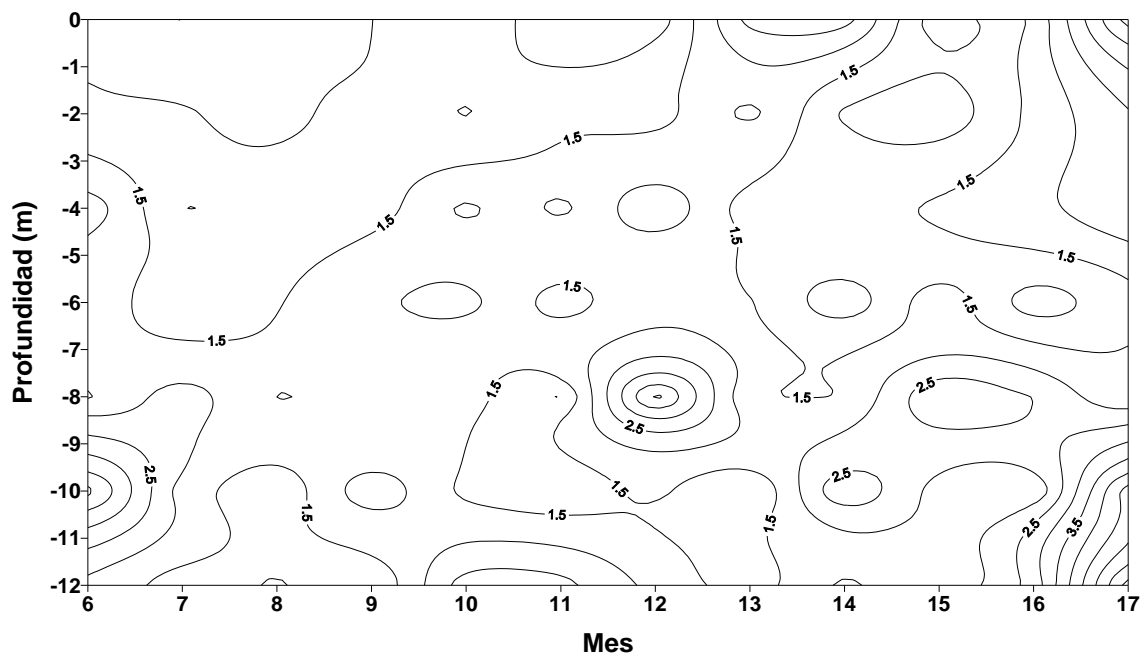


Figura 37. El nitrógeno total (mg N/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) hasta Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time total nitrogen content (mg N/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

Pasando ahora al fósforo, el ortofosfato muestra cifras relativamente bajas casi siempre en 2006-2007, que oscilan entre 0,002 y 0,234 mg/L, con la mayor parte de los valores menores de 0,02 mg/L (Fig. 38). Curiosamente, las concentraciones en las capas profundas no fueron altas en la estratificación de 2006, a pesar de la anoxia que podría haber favorecido una liberación desde el sedimento. Sin embargo, en los comienzos de la estratificación de 2007 sí se aprecia un aumento notable del ortofosfato en las capas profundas, señal de mayor liberación desde el sedimento. Las concentraciones en 1993-1994 fueron análogas (Figs. 39) a las observadas 13 años después, aunque nunca alcanzaran los valores hallados en las capas profundas durante la estratificación de 2007. Un análisis comparativo similar, pero usando sólo los datos del hipolimnion, tampoco ofreció diferencias significativas entre ambos periodos ( $p > 0,05$ ; Fig. 40).

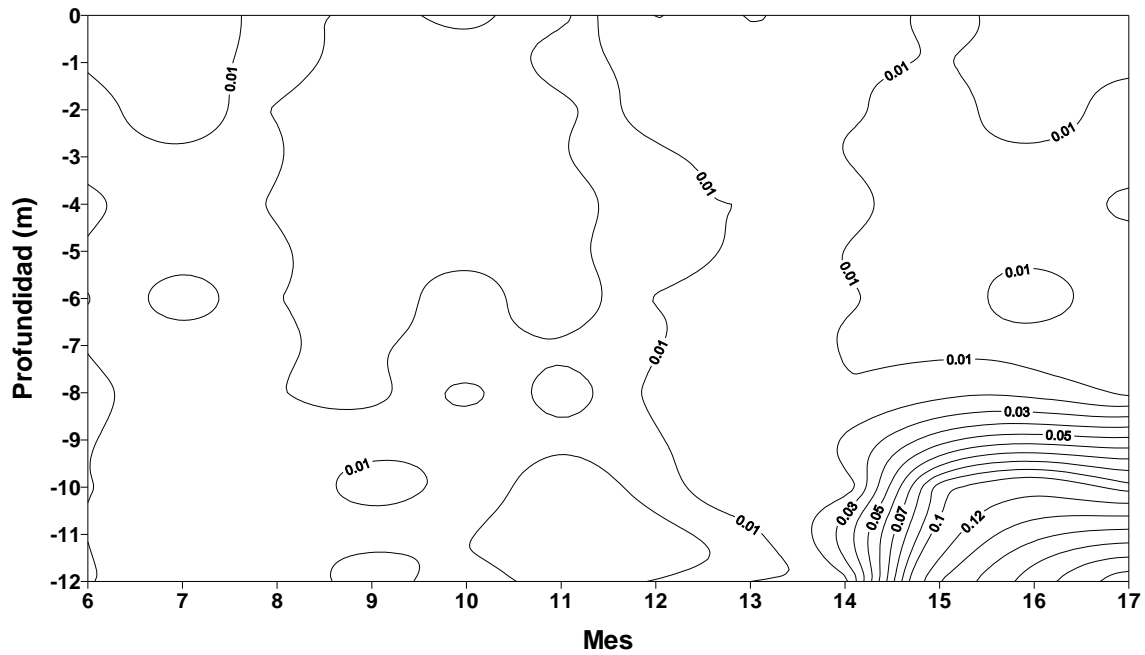


Figura 38. El ortofosfato (mg/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6°) hasta Junio de 2007 (mes 17°). *Depth-time SRP content (mg/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

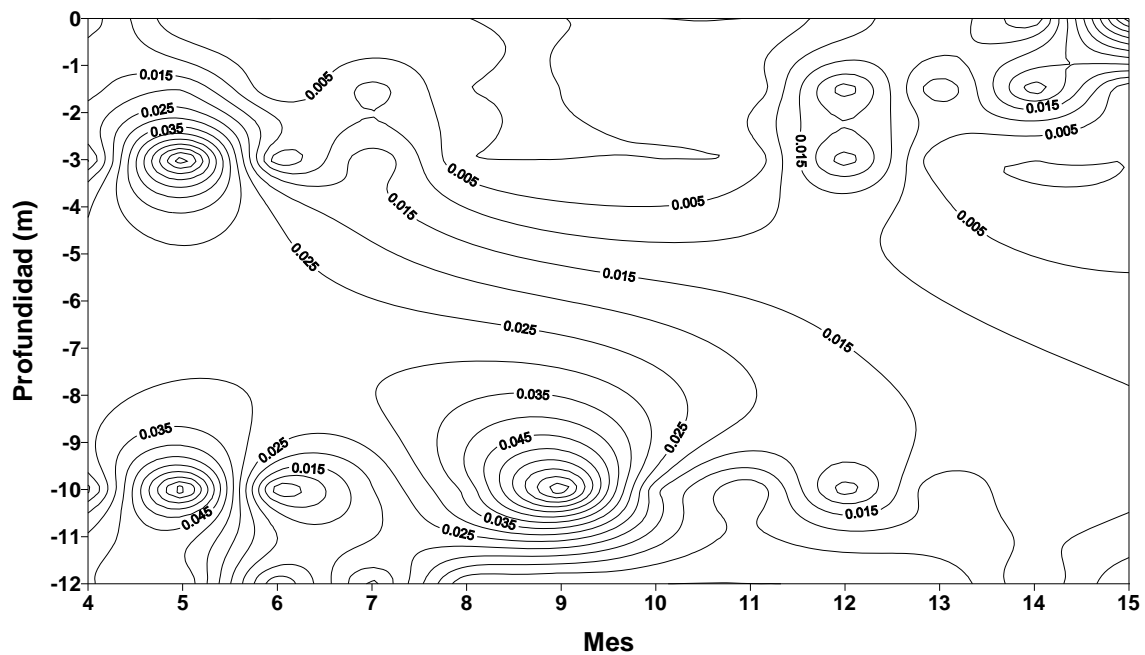


Figura 39. El ortofosfato (mg/L) en la laguna de Zóñar desde Abril de 1993 (mes 4°) hasta Abril de 1994 (mes 15°). *Depth-time concentration of SRP (mg/L) in the water column of Zóñar lake from April 1993 (fourth month) until April 1994 (fifteenth month). Data source: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).*



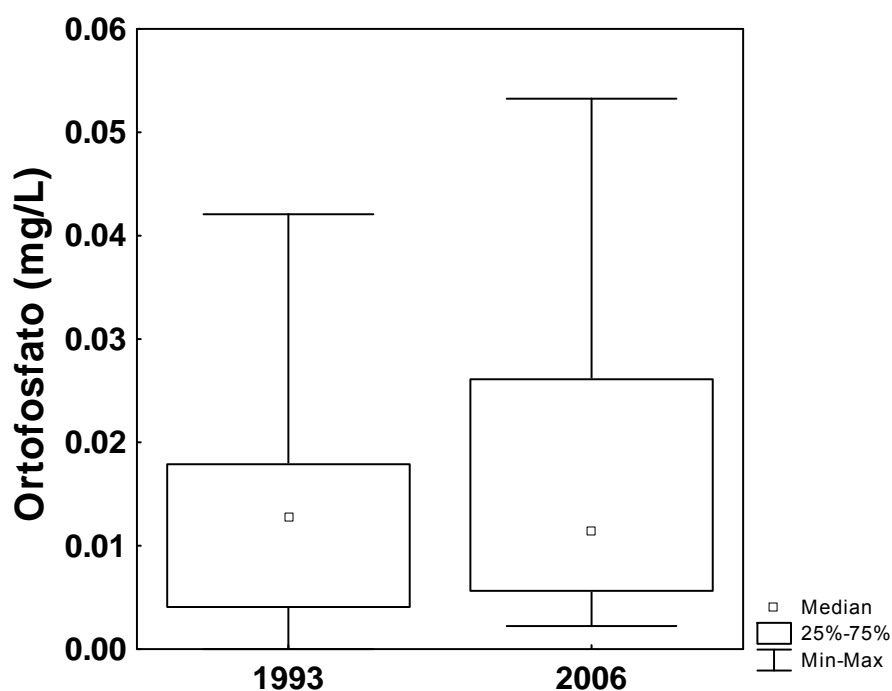


Figura 40. Comparación entre la concentración de ortofosfato en promedio para toda la columna de agua en dos periodos distintos de la laguna. 1993 corresponde a los muestreos de 1993-1994, realizados por el grupo APHANIUS. 2006 corresponde a nuestros datos de 2006-2007, cuando se habían retirado ya las carpas. La diferencia entre medianas no es estadísticamente significativa (“test” de Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). *Box-whisker plot of averaged SRP content in the water column of Zóñar lake in 1993-1994 (FERNÁNDEZ DELGADO, unpublished) and 2006-2007 (this study). Our data were taken after carp withdrawal. The difference between medians is statistically significant, as judged by a Mann-Whitney test ( $p < 0.05$ ).*

En cuanto al fósforo total, su concentración osciló entre 0,005 y 0,367 mg P/L, con valores mayores en las capas profundas, donde la sedimentación de la materia orgánica particulada tendió a acumularlo (Fig. 41). Con respecto al estudio anterior de 1993-1994, la concentración de fósforo total ha ascendido ( $0,019 \pm 0,022$  frente a  $0,049 \pm 0,057$  mg P/L; Fig. 42), pero las pautas verticales de distribución ya entonces eran similares a las actuales, con mayores concentraciones cerca del fondo (Fig. 42). De nuevo, cabe resaltar aquí lo dicho para el nitrato: los aumentos de fósforo total de una época a otra –que también se observan si los análisis sólo se hacen con los datos del hipolimnion ( $p < 0,05$ ; Fig. 43)- no significan que el efecto de la retirada de las carpas haya sido despreciable, sino que ha habido un aumento notable del fósforo con el tiempo debido al carácter endorreico del lago.

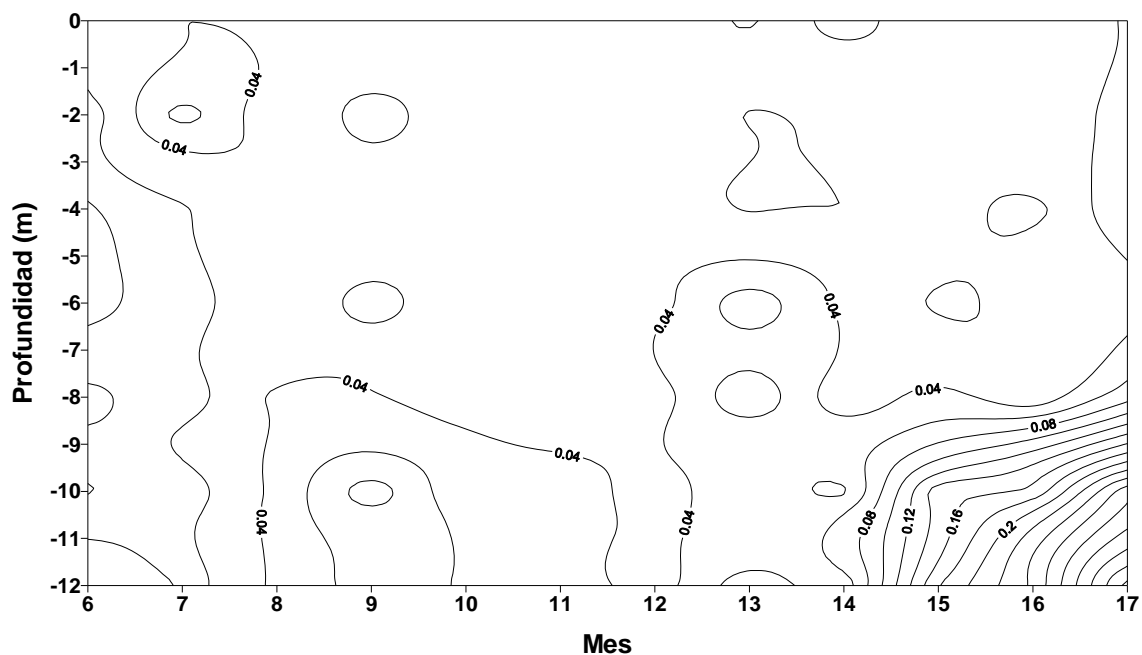


Figura 41. El fósforo total (mg P/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6<sup>o</sup>) hasta Junio de 2007 (mes 17<sup>o</sup>). *Depth-time total phosphorus content (mg P/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

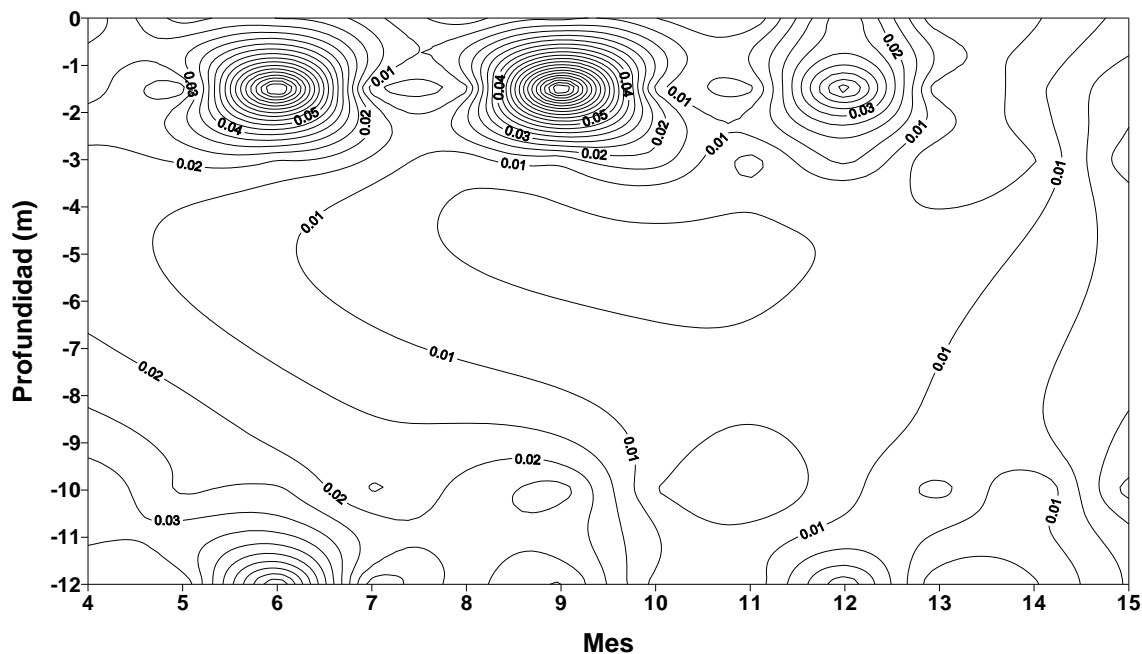


Figura 42. El fósforo total (mg P/L) en la laguna de Zóñar desde Abril de 1993 (mes 4<sup>o</sup>) hasta Abril de 1994 (mes 15<sup>o</sup>). *Depth-time concentration of total phosphorus (mg P/L) in the water column of Zóñar lake from April 1993 (fourth month) until April 1994 (fifteenth month). Data source: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).*

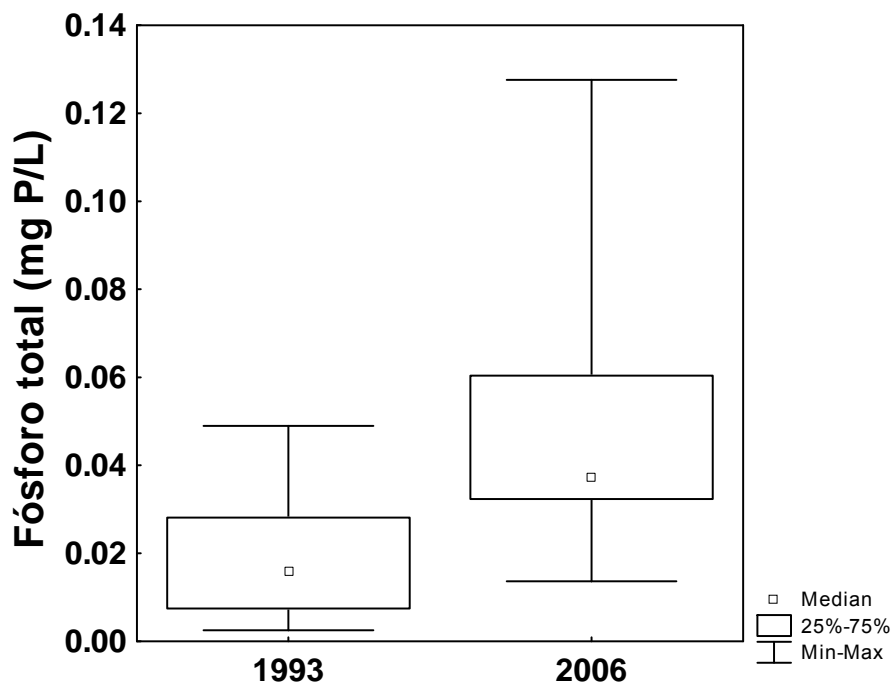


Figura 43. Comparación entre la concentración de fósforo total en promedio para toda la columna de agua en dos periodos distintos de la laguna. 1993 corresponde a los muestreos de 1993-1994, realizados por el grupo APHANIUS. 2006 corresponde a nuestros datos de 2006-2007, cuando se habían retirado ya las carpas. La diferencia entre medianas es estadísticamente significativa (“test” de Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ). *Box-whisker plot of averaged total phosphorus content in the water column of Zóñar lake in 1993-1994 (FERNÁNDEZ DELGADO, unpublished) and 2006-2007 (this study). Our data were taken after carp withdrawal. The difference between medians is statistically significant, as judged by a Mann-Whitney test ( $p < 0.05$ ).*

A juzgar por el cociente nitrógeno total:fósforo total, la producción del fitoplancton estaría limitada por el fósforo (cociente N:P en el epilimnion = 32-540 en átomos).

Finalmente, la clorofila “a” fitoplanctónica mostró cifras que tipifican al lago como claramente eutrófico, con valores que oscilan entre 1,3 y 139 microg/L y distribución en aumento con la profundidad (Fig. 44). Es interesante resaltar las concentraciones tan pequeñas encontradas desde Febrero a Abril de 2007, fruto quizá de la ausencia de las carpas, que habría favorecido una proliferación de zooplancton (véase el apartado de PLANCTON), el cual habría

reducido notablemente la concentración de fitoplancton y, por tanto, de clorofila “a”.

En la década anterior, la clorofila varió entre 3 y 101 microg/L, si bien sus máximos fueron más conspicuos a profundidades intermedias de la columna de agua (Fig. 45). Comparando los datos de ambas décadas en la capa iluminada del lago, no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ambos periodos (Fig. 46;  $p < 0,05$ ), lo cual indica que no ha habido cambios de importancia en esa variable entre una fase y otra.

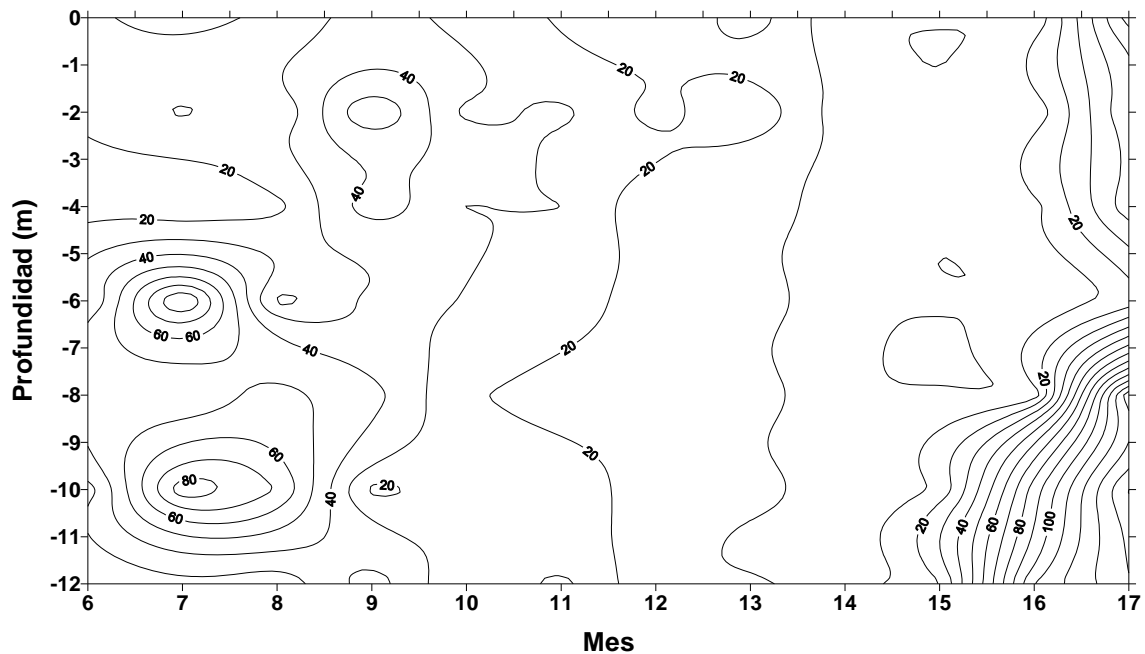


Figura 44. La clorofila “a” del fitoplancton (microg/L) en la laguna de Zóñar desde Junio de 2006 (mes 6º) hasta Junio de 2007 (mes 17º). *Depth-time chlorophyll-a content (microg/L) in the water column of Zóñar lake from June 2006 (sixth month) until June 2007 (seventeenth month).*

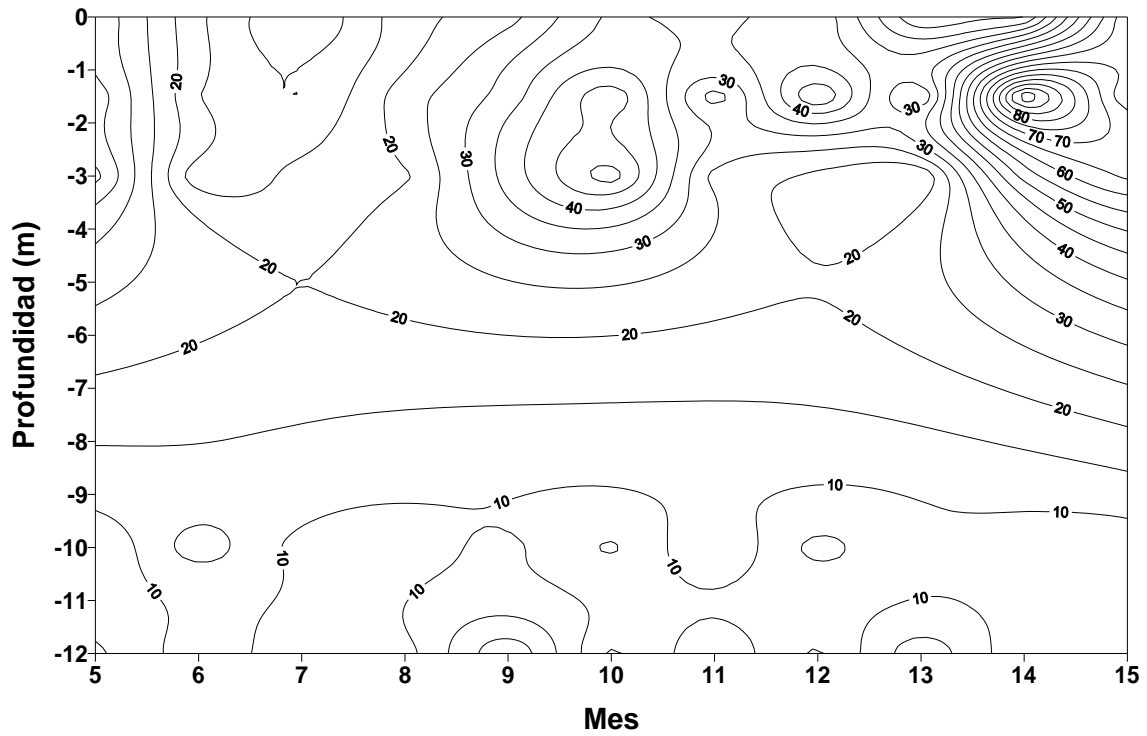


Figura 45. La clorofila "a" del fitoplancton (microg/L) en la laguna de Zóñar desde Mayo de 1993 (mes 5º) hasta Abril de 1994 (mes 17º). *Depth-time concentration of chlorophyll-a (microg/L) in the water column of Zóñar lake from May 1993 (fifth month) until April 1994 (fifteenth month).* Data source: FERNÁNDEZ DELGADO (unpublished).

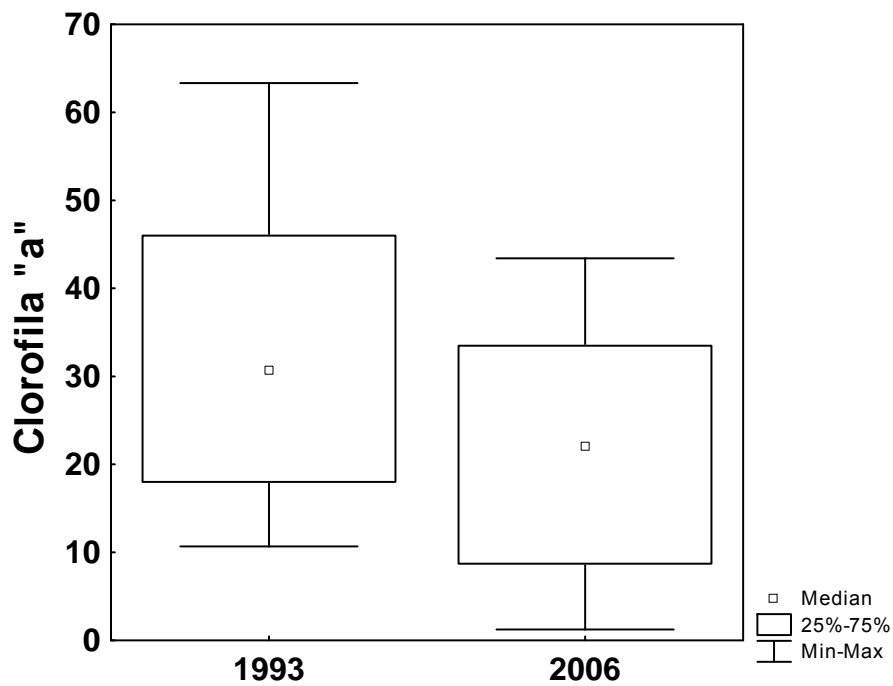


Figura 46. Comparación entre la concentración de clorofila “a” fitoplanctónica en promedio para la capa fótica para dos periodos distintos de la laguna. 1993 corresponde a los muestreos de 1993-1994, realizados por el grupo APHANIUS. 2006 corresponde a nuestros datos de 2006-2007, cuando se habían retirado ya las carpas. La diferencia entre medianas no es estadísticamente significativa (“test” de Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ). *Box-whisker plot of photic-layer averaged chlorophyll-a content of Zóñar lake in 1993-1994 (FERNÁNDEZ DELGADO, unpublished) and 2006-2007 (this study). Our data were taken after carp withdrawal. The difference between medians is statistically significant, as judged by a Mann-Whitney test ( $p < 0.05$ ).*

### **La eutrofia de las aguas en Zóñar**

Para determinar el grado de eutrofia de la laguna nos hemos fijado en la concentración de fósforo total medido en la laguna y en los arroyos de Zóñar y de la Carrizosa, lo que permite comparar la calidad del agua que entra por los arroyos y la embalsada en la laguna.

En la Tabla 2 se representan los criterios de eutrofia de las aguas en función de las variables ambientales utilizadas con mayor frecuencia (ÁLVAREZ COBELAS & *al.*, 1991).

En este sentido puede afirmarse que las aguas de la laguna de Zóñar para el periodo noviembre 2006-mayo 2007 variaron de mesótrofas a ocasionalmente eútrofas, mientras que las de los arroyo pueden clasificarse como claramente eútrofas. De todos modos, la composición y biomasa del fitoplancton tipifica la laguna como claramente eutrófica.

En lo que se refiere al contenido de nitratos, puede observarse claramente en la Figura 47, que los aportes de agua procedentes de los arroyos suponen una entrada importante de nitrógeno a ciertas zonas de la cubeta lacustre. Estos aportes de nitratos seguramente tengan su origen en las actividades agrícolas que se realizan en el entorno de la laguna.

Tabla 2. Criterios de eutrofia para ambientes estancados (promedios anuales) (adaptado de ÁLVAREZ COBELAS & al., 1991). *Eutrophication criteria for stagnant water bodies, yearly averages (from ÁLVAREZ COBELAS & al., 1991).*

Tipo de agua	Fósforo total (mg P/L)/Total Phosphorus	Clorofila "a" (microg/L)/Chlorophyll-a	Transparencia (m)/Water transparency	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	DQO <sub>5</sub> * (mg O <sub>2</sub> /L)
Oligótrofa/Oligotrophic	< 0,01	< 2,5	> 6	< 0,3	< 0,6
Mesótrofa/Mesotrophic	0,01-0,03	2,5-8	6-3	0,3-3,0	0,6-6,0
Eutrofa/Eutrophic	0,031-0,1	8,5-25	2,9-1,5	3,1-10	6,1-20
Hipereutrofa/Hypertrophic	>0,1	> 25	< 1,5	> 10	> 22

\* al dicromato. *Dichromate measured.*



Figura 47. El control de la calidad del agua que entra por los arroyos a la laguna de Zóñar es necesario para garantizar la recuperación de la laguna. En

la fotografía puede observarse el aspecto de la desembocadura del arroyo de la Carrizosa en Enero de 2007 (Foto TRAGSA). *Water quality control of discharges to Zóñar lake is necessary to restore this lake. The picture shows Carrizosa inlet in January 2007 (photograph by TRAGSA).*

## LA SEDIMENTACIÓN EN LA LAGUNA

La sedimentación total de materiales osciló entre 20 y 50 g/m<sup>2</sup>/día, siendo algo mayor en el hipolimnion (Fig. 48). No mostró pautas claras de tipo estacional. Ignoramos si la retirada de las carpas, ocurrida en Julio de 2006, pudo reflejarse en la sedimentación, pues carecemos de datos de tasas de sedimentación anteriores a ella.

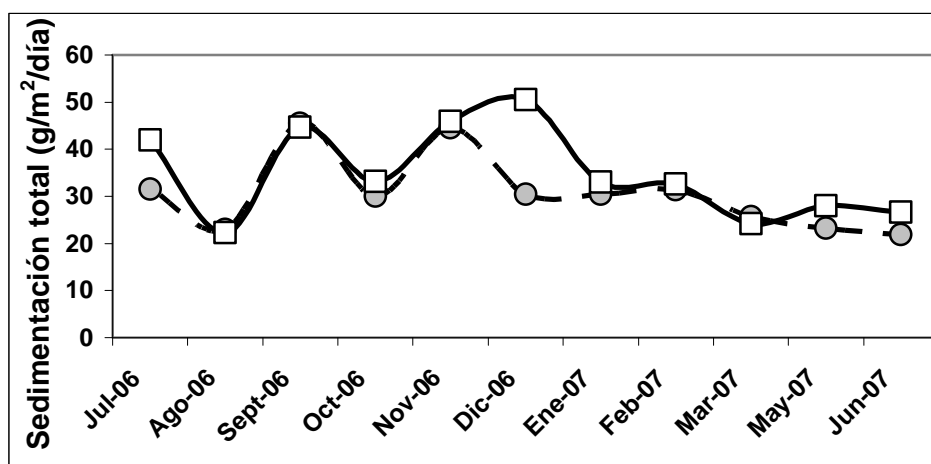


Figura 48. La sedimentación total mensual en la laguna de Zóñar, desde Julio de 2006 a Junio de 2007. Círculos: epilimnion; cuadrados: hipolimnion. *Monthly total settling rate in Zóñar lake from July 2006 to June 2007. Circles: epilimnetic sedimentation; squares: hypolimnetic sedimentation.*

La mayor parte de la sedimentación es de índole orgánica, pues la estrictamente mineral resultó ser alrededor de una quinta parte de la total (Fig. 49). Las pautas temporales de la sedimentación mineral parecen similares a las de la total, excepto a finales del verano, cuando el componente orgánico de la sedimentación fue relativamente mayor (Fig. 50), lo cual pudo deberse al clásico aumento de la sedimentación orgánica en esas fechas (WETZEL, 2001).



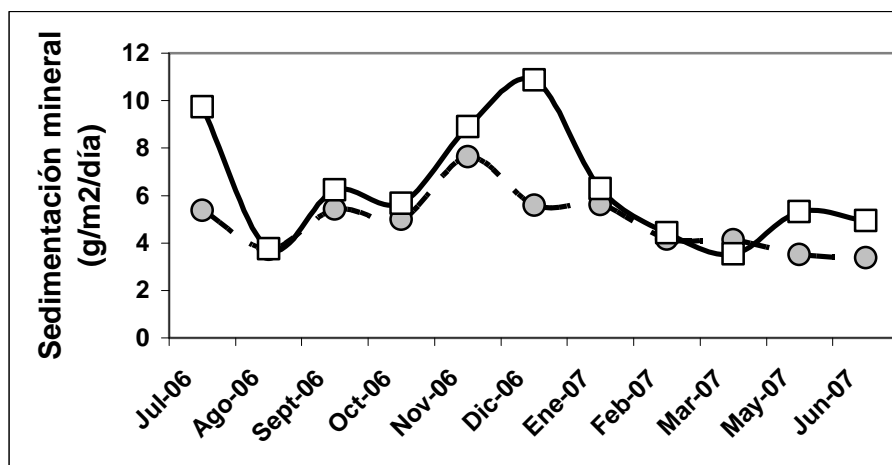


Figura 49. La sedimentación mineral mensual en la laguna de Zóñar, desde Julio de 2006 a Junio de 2007. Círculos: epilimnion; cuadrados: hipolimnion. *Monthly mineral settling rate in Zóñar lake from July 2006 to June 2007. Circles: epilimnetic sedimentation; squares: hypolimnetic sedimentation.*

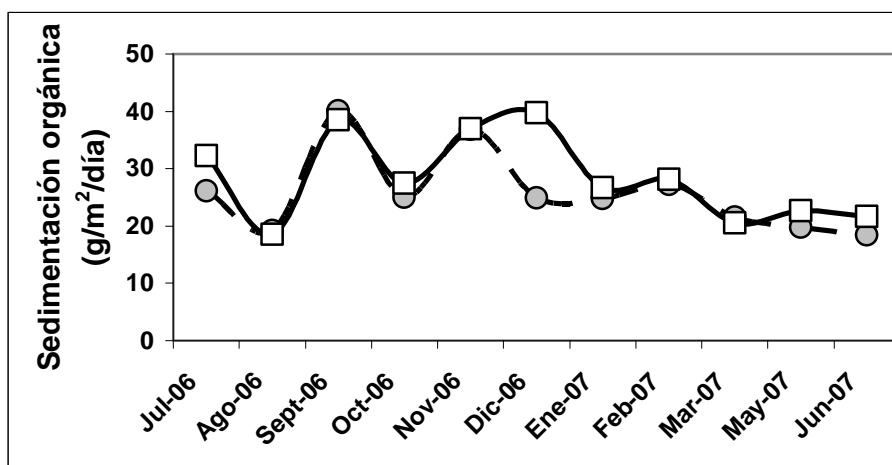


Figura 50. La sedimentación orgánica mensual en la laguna de Zóñar, desde Julio de 2006 a Junio de 2007. Círculos: epilimnion; cuadrados: hipolimnion. *Monthly organic settling rate in Zóñar lake from July 2006 to June 2007. Circles: epilimnetic sedimentation; squares: hypolimnetic sedimentation.*

El nitrógeno y el fósforo totales mostraron un máximo sedimentario al comienzo de la mezcla, más notable en el hipolimnion (Figs. 51-52), quizá por resuspensión y posterior sedimentación en las trampas de nitrógeno ya depositado previamente en el sedimento. En el caso del nitrógeno, osciló entre 0,02 y 0,3 g N/m<sup>2</sup>/día, mientras que el fósforo varió entre 0,002 y 0,025 g P/m<sup>2</sup>/día.

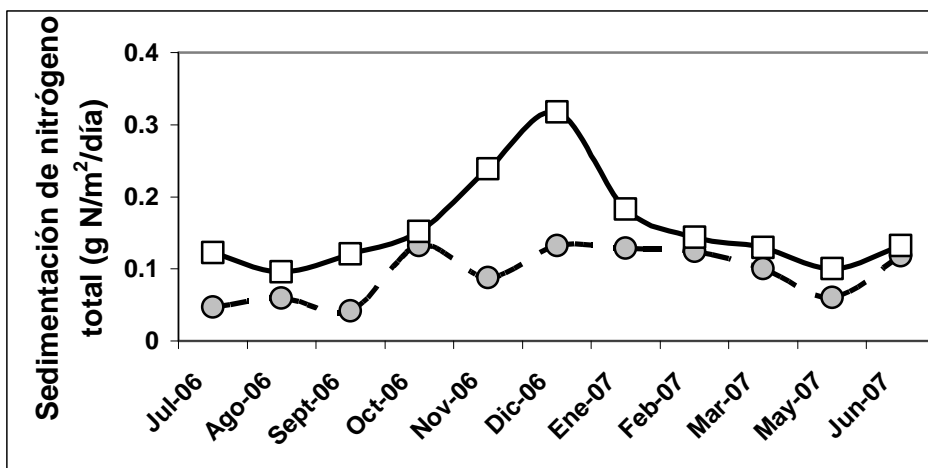


Figura 51. La sedimentación mensual de nitrógeno total en la laguna de Zóñar, desde Julio de 2006 a Junio de 2007. Círculos: epilimnion; cuadrados: hipolimnion. *Monthly total nitrogen settling rate in Zóñar lake from July 2006 to June 2007. Circles: epilimnetic sedimentation; squares: hypolimnetic sedimentation.*

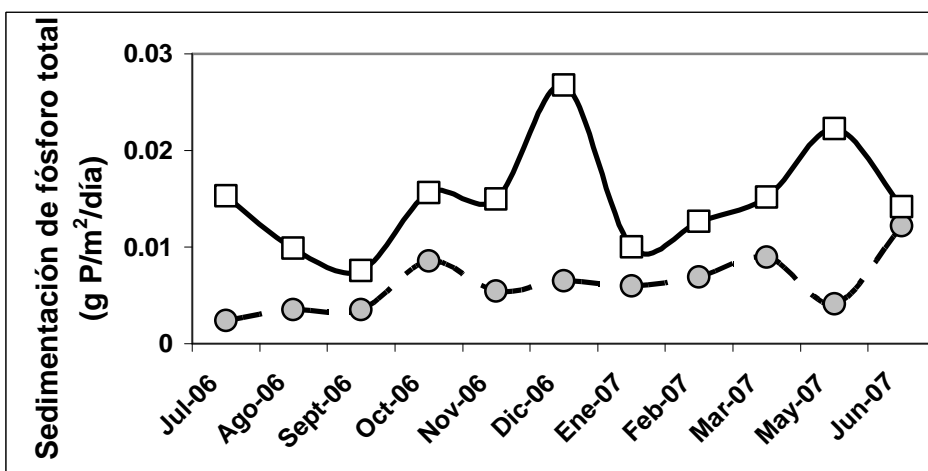


Figura 52. La sedimentación mensual de fósforo total en la laguna de Zóñar, desde Julio de 2006 a Junio de 2007. Círculos: epilimnion; cuadrados: hipolimnion. *Monthly total phosphorus rate in Zóñar lake from July 2006 to June 2007. Circles: epilimnetic sedimentation; squares: hypolimnetic sedimentation.*

En conjunto, los datos de sedimentación reciente no valen para saber si ésta se ha reducido respecto a lo que ocurría antes de la retirada de las carpas, pues carecemos de datos de esa índole para la época en que sí había carpas.

## EL PLANCTON

- *Antecedentes*

Las lagunas que hay en España constituyen una parte importante de los ecosistemas acuáticos de este país semiárido. Sin embargo, aún resulta difícil para el interesado acceder a la información sobre su ecología, bien porque nadie las haya estudiado, bien porque los estudios son de aspectos muy parciales o su interés resulta muy local, de forma que los datos y las descripciones aparecen en informes y revistas de poca difusión. Si a esto añadimos que el reconocimiento de las poblaciones planctónicas requiere mucho tiempo y especialización, entenderemos que sea una misión casi imposible en este país encontrar datos sobre la evolución del plancton en muchos de estos interesantísimos ecosistemas. Este es el caso de la laguna de Zóñar que, desde 1989, es Reserva Natural, lo que ha propiciado un mayor interés en su limnología, pero de la que se tiene escasa información de su pasado más reciente; por el contrario se han obtenido datos paleolimnológicos (VALERO GARCÉS & *al.*, 2006). La laguna aparece citada por ALONSO (1998) en su catálogo descriptivo de las lagunas de España y en él se indican algunas poblaciones de zooplancton que habitaban la laguna a finales de los años '70. Treinta años más tarde, la Junta de Andalucía encarga la caracterización ambiental de los humedales de Andalucía y encontramos alguna información puntual sobre el plancton de Zóñar en 2002 y 2003 (MOREIRA & MONTES, 2005). Es, por tanto, difícil hablar de la evolución del plancton en la laguna y este estudio será el primero que analice la dinámica anual del mismo y su respuesta a la biomanipulación realizada para su restauración.

- *Plancton y bentívoros*

En la laguna de Zóñar se han llevado a cabo trabajos de eliminación de la carpa con el fin de minimizar sus efectos sobre la turbidez del agua. La turbidez puede impedir el desarrollo de los productores primarios tanto planctónicos como bentónicos y modificar la estructura trófica planctónica (ANGELER & *al.*, 2007). Con esta biomanipulación se espera que vuelva a crecer la vegetación sumergida y así se pueda favorecer la presencia de la malvasía. Pero se debe

comprobar que la disminución de la turbidez no vaya acompañada de un incremento masivo del fitoplancton, ya que éste también impediría el paso de la luz hasta el fondo de la laguna y, por tanto, el crecimiento futuro de los macrófitos (ORTEGA-MAYAGOITIA & *al.*, 2002; SCHEFFER & *al.*, 1993). La retirada de las carpas en esta laguna se llevó a cabo en el mes de Julio de 2006, sólo un mes antes se empezaron los muestreos de plancton, de modo que la evolución anual del mismo podrá sugerir la futura dinámica de las dos comunidades de productores primarios (fitoplancton y macrófitos) y su relación con el zooplancton.

### ***Fitoplancton***

- *Riqueza específica: estudio de las poblaciones*

El número total de taxones encontrados en la laguna de Zóñar a lo largo de todo el periodo de estudio ha sido de 92; las muestras han presentado en promedio 38 especies, siendo su valor mínimo el de la primavera de 2007 (18 taxones en Abril) y el máximo, el del verano de 2006 (50 taxones en Agosto).

Estas poblaciones pertenecen a diferentes grupos taxonómicos (Tabla 3): 38 Clorofíceas, 3 Crisofíceas, 1 Xantofíceas, 6 Criptofíceas, 4 Dinofíceas, 9 Euglenofíceas, 15 Bacillariofíceas y 16 Cianobacterias (algunos ejemplos en Fig. 53).

Las algas fitoplanctónicas presentes en Zóñar, como *Cryptomonas erosa*, *Synechococcus elongatus* o *Jaaginema* sp., son propias de ambientes eutróficos (REYNOLDS, 1997). El carácter salobre del agua de Zóñar determina que también se encuentren especies especies polihalinas: *Chaetoceros muelleri*, *Skeletonema* cf. *subsalsum*, *Navicula capitatoradiata* (LANGE & TIFFANY, 2002, ROUND & *al.*, 1990, KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1997) y *Katodinium fungiforme* (POPOVSKÝ & PFIESTER, 1990). Estas especies indicadoras de la salinidad del agua aparecieron fundamentalmente en el verano de 2006.

Algunas poblaciones (21 especies) estuvieron presentes en más del 75% de las muestras; éste es el caso de la mitad de las especies de Euglenofíceas y de Criptofíceas, así como numerosas Clorofíceas (por ejemplo, todas las especies del género *Monoraphidium*) y algunas Cianobacterias (*Synechococcus elongatus*), lo cual indica una condición eutrófica de la laguna.

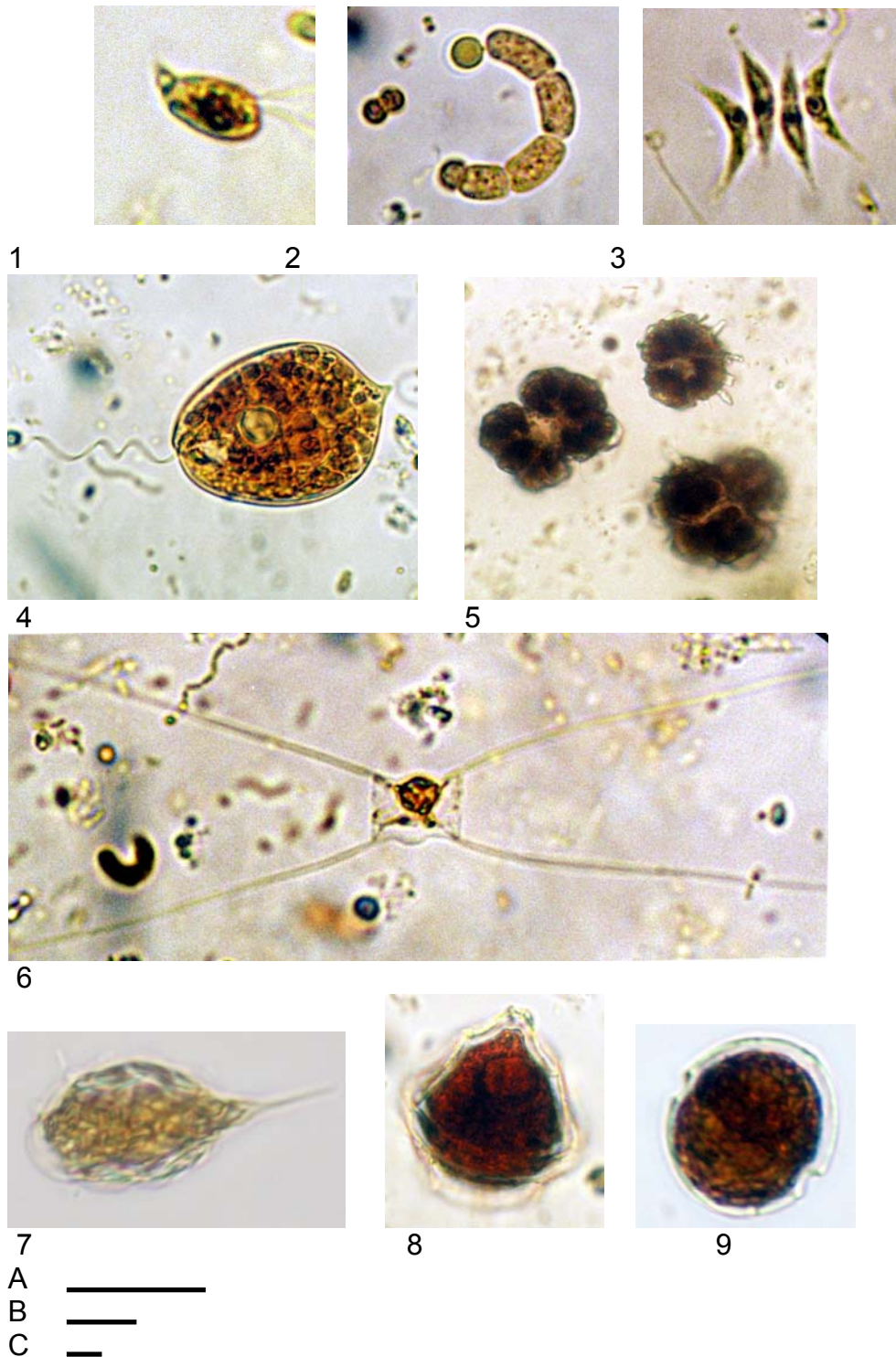


Figura 53. Fotografías originales de algunas especies fitoplanctónicas realizadas con un microscopio invertido a 1000 aumentos, a partir de muestras recogidas en la laguna de Zóñar. 1) *Plagioselmis nannoplanctica*, 2) *Anabaenopsis elenkinii*, 3) *Scenedesmus acutus*, 4) *Phacus orbicularis*, 5) *Botryococcus braunii*, 6) *Chaetoceros muelleri*, 7) *Phacus pyrum*, 8) *Peridinium umbonatum*, 9) *Gymnodinium mitratum*. Escala A = 10  $\mu\text{m}$  para las fotos 1, 3, 6; B = 10  $\mu\text{m}$  para las fotos 2, 4, 7, 8 y 9; C = 10  $\mu\text{m}$  para la 5. Some phytoplankton species gathered from Zóñar lake, as photographed in an inverted microscope at 1000 magnification. All bar scales are 10 microns; A

scale is for photographs 1, 3 and 6; B scale is for photographs 2, 4, 7, 8 and 9; C scale is for photograph 5.

▪ *Evolución anual de la abundancia de fitoplancton: Densidad*

La densidad de algas fitoplanctónicas (un promedio de 27114 células/mL) alcanza dos picos, uno en verano y el otro en invierno, debiéndose principalmente a *Aphanocapsa delicatissima*, *Jaaginema* sp. (58396 células/mL) y *Synechococcus elongatus* (7771 células/mL). Los valores mínimos se dieron en la primavera de 2007 (Fig. 54). El porcentaje promedio de densidad de cianobacterias presentes en las muestras ha sido de entre un 80-85% de verano a primavera y un 5% en esta última estación. Desde el verano de 2006 hasta la primavera de 2007, la dominancia en densidad de las Cianobacterias (superior a las 20000 células/mL) y la concentración de clorofila "a" (superior a 10 microg/L; véase el apartado de FISICO-QUÍMICA LACUSTRE de este Informe) indican que el agua ha podido ser tóxica según los parámetros de la Organización Mundial de la Salud (*Guidelines for safe recreational waters, vol. 1 Coastal and freshwaters, Chapter 8: Algae and cyanobacteria in fresh water*, 2003) y su guía referida a Cianobacterias tóxicas (*Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management* 1999). Ahora bien, siendo similar la densidad total estimada a comienzos del verano de 2006 y la del verano de 2007 (Fig. 55), la composición ha cambiado sustancialmente de tal manera que ha pasado de tener un 20% de Clorofíceas y un 80% de Cianobacterias a una composición actual de un 90% de Clorofíceas y sólo un 2% de Cianobacterias en 2007, lo que indica una clara mejora de la calidad del agua a comienzos del verano de este año.

Tabla 3. Especies fitoplanctónicas presentes en la laguna de Zoñar (2006-2007). *Phytoplankton species recorded in Zóñar lake in 2996-2007.*

**CLOROFICEAS**

*Ankyra ancora* (G. M. SMITH) FOTT  
*Ankyra judayi* (G. M. SMITH) FOTT  
*Aulacomonas hyalina* SKUJA  
*Botryococcus braunii* KÜTZ.  
*Carteria* sp.  
*Chlamydomonas* cf. *altera* SKUJA  
*Chlamydomonas* sp.  
*Chlorella* sp.  
*Chlorococcum* sp.  
*Chloromonas* sp.  
*Coelastrum astroideum* DE NOT.  
*Coelastrum microporum* NÄG.  
*Cosmarium* sp.  
*Crucigeniella tetrapedia*(KIRCH.) W. et G.S. WEST  
*Crucigeniella rectangularis* (NÄG.) KOM.  
*Desmodesmus quadricauda* (TURP.) KÜTZ.  
*Dictyosphaerium tetrachotomum* PRINTZ  
*Didymocystis* cf. *bicellularis* (CHOD.) KOM.  
*Eutetramorus* sp.  
*Lagerheimia subsalsa* LEMM.  
*Monoraphidium arcuatum* (KORS.) HIND.  
*Monoraphidium circinale* (NYG.) NYG.  
*Monoraphidium contortum* (THUR.) KOM-LEGN.  
*Monoraphidium komarkovae* NYG.  
*Monoraphidium minutum* (NÄG.) KOM.-LEGN.  
*Oocystis lacustris* CHOD.  
*Pediastrum boryanum* (TURP.) MENEGH.  
*Planktonema lauterborni* SCHMIDLE  
*Quadrigula lacustris* (CHOD.) G.M. SMITH  
*Scenedesmus acutus* MEYEN  
*Scenedesmus intermedius* CHOD.  
*Scenedesmus linearis* KOM.  
*Scenedesmus* cf. *magnus* MEYEN  
*Scenedesmus verrucosus* ROLL  
*Tetraedron caudatum* (CORDA) RALFS  
*Tetraedron minimum* (A. BRAUN) HANSG.  
*Tetraselmis* sp.  
*Tetrastrum triangulare* (CHOD.) KOM.

**CRISOFICEAS**

*Chromulina* sp.  
*Kephyrion* sp.  
*Ochromonas* sp.

**XANTOFICEAS**

*Tribonema* sp.

**CRIPTOFICEAS**

*Chilomonas* sp.  
*Cryptomonas erosa* EHR.  
*Cryptomonas marssonii* SKUJA  
*Cryptomonas phaseolus* SKUJA  
*Cryptomonas rostratiformis* SKUJA  
*Plagioselmis nannoplantica* (SKUJA) NOVAR, LUCAS et MORR



Tabla 3 continuación. Especies fitoplanctónicas presentes en la laguna de Zoñar (2006-2007). *Phytoplankton species recorded in Zóñar lake in 2996-2007 (to be continued)*.

<p><b>DINOFICEAS</b>  <i>Gymnodinium mitratum</i> SCHILLER  <i>Katodinium fungiforme</i> (ANIS.) LOEB.  <i>Peridinium umbonatum</i> STEIN  <i>Peridinium wille</i> HUITFELD-KAAS</p> <p><b>EUGLENOFICEAS</b>  <i>Astasia</i> sp.  <i>Euglena anabaena</i> MAINX  <i>Euglena gracilis</i> KLEBS  <i>Euglena</i> sp.  <i>Lepocinclis</i> cf. <i>texta</i> (DUJ.) LEMM.  <i>Phacus longicauda</i> (EHR.) DUJ.  <i>Phacus</i> cf. <i>orbicularis</i> HUBN.  <i>Phacus pyrum</i> (EHR.) STEIN  <i>Trachelomonas abrupta</i> SWIR. emend DEFL.</p> <p><b>DIATOMEAS</b>  <i>Achnanthes catenata</i> BILY &amp; MARVAN  <i>Achnanthes minutissima</i> KÜTZ.  <i>Chaetoceros muelleri</i> LEMM.  <i>Cyclotella</i> cf. <i>atomus</i> PANT.  <i>Fragilaria acus</i> KÜTZ.  <i>Fragilaria</i> cf. <i>capucina</i> DESM.  <i>Fragilaria crotonensis</i> KITTON  <i>Fragilaria</i> sp.  <i>Navicula</i> cf. <i>capitatoradiata</i> GERMAIN  <i>Navicula cryptocephala</i> KÜTZ.  <i>Nitzschia acicularis</i> KÜTZ. (W. SM.) CL.  <i>Nitzschia palea</i> (KÜTZ.) W. SM.  <i>Nitzschia</i> sp.  <i>Skeletonemac</i> cf. <i>subsalsum</i> (CLEV.- EUL.) BETH.  <i>Synedra ulna</i> (NITZSCH.) EHR.</p> <p><b>CIANOFICEAS</b>  <i>Anabaena</i> sp.  <i>Anabaenopsis elenkinii</i> MILLER  <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S. WEST  <i>Chroococcus</i> cf. <i>limneticus</i> LEMM.  <i>Geitlerinema amphibium</i> (AGARDH. ex GOM.) ANAG  <i>Jaaginema</i> cf. <i>subtilissimum</i> (KÜTZ ex DE TONI) ANAG. et KOM.  <i>Jaaginema</i> sp.  <i>Merismopedia tenuissima</i> LEMM.  <i>Microcystis flos-aquae</i> (WITTR.) KIRCHN.  <i>Planktolyngbya contorta</i> (LEMM.) ANAG. et KOM  <i>Planktolyngbya limnetica</i> KOMARK-LEG. et CRONBERG  <i>Pseudanabaena catenata</i> LAUT.  <i>Pseudanabaena</i> sp.  <i>Spirulina</i> sp.  <i>Synechococcus elongatus</i> (NÄG.) NÄG.  <i>Synechococcus</i> sp.</p>
---

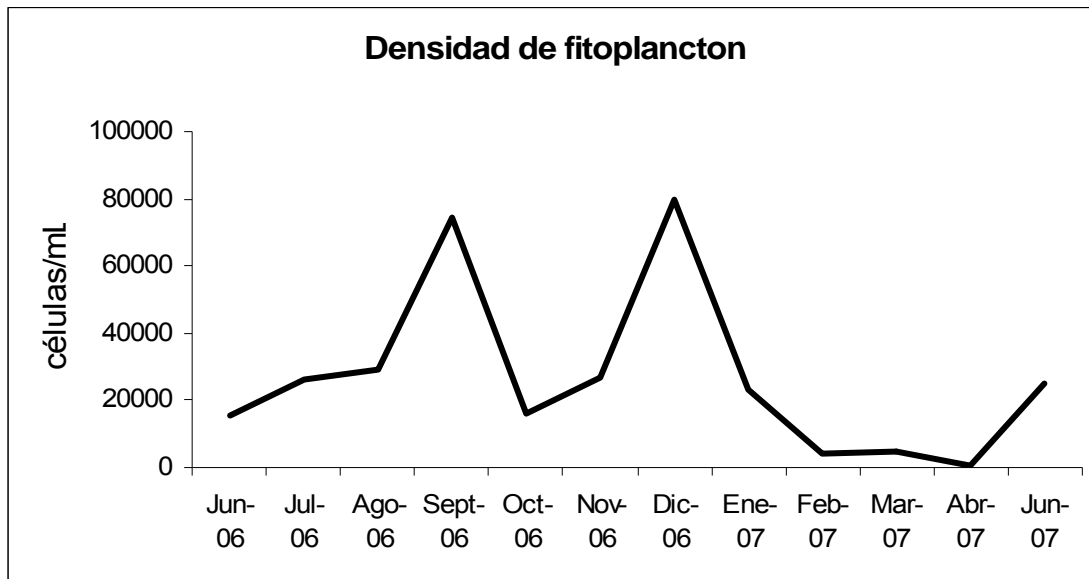


Figura 54. Densidad total del fitoplancton en la laguna de Zóñar (2006-2007). El total de células/mL se refiere al recuento de individuos unicelulares más las células que componen filamentos y colonias. *Phytoplankton density in Zóñar lake in 2006-2007, as referred to all cells (unicells, colonies and trichomes).*

En Zóñar en el verano de 2002 (MOREIRA & MONTES, 2005) se observó una mayor presencia de Diatomeas de agua dulce (*Cyclotella meneghiniana* y *Synedra ulna*) y Crisofíceas (*Chrysidalis* sp.), seguida en orden de abundancia por Clorofíceas (por ejemplo, *Monoraphidium circinnale*), Dinofíceas del género *Peridinium* y Cianobacterias (*Spirulina laxissima*). Esta composición ha cambiado sustancialmente, aunque alguna de las especies citadas para aquel año coincida con las encontradas en el periodo abarcado por este estudio. Por orden de abundancias, encontraríamos en el verano de 2006 en primer lugar las Cianobacterias, seguidas de la Clorofícea *Monoraphidium circinnale* (5007 células/mL en agosto de 2006) y la Diatomea *Chaetoceros mulleri* (1026 células/mL en Septiembre de 2006). La composición de la comunidad en el otoño referido en este Informe también es claramente distinta a la observada en los otoños de 2002 y 2003. De una comunidad dominada por Clorofíceas (por ejemplo, *Pediastrum boryanum*; MOREIRA & MONTES, 2005), seguida de Diatomeas (*Cyclotella meneghiniana* y *Nitzschia acicularis*) y Criptofíceas como *Rhodomonas minuta* (ahora *Plagioselmis nannoplantica*), se ha pasado a una comunidad otoñal en 2006 dominada por las Cianobacterias (70772 células/mL de *Synechococcus elongatus*), la

Diatomea *Chaetoceros mulleri* (630 células/mL), la Clorofícea *Carteria* sp. (670 células/mL) y las Criptofíceas *Plagioselmis nannoplanctica* y *Cryptomonas phaseolus*, que no superan 270 células/mL. Lo más importante de este cambio fue la dominancia de las Cianobacterias durante gran parte del año, indicando que en los últimos años estaba empeorando la calidad del agua.

- *Evolución anual de la abundancia de fitoplancton: Biomasa*

La biomasa promedio del fitoplancton en la laguna fue de 2,6 mm<sup>3</sup>/L con un coeficiente de variación del 70% a lo largo del año. Esta gran variabilidad se debe fundamentalmente al descenso en la biomasa algal observado durante los meses de Febrero, Marzo y Abril de 2007 (Fig. 55) y que coincide con la disminución de la turbidez en la laguna (apartado FISICO-QUÍMICA LACUSTRE de este Informe). Los valores de biomasa iguales o superiores a 2,5 mm<sup>3</sup>/L desde Junio de 2006 hasta Abril de 2007 permiten afirmar que se encontraba en estado eutrófico, según el índice de WILLÉN (2000). El brusco descenso de la biomasa total de microalgas observado desde Febrero a Junio de 2007 pudo ser debido al “bloom” de un Ciliado herbívoro, seguido de una mayor presencia de grandes Crustáceos depredadores como *Daphnia magna* o *Acanthocyclops robustus*.

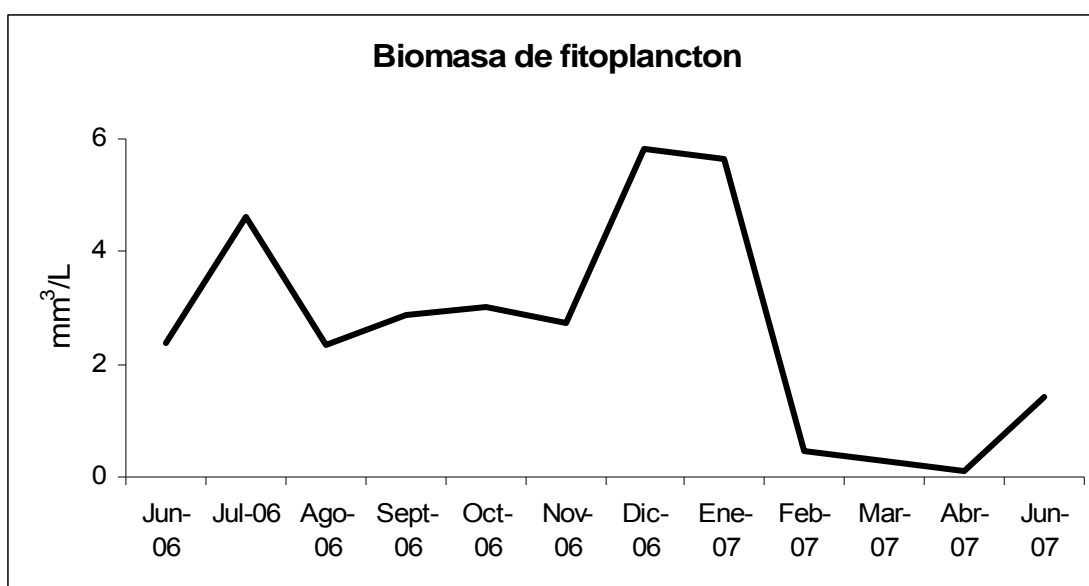


Figura 55. Biomasa (como biovolumen) total del fitoplancton de Zóñar (2006-2007). *Phytoplankton biomass (as biovolume) in Zóñar lake in 2006-2007.*

El máximo de biomasa que ocurrió en Julio de 2006 se debió a las Dinofíceas (Fig. 55), que son algas flageladas de gran tamaño. Estas algas son buenas competidoras cuando los lagos están estratificados y producen crecimientos súbitos y masivos al conservar formas de resistencia en el sedimento de un año para otro; además, sus poblaciones son muy persistentes en el tiempo durante el verano, como también se ha observado en las lagunas de Ruidera (Ciudad Real) y en la laguna madrileña de Las Madres (BORT & *al.*, 2005, ROJO & ÁLVAREZ COBELAS, 2003). Sin embargo, la mayor producción se dio en invierno (Diciembre y Enero), acompañada de un cambio en la composición algal (Figs. 55-56). En Diciembre la pequeña Cianobacteria *Synechococcus elongatus* fue la dominante, siendo luego sustituidas las Cianobacterias por las Clorofíceas en Enero (*Carteria* sp.). La comunidad del fitoplancton durante los meses con menor biomasa estuvo dominada por algas de muy pequeño tamaño: la Crisofíceas *Ochromonas* sp., la Clorofíceas *Eutetramorus* sp. y la Criptofíceas *Cryptomonas marsonii* (Fig. 56).

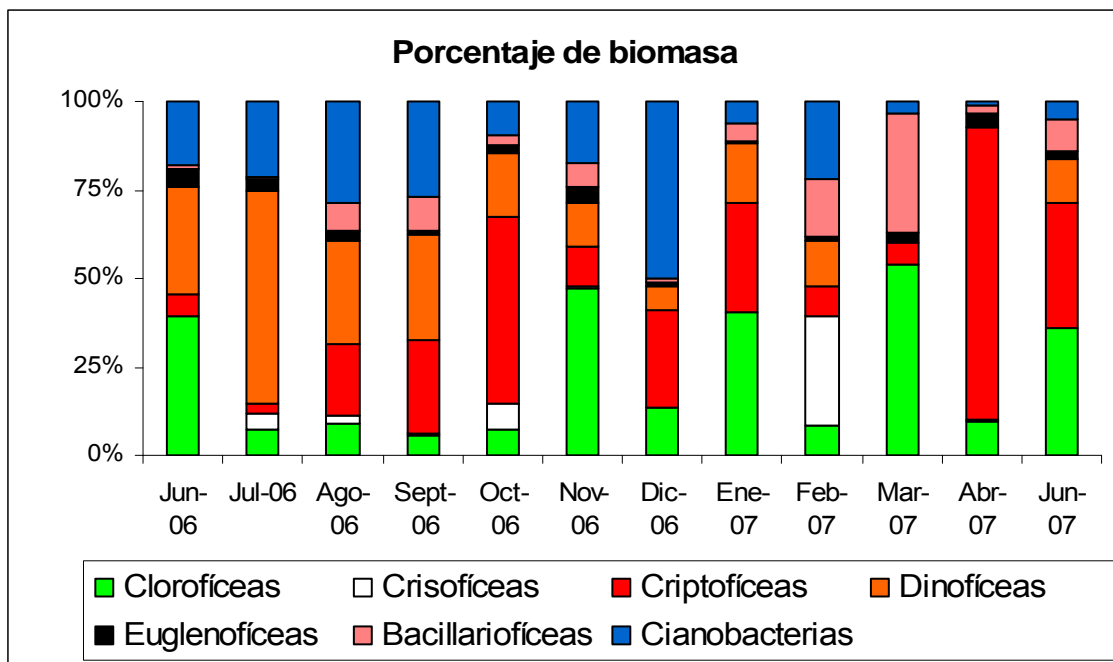


Figura 56. Porcentaje de biomasa de cada grupo de algas presente en la laguna de Zóñar (2006-2007). Las Xantofíceas no se representan, por ser su proporción demasiado pequeña. *Fractions of algal groups in the phytoplankton of Zóñar lake in 2006-2007. Xanthophytes are not represented since its proportion was always negligible.*

- *Equitatividad y riqueza específica*

La diversidad de la comunidad de fitoplancton, medida con el índice de Shannon-Weaver sobre la biomasa algal, fue en promedio anual de 3 bits con un error típico de 0,2 bits; por tanto, la diversidad resultó elevada y muy constante (MARGALEF, 1986). La falta de variabilidad de la diversidad se debe a dos factores (Tabla 4): la constancia en la riqueza específica y en la distribución de los organismos en especies, siendo el promedio de su equitatividad 56,8 (error típico 2,3). Los picos de biomasa de Julio de 2006 y Diciembre de 2006, por deberse fundamentalmente a unas pocas especies, se vieron reflejados en un descenso del índice de diversidad, descenso también provocado por la disminución en la riqueza específica de Abril de 2007.

Tabla 4. Riqueza específica del fitoplancton, índice de diversidad de Shannon-Weaver, calculado sobre la biomasa algal, y su correspondiente equitatividad. *Phytoplankton species richness and Shannon-Weaver diversity and equitativity of phytoplankton biomass in Zóñar lake in 2006-2007.*

	Jun-06	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene-07	Feb	Mar	May	Jun
Riqueza	37	49	50	42	40	40	36	38	36	23	18	45
Diversidad	3,5	2,5	3,7	3,3	3,2	3,3	2,5	2,9	3,2	2,5	1,7	3,2
Equitatividad	66,9	44,9	65,6	61,8	60,1	62,6	47,7	55,0	61,6	55,9	41,9	57,8

### **Zooplankton**

- *Riqueza específica. Estudio de las poblaciones relevantes.*

Se encontraron un total de 17 especies de Ciliados, 14 de Rotíferos, 6 de Cladóceros y 2 de Copépodos (Tabla 5). Algunas características ambientales y ecológicas de las especies dominantes de cada grupo se indican a continuación, así como su fenología y densidad.

**Ciliados.-** *Coleps hirtus* fue el Ciliado dominante en Junio de 2006 (51652 ind/L), Enero (213097 ind/L) y Junio de 2007 (16405 ind/L). Especie cosmopolita, se puede hallar en zonas pelágicas o litorales, siendo común durante todo el año; se ha encontrado también en condiciones mesohalinas

(FOISSNER & *al.*, 1999). Es una especie de gran tamaño, poco depredada por metazoos y que se alimenta de algas, otros ciliados e incluso rotíferos (FOISSNER & *al.*, 1999). Este Ciliado, junto con *Pelagolacrymaria moserae* (5379 ind/L en Enero de 2007), pueden haber sido los causantes del descenso de la densidad de las microalgas observado en Febrero.

*Rimnostrombidium velox* dominó entre los Ciliados a finales de Septiembre (1497 ind/L), en Octubre (4497 ind./L) y Noviembre de 2006 (11887 ind/L). Especie planctónica, registrada en sistemas acuáticos mesotróficos y en lagos oligohalinos (FOISSNER & *al.* 1999).

*Rimnostrombidium lacustris* fue dominante en Marzo de 2007 (2302 ind/L). Es euplanctónico común en lagos ya sido vinculado con el desarrollo del fitoplancton, se alimenta de *Cryptomonas* y *Rhodomonas*. Se ha encontrado en sistemas mesotróficos y eutróficos (FOISSNER & *al.*, 1999).

*Astylozoon faurei* predominó en Julio (1880 ind/L) y a comienzos de Septiembre de 2006 (7693 ind/L). Comúnmente planctónica, se encuentra en charcas y lagos, ocasionalmente en reservorios y aguas corrientes. Es una especie indicadora de eutrofia (FOISSNER & *al.*, 1999).

**Rotíferos.-** *Keratella tropica* fue dominante en Noviembre de 2006 (23 ind/L). Taxon euplantónico, estenotermo y presente preferentemente en aguas alcalinas (DE MANUEL, 2000; MARCÉ & *al.*, 2005).

*Synchaeta oblonga* fue el Rotífero dominante en Enero de 2007 (70 ind/L). Euplanctónica, euriterma, presenta sus mayores densidades en invierno, siendo más frecuente en sistemas eutróficos (DE MANUEL, 2000).

*Polyarthra dolichoptera*, especie dominante en Octubre de 2006 (62 ind/L) y Abril de 2007 (36 ind/L). Euplanctónico y estenotermo, tolera bajas concentraciones de oxígeno y se encuentra frecuentemente en aguas alcalinas (DE MANUEL, 2000).

*Hexarthra oxyuris* fue el Rotífero predominante en Junio (63 ind/L), Agosto (20 ind/L), Septiembre de 2006 (94 ind/L) y Junio de 2007 (15 ind/L). Euplanctónica, con tendencia a encontrarse en sistemas acuáticos salobres (SLÁDECĚK, 1983; DE MANUEL, 2000). Por otro lado, otra especie de Rotífero característica de aguas salinas (DE MANUEL, 2000) y eutróficas (SLÁDECĚK, 1983) es *Brachionus plicatilis*, que fue observada en Zóñar tanto en Junio de 2006 como en Febrero de 2007, pero en muy escasa densidad.

*Anuraeopsis fissa* dominó en Diciembre de 2006 (6 ind/L). Se trata de una especie cosmopolita, planctónica y termófila de condiciones eutróficas (PEJLER, 1983; DE MANUEL, 2000).

**Cladóceros.-** *Daphnia magna* fue el Cladóceros dominante en Marzo (21 ind/L) y Abril de 2007 (3 ind/L). Taxon planctónico y eurihalino, vive tanto en aguas dulces como atalasalinas (MARGARITORA, 1985; ALONSO, 1996). Además de *D. magna*, *Daphnia longispina* y *Diaphanosoma mongolianum* fueron los únicos Cladóceros destacables en invierno y verano, respectivamente, aunque sus densidades fueran siempre escasas (menos de 3 ind/L). Estas especies son propias de ambientes eutróficos (JAUME, 1991; ALONSO, 1996).

**Copépodos.-** Se han encontrado estados inmaduros y adultos de *Acanthocyclops robustus* y *Tropocyclops prasinus*, ambas especies cosmopolitas, abundantes en aguas eutróficas y encontradas en aguas con elevada mineralización (DE MANUEL, 2000). Los nauplios de Ciclopoide fueron abundantes en Enero de 2007 (alcanzando 143 ind/L), mientras que los copepoditos y adultos alcanzaron su máxima densidad en Febrero con 23 ind/L.

Tabla 5. Especies de zooplancton presentes en la laguna de Zóñar entre Junio de 2006 y 2007. Se indican con un asterisco las poblaciones referidas por ALONSO (1998) para lagos limnológicamente similares a Zóñar. Así mismo, se indican con dos asteriscos las poblaciones encontradas en muestreos puntuales en 2002 y 2003 (MOREIRA & MONTES, 2005). *Zooplankton species recorded in Zóñar lake in 2006 and 2007. Species reported by ALONSO (1998) in similar lakes are shown with an asterisk. Those reported for Zóñar lake in samples gathered in 2002 and 2003 are shown with two asterisks.*

<p><b>CILIADOS</b>  <i>Coleps hirtus</i>  <i>Rimnostrombidium velox</i>  <i>Rimnostrombidium armeniense</i>  <i>Rimnostrombidium lacustris</i>  <i>Stentor cf. amethystinus</i>  <i>Actinobolina weinrichii</i>  <i>Codonella cratera</i>  <i>Beloniphrya pelagica</i>  <i>Astylozoon faurei</i>  <i>Linostomella vorticella</i>  <i>Urotricha castalia</i>  <i>Actinobolina smalli</i>  <i>Pelagolacrymaria moserae</i>  <i>Bursellopsis sp</i>  <i>Urotrichia sp.</i>  <i>Balantidion pellucidum</i>  <i>Pelagovorticella natans</i></p> <p><b>ROTIFERA</b>  <i>Keratella tropica</i> * **  <i>Keratella quadrata</i> *  <i>Brachionus plicatilis</i> * **  <i>Brachionus angularis</i> * **  <i>Synchaeta oblonga</i>  <i>Synchaeta pectinata</i>  <i>Polyarthra dolychoptera</i> **  <i>Asplachna sieboldi</i>  <i>Lecane cf. scutata</i>  <i>Lecane closterocerca</i> **  <i>Trichocerca sp</i>  <i>Filinia sp</i>  <i>Hexarthra oxyuris</i>  <i>Anuraeopsis fissa</i> **</p> <p><b>CLADOCERA</b>  <i>Diaphanosoma mongolianum</i>  <i>Daphnia longispina</i> *  <i>Daphnia magna</i>  <i>Bosmina longirostris</i> * **  <i>Moina micrura</i> *  <i>Alona cf. costata</i></p> <p><b>COPEPODA</b>  <i>Acanthocyclops robustus</i> * **  <i>Tropocyclops prasinus</i></p>
--



ALONSO (1998) ha citado algunas especies de zooplancton de Zóñar encontradas en Abril de 1976, de ellas sólo el Copépodo *Acanthocyclops* se ha observado en este estudio. Sin embargo, el mismo autor considera como zooplancton propio de las lagunas permanentes, eutróficas, algo mineralizadas y con turbidez algunos taxones presentes en las muestras de este estudio (Tabla 4). Por tanto, podemos aseverar que el zooplancton encontrado es característico de lagunas como Zóñar.

- *Evolución anual de la densidad del zooplancton.*

El metazooplancton (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos) presentó una amplia variabilidad estacional, con dos máximos de densidad (Fig. 57): otoño de 2006 e invierno de 2007. Esta dinámica cíclica se corresponde inversamente con la densidad del productor primario planctónico, de modo que -tras el crecimiento de las microalgas en el verano de 2006- creció el zooplancton y, tras la recuperación de nuevo del fitoplancton en invierno, volvió a crecer el zooplancton y, de manera muy especial, los Ciliados (Fig. 58).

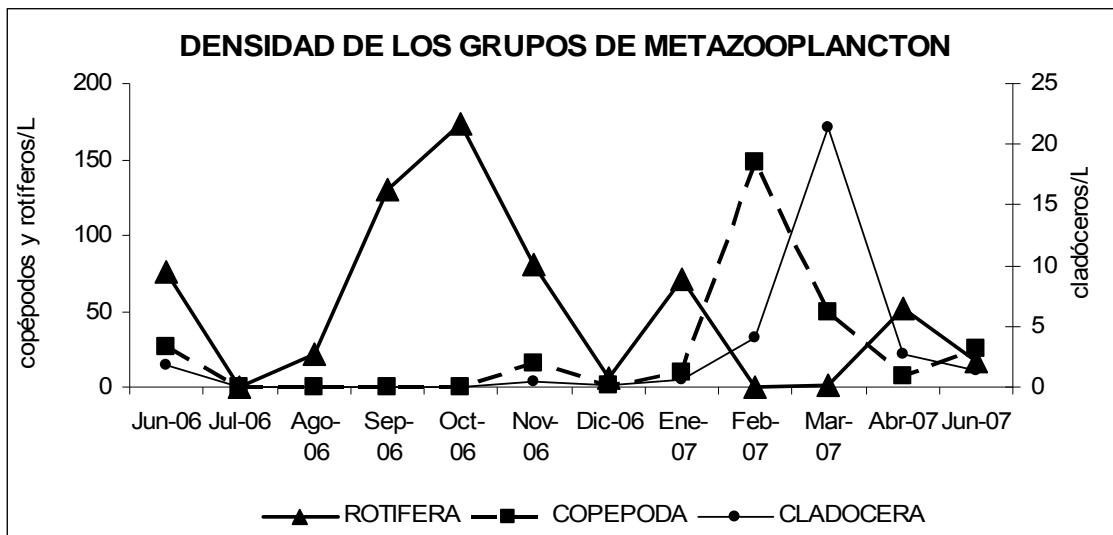


Figura 57. Densidad de individuos de zooplancton (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos). *Zooplankton density in Zóñar lake in 2006 and 2007.*

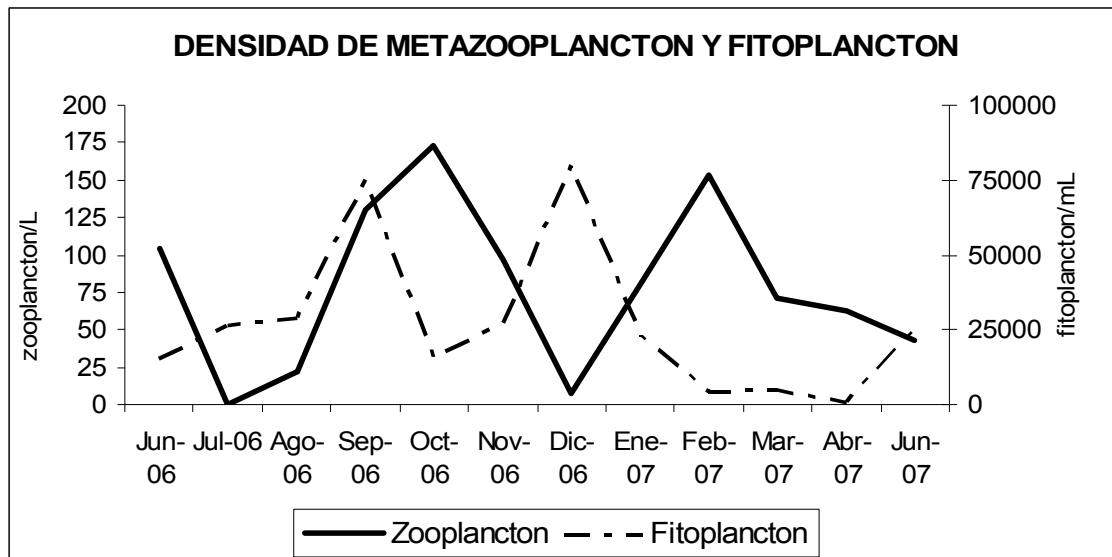


Figura 58. Densidad total de individuos del metazooplancton frente a la densidad total de células de fitoplancton para ilustrar sus dinámicas complementarias o de depredador-presa. *Zooplankton density vs phytoplankton cell density to show their time trends that can be viewed as predator-prey dynamics.*

La densidad total alcanzada por el zooplancton es propia de lagos mesotróficos como la laguna Colgada (Ruidera; ROJO & *al.*, 2007). Tras la estratificación, aparecen como dominantes los Rotíferos (Fig. 58) y, tras el invierno, comienza el crecimiento del zooplancton de mayor tamaño: Copépodos y Cladóceros.

La elevada densidad de Ciliados (Fig. 59), que se desarrolló en enero de 2007, debió ser la causante del descenso del fitoplancton, ya que la especie dominante (*Coleps hirtus*) está considerada como un herbívoro voraz (FOISSNER & *al.*, 1999). Pero además, tras la caída de los Ciliados en Febrero (posiblemente por descenso de su presa), son los Copépodos –sobre todo, en estadios de nauplio y copepodito- y los Cladóceros quienes mantienen los bajos niveles de fitoplancton al comienzo de la primavera. Este hecho es fundamental, ya que favorece la transparencia del agua, permitiendo el crecimiento de los macrófitos en más zonas del lago.

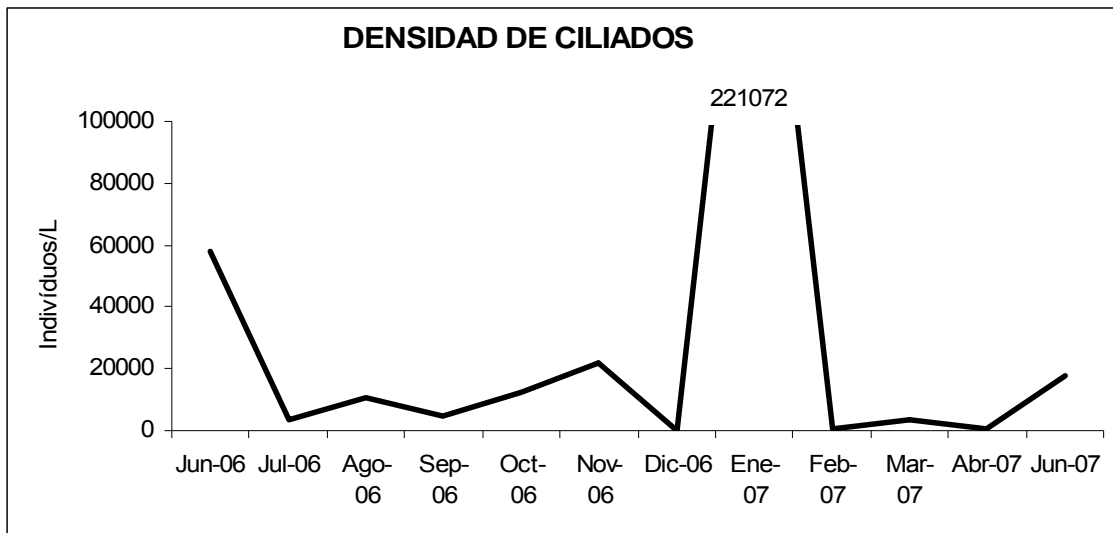


Figura 59. Densidad de los Ciliados hallados en la laguna de Zóñar (2006-2007). Se indica el valor que supera el límite de la escala. *Ciliate density in Zóñar lake in 2006-2007. A peak is also shown out of scale in January 2007.*



## ESTUDIO BOTÁNICO

Las referencias orales indican que antiguamente la cubeta de la laguna estaba cubierta en parte por una densa vegetación subacuática. Los datos bibliográficos disponibles citan para la laguna de Zóñar las siguientes especies: *Chara hispida*, *Chara vulgaris* var. *vulgaris*, *Tolypella hispanica*, *Najas marina* (Fig. 60), *Potamogeton pectinatus*, *Zannichellia palustris* y *Zannichellia pedunculata* (FERNÁNDEZ HAEGER & *al.*, 1980; AMAT, 1981; COMELLES, 1984; LÓPEZ FERNÁNDEZ & *al.*, 1984; GARCÍA MURILLO, 1990; MOPU, 1990; CIRUJANO & *al.*, 1992; JUNTA DE ANDALUCÍA, 2005).



Figura 60. Las tres especies más características de la antigua vegetación subacuática de la laguna de Zóñar: *Chara vulgaris* var. *vulgaris* (izquierda), *Chara hispida* var. *major* (centro) y *Najas marina* (derecha). Submerged plant species in earlier reports of Zóñar lake prior to 1990. *Chara vulgaris* var. *vulgaris* (left), *Chara hispida* var. *major* (centre) y *Najas marina* (right).

Ya en 1990 la vegetación subacuática estaba prácticamente esquilhada y, en esa fecha, tan solo se refiere la presencia de algunos ejemplares aislados de *Najas marina* y *Zannichellia pedunculata* (MOPU, 1990). Posteriormente, la ausencia prácticamente total de macrófitos acuáticos fue constante en la laguna.

Los carófitos son algas verdes aparentes que viven sumergidas en aguas con características físico-químicas muy diferentes (desde dulces oligohalinas

hasta hipersalinas, y de estacionales a permanentes y profundas). Su presencia contribuye a la oxigenación de las aguas y favorece su transparencia al fijar el horizonte superior de los sedimentos con sus rizoides y reducir mediante sustancias antibióticas la concentración de fitoplancton en ambientes poco profundos. En los ambientes que les son propicios pueden dar lugar a formaciones subacuáticas más o menos extensas. La eutrofización y la consiguiente turbidez de las aguas pueden hacer desaparecer estos macrófitos acuáticos debido a la escasez de luz bajo la superficie.

Las carpas son consumidores habituales de carófitos y llegan a esquilmar estas formaciones subacuáticas, que tienden a regenerarse cuando las poblaciones de carpas desaparecen, hecho constatado en otras lagunas interiores (CIRUJANO & *al.*, 2002).

Por otro lado, la presencia de herbicidas que llegan a estas cubetas por el lavado que se produce en los cultivos que suelen rodear a este tipo de lagunas puede ser un factor que impida o ralentice la instalación de este tipo de vegetación, que siempre es un buen indicador de buena calidad del agua.

En cualquier caso, las esporas de los carófitos mantienen su viabilidad durante largos periodos de tiempo, y son un tipo de propágulo que se dispersa fácilmente por las aves palustres.

## **LA REGENERACIÓN DE LAS PRADERAS SUBACUÁTICAS DE CARÓFITOS**

Hasta ahora, el resultado más espectacular observado tras la retirada de las carpas ha sido la colonización de la cubeta por las praderas de carófitos.

Las carpas son voraces consumidoras de carófitos y su influencia negativa sobre este tipo de vegetación sumergida se debe a esta acción directa de consumo, y a la acción indirecta derivada de su movimiento sobre los sedimentos, que -además de aumentar la turbidez- impide que los carófitos se fijen en el sedimento.

En cualquier caso, al eliminar las carpas suele darse una notable expansión de las praderas de carófitos, siempre que las restantes condiciones ecológicas lo permitan (CIRUJANO & *al.*, 2002).

En el primer año tras la retirada de las carpas se han identificado doce táxones de carófitos, que corresponden a los géneros *Chara* (con 6 especies, *Chara canescens*, *Ch. fragilis*, *Ch. galioides*, *Chara hispida*, *Ch. imperfecta* y *Ch. vulgaris*) y *Tolypella* (con una especie, *Tolypella hispanica*). Los carófitos inventariados son los siguientes:

*Chara canescens*

*Chara fragilis*

*Chara galioides*

*Chara hispida* var. *baltica*

*Chara hispida* var. *major*

*Chara hispida* f. *polyacantha*

*Chara imperfecta*

*Chara vulgaris* var. *contraria*

*Chara vulgaris* var. *crassicaulis*

*Chara vulgaris* var. *longibracteata*

*Chara vulgaris* var. *vulgaris*

*Tolypella hispanica*

***Chara canescens*** Desv. & Loisel.

*Chara crinita* Wallr.

Carófito (Fig. 61) propio de lagunas, marjales, bodones, y diversos tipos de humedales someros, con aguas salobres o alcalinas y generalmente estacionales, en ambientes litorales y continentales. En los humedales de aguas permanentes suele instalarse en las zonas menos profundas.

Distribuida por el hemisferio norte, Europa (desde Noruega, hasta la Península Ibérica), Norte de África, Centro y Sur de Asia y Norteamérica. Dispersa por toda la Península, aunque es menos frecuente hacia la mitad occidental.



Figura 61. Pie femenino de *Chara canescens*. *Female plant of Chara canescens*.

**Chara fragilis** Desv.

*Chara globularis* Thuill.

*Chara globularis* var. *globularis* f. *globularis* R.D. Wood

*Chara capillacea* Thuill.

Carófito (Fig. 62) propio de bordes de lagos y lagunas, balsas, estanques, charcas, depresiones inundadas, acequias, arrozales, en ambientes estacionales o permanentes, con mayor frecuencia en aguas dulces poco mineralizadas.

Cosmopolita, ampliamente distribuida por el hemisferio norte, siendo también muy frecuente en la Península Ibérica.



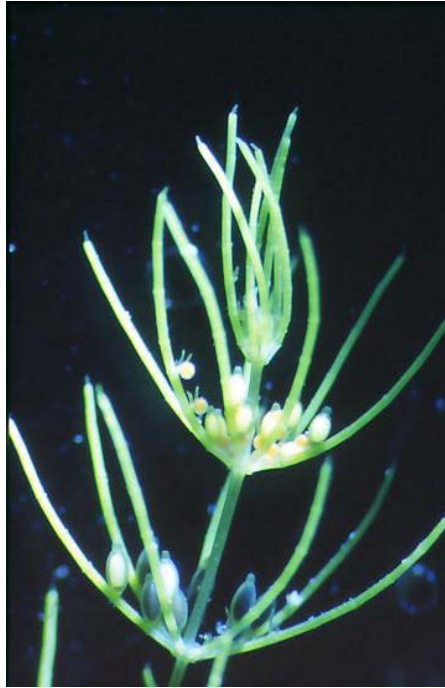


Figura 62. *Chara fragilis*.

**Chara galioides DC.**

*Chara aspera* var. *galioides* (DC.) Hartm.

*Chara globularis* var. *aspera* f. *galioides* (DC.) R.D. Wood

Planta (Fig. 63) característica de ambientes salinos o hipersalinos continentales o próximos al litoral. Lagunas someras y estacionales en ambientes esteparios, charcas, balsas, salinas, acequias, canales, y otros hábitats acuáticos con elevada concentración de sulfatos y cloruros.

Distribuida por Europa, desde Escandinavia a los países del Mediterráneo y Norte de África. Frecuente en la Península Ibérica.

*Observaciones.*- *Chara galioides* ha sido considerada como una forma de *Ch. aspera* adaptada a los ambientes salinos. La separación de estos dos taxones se basa esencialmente en la diferente longitud, anchura y número de acículas (más cortas, hasta rudimentarias, más anchas, y menos abundantes en *Ch. galioides*) y en el diámetro de los anteridióforos (más gruesos en *Ch.*

*galioides*). En cuanto a sus hábitats, *Ch. aspera* vive preferentemente en aguas dulces o alcalinas del tipo bicarbonatado, con conductividades de 450-14.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y *Ch. galioides* en aguas salinas del tipo clorurado, sulfatado o mixto, con conductividades de 4.300-125.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La existencia de formas intermedias entre ambos táxones es frecuente, sobre todo en ambientes fluctuantes donde la concentración salina varía con el volumen de agua embalsada (BONIS & *al.*, 1993; FLOR ARNAU & *al.*, 2006).



Figura 63. Pie femenino (izquierda) y masculino (derecha) de *Chara galioides*.  
*Female (left) and male (right) plants of Chara galioides.*

***Chara hispida* var. *baltica* (Bruzelius) R.D. Wood**

*Chara baltica* Bruzelius

Planta (Fig. 64) que vive principalmente en enclaves salinos, más o menos permanentes, cerca de la costa, acequias, balsas, albercas, estanques, charcas, graveras, etc.

Distribuida por Europa y Norte de África. En la Península Ibérica ha sido indicada fundamentalmente del litoral mediterráneo levantino, aunque existan referencias de algunos enclaves interiores.

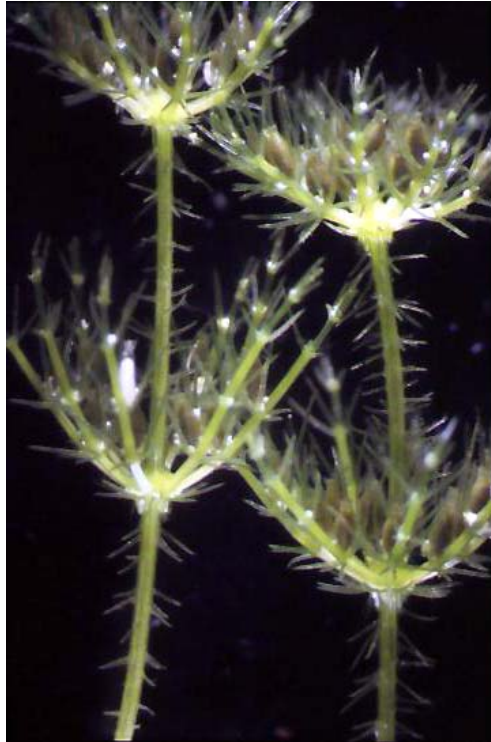


Figura 64. *Chara hispida* var. *baltica*.

***Chara hispida* var. *major*** (Hartm.) R.D. Wood

*Chara hispida*  $\beta$  *major* Hartm.

*Chara major* Vaill.

*Chara intermedia* A. Braun

Esta especie (Fig. 65) se presenta en lagos, lagunas y humedales permanentes y profundos o semipermanentes, con aguas dulces o moderadamente salinas. En los lagos cársticos profundos puede formar praderas subacuáticas perennes que descienden hasta 22 m de profundidad y alcanzan 180 cm de altura.

Distribuida por el Sur de Noruega y Suecia, Sur de Gran Bretaña, Países Bajos, Bélgica, hasta las costas del Mediterráneo y Norte de África, y por el

Este europeo, desde Rusia y Checoslovaquia hasta Turquía. En la Península Ibérica se localiza preferentemente por la mitad oriental, con algunos enclaves aislados en el Sur y el Noroeste.



Figura 65. *Chara hispida* var. *major*.

***Chara hispida* f. *polyacantha* (A. Braun) R.D.Wood**

*Ch. polyacantha* A. Braun

*Chara pedunculata* Kütz.,

Es una forma (Fig. 66) de *Chara hispida* asociada a lagunas y marjales, con aguas por lo general permanentes y profundas, carbonatadas o moderadamente salinas.

Distribuida por toda Europa desde Suecia, Dinamarca, Gran Bretaña, Alemania, hacia el Sur de Francia y países del Mediterráneo. Existen registros dispersos de Marruecos (Valle del Atlas) y del Sur de África (Mozambique). En la Península Ibérica es relativamente frecuente, especialmente en la mitad oriental.

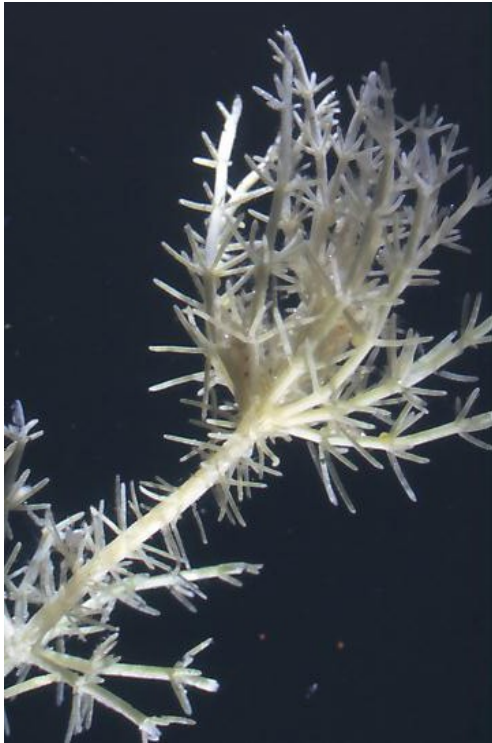


Figura 66. Detalle de *Chara hispida* var. *hispida* (izquierda), y detalle del eje y las espinas de *Chara hispida* f. *polyacantha* (derecha). A close view of *Chara hispida* var. *Hispida* (left) and axis and spines of *Chara hispida* f. *polyacantha* (right).

### ***Chara imperfecta* A. Braun**

*Chara vulgaris* var. *imperfecta* (A. Braun) R.D.Wood

*Chara dissoluta* A. Braun ex Leonhardi

Planta (Fig. 67) con ecología poco conocida, que se ha citado de charcas temporales y semipermanentes con aguas dulces (120-312  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de tipo bicarbonatado cálcico-magnésico, pero también de ambientes salinos continentales.

Distribución puntual en localidades aisladas del Norte de África (Argelia, Marruecos) y Oeste de Europa (España, Portugal, Sur de Francia). En la Península Ibérica se conoce de unos pocos enclaves dispersos.



Figura 67. *Chara imperfecta*.

**Chara vulgaris** var. **contraria** (A. Braun ex Kütz.) Moore

*Chara contraria* A. Braun ex Kütz.

*Chara vulgaris* f. *contraria* (A. Braun ex Kütz.) R.D.Wood

Planta (Fig. 68) que vive en muy variados hábitats, tanto en aguas someras y estacionales, como permanentes y profundas. Suele desarrollarse abundante en aguas con elevado pH, en charcas y lagunas de reciente creación y en humedales alterados, comportándose como especie colonizadora junto con la var. *vulgaris* y la var. *longibracteta*.

Planta cosmopolita ampliamente distribuida por Europa. En la Península Ibérica es frecuente, y un buen número de los registros referidos a la var. *vulgaris* corresponden en realidad a este taxon.

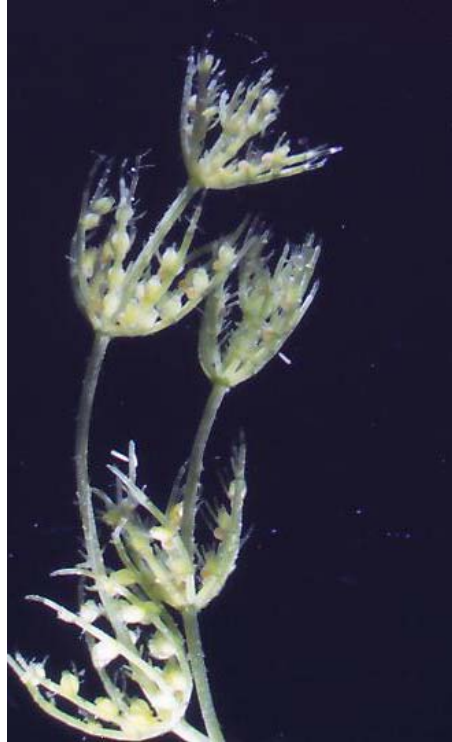


Figura 68. *Chara vulgaris* var. *contraria*.

**Chara vulgaris** var. **crassicaulis** (Schleich. ex A. Braun) Kütz. *Chara foetida*  
var. *crassicaulis* Schleich. ex A. Braun

*Chara crassicaulis* Schleich. ex A. Braun

*Chara vulgaris* f. *crassicaulis* (Schleich. ex A. Braun) R.D.Wood

Esta planta (Fig. 69) se puede encontrar en charcas de canteras y sacatierras, pero especialmente en bordes de ríos, arroyos, zanjas, canales y pequeños riachuelos con aguas corrientes, preferentemente someras, permanentes y ricas en carbonatos.

Distribuida de forma dispersa por Europa, Islas Británicas, Norte de África y América del Norte. En la Península Ibérica es más abundante en el cuadrante suroriental y en las provincias litorales portuguesas de la mitad meridional.



Figura 69. *Chara vulgaris* var. *crassicaulis*.

***Chara vulgaris* var. *longibracteata* (Kütz.) J. Groves & Bull.-Webst.**

*Chara longibracteata* Kütz.

*Chara foetida* var. *gallocantae* Prósper

Taxon (Fig. 70) que habita en charcas, balsas, estanques, manantiales, zanjas, aljibes, zonas encharcadas en bordes de ríos y arroyos, orillas de lagunas y marjales, etc., preferentemente en aguas alcalinas sobre substratos margosos, siendo frecuente en humedales de reciente creación o alterados. Su presencia suele estar confinada a pequeños humedales, someros y estacionales, y no suele encontrarse en lagos y lagunas de aguas profundas y permanentes.

Distribución europea y norteafricana, desde las Islas Británicas, Norte y Nordeste de Europa, hasta la Península Ibérica, donde es frecuente, y Marruecos.



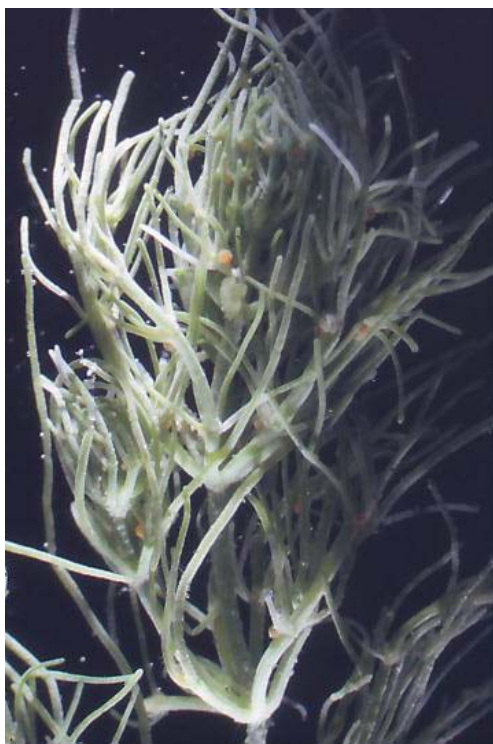


Figura 70. *Chara vulgaris* var. *longibracteata*.

***Chara vulgaris* var. *vulgaris* L.**

*Chara foetida* A. Braun

*Chara polysperma* Kütz.

*Chara refracta* Kütz.

Esta planta (Fig. 71) se presenta en lagos, embalses, marjales, pozas, charcas, bordes de ríos y cursos de agua con escasa corriente, acequias, zanjias, manantiales y rezumaderos, abrevaderos, etc., en aguas dulces, fuertemente alcalinas, salobres e incluso ácidas. Es particularmente abundante en medios alterados donde suele sustituir a otras especies de carófitos más sensibles a la alteración de su hábitat, y en humedales de reciente creación, donde puede considerarse planta pionera en el proceso de colonización.

Cosmopolita, ampliamente distribuida por el continente europeo, Inglaterra e Irlanda. Presente en casi toda la Península Ibérica y las Baleares.



Figura 71. *Chara vulgaris* var. *vulgaris*.

***Tolypella hispanica*** Nordst. ex T.F. Allen

*Tolypella giennensis* Prósper

Especie (Fig. 72) de lagunas endorreicas someras y estacionales, charcas, depresiones y campos inundados, en aguas salinas tanto en ambientes continentales donde es más frecuente, como en localidades próximas al litoral. Desarrollo eminentemente vernal, pero también invernal en enclaves del litoral mediterráneo-levantino.

Especie típicamente mediterránea, Grecia, Italia, Francia y Norte de África con algunos enclaves disyuntos en Asia (India, Irán). En la Península Ibérica está distribuida esencialmente por el litoral mediterráneo, mitad oriental del interior peninsular, y valle del Guadalquivir, con algunos enclaves aislados en terrenos salinos fuera de estos territorios.

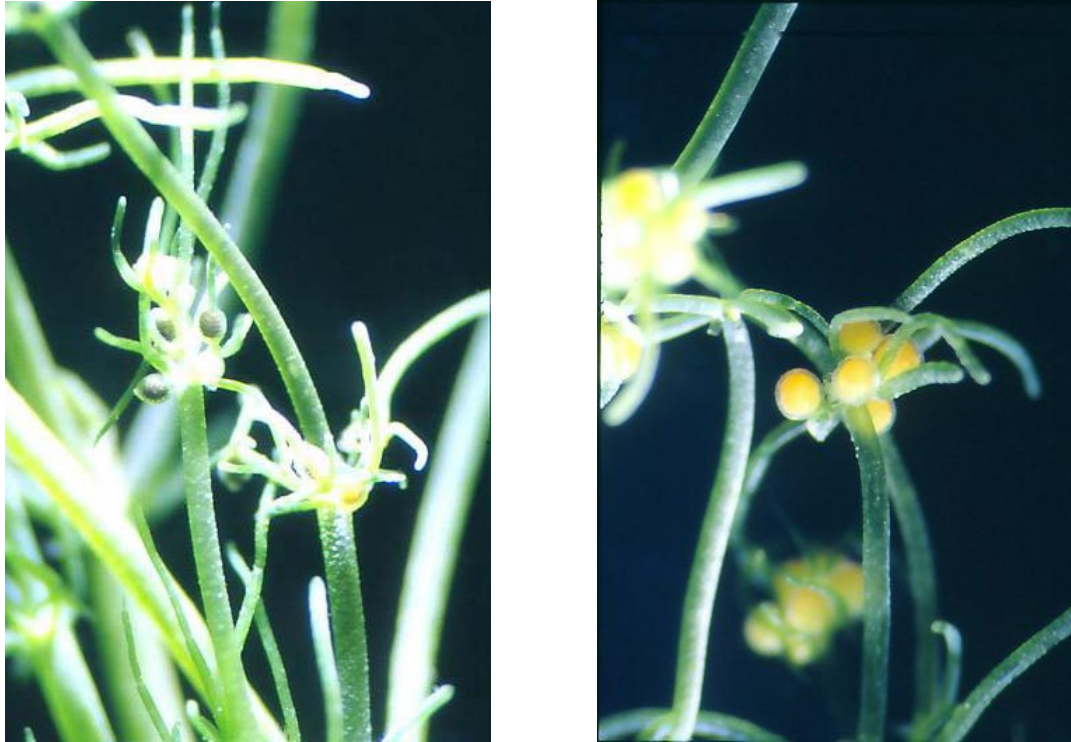


Figura 72. Detalle de un pie femenino (izquierda) y masculino (derecha) de *Tolypella hispanica*. A close view of female (left) and male (right) plants of *Tolypella hispanica*.

Hasta el momento no se han encontrado fanerógamas acuáticas.

En los procesos de colonización en zonas desprovistas de carófitos suelen instalarse inicialmente táxones que posteriormente suelen extinguirse bajo la competencia de otros mejor adaptados a las condiciones particulares del medio. Con esto queremos decir que la diversidad biológica entendida exclusivamente como número de especies (en este caso de carófitos) no tiene por qué aumentar cuando un determinado ecosistema acuático se encuentra bien conservado y en equilibrio.

De los táxones identificados hay algunos que colonizan aguas más profundas por lo general permanentes (*Chara hispida* var. *major*, *Chara hispida* f. *polyacantha*), y otros de aguas someras por lo general estacionales (*Chara canescens*, *Chara galioides*, *Tolypella hispanica*, *Chara fragilis*, *Chara imperfecta*). Además, algunos son típicos de aguas ricas en carbonatos o sulfatos (*Chara hispida* var. *major*, *Chara hispida* f. *polyacantha*), otros de

aguas más o menos salinas (*Chara canescens*, *Chara galioides*, *Tolypella hispanica*, *Chara hispida* var. *baltica*), y algunos de aguas dulces (*Chara fragilis*, *Chara imperfecta*). Estos últimos serán los que menos futuro tengan en las condiciones actuales.

En este sentido, los táxones más frecuentes, que caracterizan las actuales formaciones son los siguientes: *Chara vulgaris* var. *longibracteata*, *Chara hispida* var. *major* y *Chara hispida* f. *polyacantha*, en las zonas de aguas más profundas y permanentes, y *Chara canescens*, *Chara galioides*, *Tolypella hispanica* y *Chara vulgaris* var. *longibracteata* en los puntos más someros y con aguas semipermanentes o estacionales.

## **DISTRIBUCIÓN DE LAS PRADERAS SUBACUÁTICA DE CARÓFITOS Y BIOMASA VEGETAL**

El único mapa que refleja la distribución de la vegetación subacuática fue realizado en el año 1981 (FERNÁNDEZ DELGADO, 1981) y en él se describe, de forma esquemática, una banda de vegetación constituida por *Najas marina* que se extiende desde aproximadamente 2 m de profundidad hasta los 5 m, y unas manchas de escasa entidad colonizadas por *Zannichellia palustris*.

En la Figura 73 se refleja la distribución aproximada de las praderas de carófitos en junio de 2007. Puede resumirse que estas praderas se extendían de forma casi continua desde la orilla hasta los (2)2,8-3 m de profundidad (Fig. 74), estando prácticamente ausentes en la zona suroccidental, en el punto de entrada del arroyo de Zóñar y en las orillas con sustrato pedregosos de la parte septentrional media.

En Junio de 2007, la superficie cubierta por las praderas de carófitos era de 6,78 ha. Si la superficie estimada para la laguna de Zóñar es de 41,94 ha [referida al mapa batimétrico de la Figura 73, en el que se incluye el apéndice occidental que tiene 1,23 ha correspondientes a la zona alargada y estrecha que comunica la cubeta de Zóñar y las 2,87 ha de la parte circular delimitada

por el camino (laguna del General; TORRES ESQUIVIAS, 2004); en total 4,1 ha], hay que concluir que en el año 2007 la superficie cubierta por las praderas de carófitos ocupó el 16,16%. Este porcentaje pasa a ser del 17,35% si excluimos la laguna del General reseñada anteriormente.

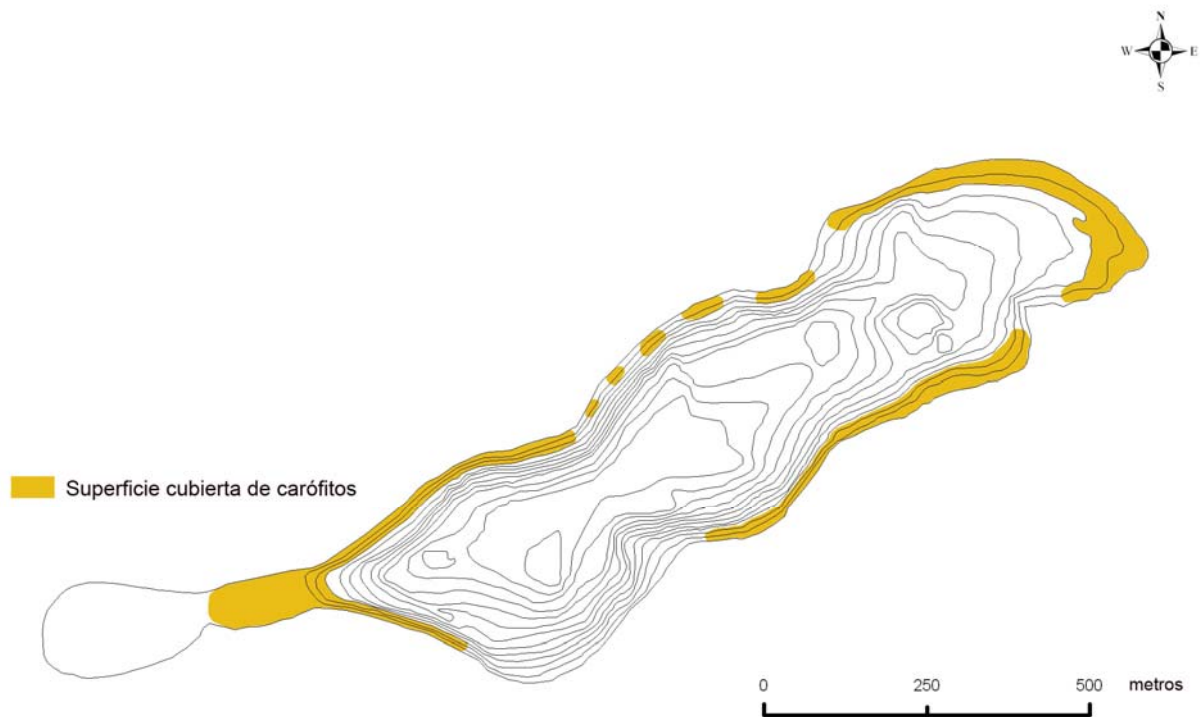


Figura 73. Distribución aproximada de las praderas de carófitos en la laguna de Zóñar en junio de 2007. *Charophyte distribution of Charophyte meadows in Zóñar lake in June 2007.*



Figura 74. Aspecto de la orilla de la laguna de Zóñar en la zona del embarcadero completamente desprovista de vegetación acuática el 05- Octubre-2006, y cubierta por densas formaciones de carófitos el 20-Junio-2007. *Littoral views of Zóñar lake at the quay. While no submerged vegetation could be seen in October, the fifth, 2006, a rich and dense meadow happened in June, the 20<sup>th</sup>, 2007. Carps were withdrawn in May-June 2006.*

La vegetación acuática y anfibia, una vez regenerada, adopta un gradiente interesante en la laguna de Zóñar, como demuestra la Figura 75, comenzando con la presencia de *Chara vulgaris* y *Ch. hispida* en las zonas más profundas (> 2 m), las cuales se ven seguidas por *Ch. galioides* y *Tolypella* a menores profundidades, entremezcladas de nuevo con *Ch. vulgaris*. Entre la orla de tamarindos híbridos (*T. gallica* x *canariensis*) de la orilla y el agua aparecen varias fanerógamas de los géneros *Blackstonia*, *Centaurium*, *Dittrichia*, *Pulicaria* y *Samolus*.

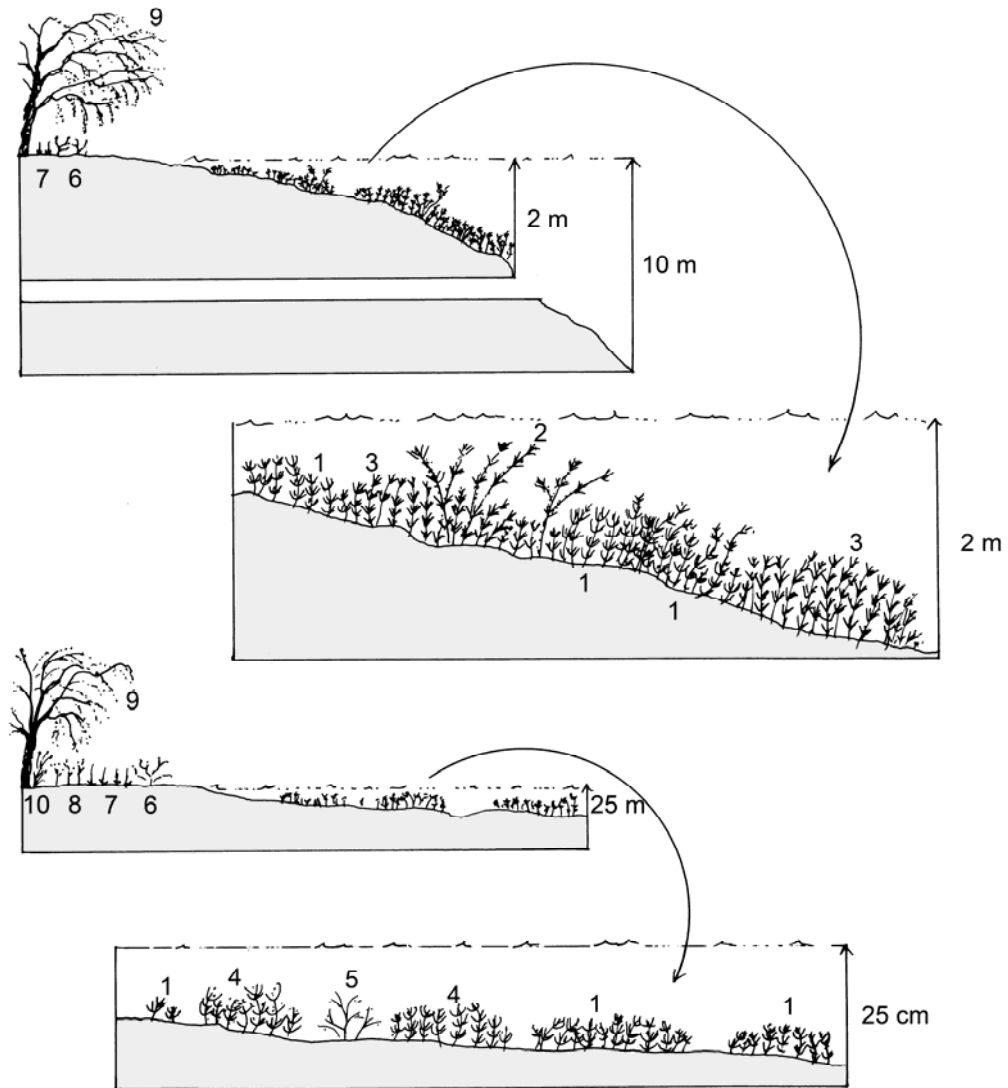


Figura 75. Esquema de la vegetación acuática y anfibia de la laguna de Zóñar en junio de 2007. 1, *Chara vulgaris*; 2, *Chara hispida* f. *polyacantha*; 3, *Chara hispida*; 4, *Chara galioides*; 5, *Tolypella hispanica*; 6, *Pulicaria paludosa*; 7, *Samolus valerandi*; 8, *Centaurium erythraea*, *Centaurium pulchellum*, *Blakstonia perfoliata* subs. *perfoliata*; 9, *Tamarix gallica* x *canariensis*; 10, *Dittrichia viscosa*. Schematic view of amphibious and aquatic plant distribution in the littoral area of Zóñar lake in June 2007.

En la Tabla 6 se resumen los datos que se refieren a las biomásas de carófitos recogidas en junio de 2007. Para el cálculo de biomasa total producida en la laguna se han estimado 1,05 kg/m<sup>2</sup> de materia seca, semejantes a los obtenidos para lagunas permanentes de batimetría parecida (por ejemplo, los 0,95 kg/m<sup>2</sup> obtenidos en la laguna Colgada del Parque Natural

Lagunas de Ruidera (Ciudad Real-Albacete) (ÁLVAREZ COBELAS & *al.*, 2006).

Tabla 6. Biomosas de materia seca de las formaciones de carófitos de la laguna de Zóñar. *Dry weight biomass of Charophyte meadows in Zóñar lake, June 2007.*

Nº	Composición	Cobertura/ Cover (%)	Altura vegetación/Height (cm)	Peso seco/Dry weight (kg/m <sup>2</sup> )
1	<i>Chara vulgaris</i> , 90 % <i>Chara hispida</i> , 10%	100	23	1,375
2	<i>Chara vulgaris</i> , 100 %	100	22	0,9304
3	<i>Chara vulgaris</i> , 100%	100	22	0,8404
MEDIA ± D.S./ Average ± SD				1,05 ± 0,28

Basándonos en estos datos, podemos estimar que la biomasa total seca de carófitos producida en la laguna de Zóñar en junio de 2007, época en la que estas formaciones subacuáticas estaban perfectamente desarrolladas, era de 71 Tm, que corresponden a una producción media de 1,7 Tm/ha.

La evolución de estas praderas de carófitos depende de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, de la transparencia de la misma (Fig. 76), y de la presión que sobre ellas pueda ejercer el cangrejo americano (Fig. 77), que en la actualidad ha quedado como único consumidor de carófitos.

La eliminación de la población de carpas ha tenido un efecto prácticamente inmediato en la recuperación de las praderas de carófitos. No obstante, la carpa también es un depredador del cangrejo americano y el aumento de la población de este macroinvertebrado parece que también debe de estar relacionado con la eliminación del Ciprínido. Por todo ello, sería conveniente relacionar la evolución de estas praderas subacuáticas con la población de cangrejo para plantear su control, si fuera necesario.





Figura 76. Los aportes de sedimentos que arrastran las aguas de los arroyos hacia su desembocadura en la laguna tienen un doble efecto. Por un lado, contribuyen al relleno de la cubeta y, por otro, impiden la colonización de la vegetación sumergida. Aspecto de la desembocadura del arroyo de Zóñar en noviembre de 2006 (Foto TRAGSA). *Suspended load inputs to the lake through stream discharge have twofold effects: basin accretion and impairing colonization by submerged macrophytes. View of the Zóñar stream inlet to the lake in November 2006 (Photo by TRAGSA).*



Figura 77. El cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) es un devorador de vegetación acuática y especialmente de carófitos. En la imagen un aspecto de la zona situada cerca de la desembocadura del arroyo de la Carrizosa, donde la presencia de cangrejos es especialmente abundante. *The American crayfish (Procambarus clarkii) is a consumer of aquatic vegetation, mostly charophytes. This view of the outlet of Carrizosa creek into the lake shows the high abundance that crayfish animals may attain.*

## **ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE LA LAGUNA DE ZÓÑAR**

La gestión de los humedales para mantenerlos en buen estado y tratar de aumentar su diversidad biológica, de acuerdo con sus peculiares características ecológicas, precisa de actuaciones o manejos que contribuyan a mejorar la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Estas actuaciones deben plantearse en primer lugar mejorar o mantener la calidad del agua, elemento imprescindible y directriz de todas las zonas húmedas, ya que -en definitiva- la cantidad y la calidad del agua son factores esenciales en la evolución o en los cambios de la biocenosis acuáticas. Y todo ello, sin olvidar otros factores, que en la laguna de Zóñar son particularmente importantes, como es la presencia de especies introducidas y dominantes en el ecosistema: la carpa (ya eliminada) y el cangrejo americano.

En este sentido, ya se ha indicado que un aspecto esencial para garantizar la permanencia de las praderas subacuáticas de carófitos es estudiar los efectos que la población del cangrejo americano tiene sobre ellas, y plantearse los métodos de control más convenientes, en el caso de que el aumento del consumo de carófitos, que en general está relacionado con el aumento progresivo de la población, ponga en peligro el desarrollo y asentamiento de esta praderas.

## **MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA**

El incremento de la eutrofia del agua en Zoñar está directamente relacionado con la calidad del agua que la alimenta, ya sea de forma superficial o subterránea. En este último caso, el control de la contaminación es más difícil porque precisa actuar sobre el acuífero y los puntos conflictivos que contribuyen a su contaminación, ya que actuar sobre las posibles surgencias subacuáticas que existan en la cubeta lagunar es imposible.

En el caso de las aguas superficiales hay que distinguir entre las que entran por los arroyos y las aguas de escorrentía. La adecuación, manejo y mantenimiento de los carrizales situados en la desembocadura de los arroyos de Zóñar y la Carrizosa podría ser un método sencillo y útil para fijar parte de los nutrientes que llegan y evitar los aportes de sedimentos que año tras año se incorporan a la cubeta lagunar. La creación de dos superficies o zona de tratamiento para la fitodepuración del agua con grandes helófitos que ya crecen de forma natural (carrizo, *Phragmites australis*, y enea, *Typha domingensis*, esencialmente), pueden contribuir a una cierta depuración, que puede estimarse de forma teórica (CURT, 2005).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la influencia que los productos fitosanitarios que se utilizan en los olivares que circundan la laguna, especialmente los herbicidas, pueden tener sobre las praderas de carófitos. Parte de estos productos son arrastrados por el agua de lluvia hacia la cubeta y pueden incidir sobre el desarrollo de los carófitos. Conocer los productos

empleados y su cantidad es el primer paso para estimar la influencia de estos cultivos sobre los macrófitos acuáticos que han vuelo a colonizar la laguna de Zóñar.

## **LA RECUPERACIÓN DE LA LAGUNA DEL GENERAL**

La parte más occidental de la laguna de Zóñar corresponde a la laguna del General (Fig. 78), con unas 2,8 ha, forma casi circular y aguas someras. En la década de los setenta del siglo pasado esta pequeña laguna estaba separada de la cubeta principal, pero en la actualidad los dos vasos lagunares están comunicados (TORRES ESQUIVIAS, 2004).

En el año 2007 la ausencia de carófitos era manifiesta en esta pequeña cubeta, hecho que puede deberse a la naturaleza del fondo, en el que la acumulación de sedimentos es patente, así como el carácter anóxico de los mismos.

La laguna del General es un enclave interesante que debería gestionarse para tratar de aumentar la diversidad biológica mediante la creación de un nuevo hábitat: un humedal mediterráneo estacional. Este tipo de zona húmeda, si está bien conservado, suele contener una diversidad biológica elevada, en la que entran a formar parte organismos propios de medios estacionales, que contribuirían a aumentar el valor biológico de Zóñar.

Para tratar de recuperar la laguna del General es necesario establecer unas condiciones ecológicas mínimas que permitan el asentamiento de la vegetación sumergida, en este caso las praderas de carófitos. En este sentido sería conveniente analizar la naturaleza de los sedimentos actuales, y plantearse la extracción controlada de la capa superior (hasta una profundidad a determinar en función de la naturaleza de los mismos) si fuera necesario.

Como complemento de esta actuación podría estudiarse la recuperación del sistema de desagüe, que permitiría un cierto lavado de todo el sistema, aunque fuera de modo excepcional en los años de pluviosidad muy elevada.

Al ser la laguna del General la parte final del complejo de Zóñar puede utilizarse como indicador preciso y estricto de la calidad ambiental de todo el sistema.



Figura 78. Aspecto de la laguna la laguna del General en junio de 1990 cuando estaba separada de la cubeta principal de Zóñar, y en 1999, cuando ambas cubetas estaban unidas (TORRES ESQUIVIAS, 2004). *Views of General pond when split from Zóñar lake (June 1990) and when linked (1999; TORRES ESQUIVIAS, 2004).*



## CONCLUSIONES

La retirada de las carpas ha permitido el desarrollo de compactas y extensas formaciones de carófitos.

El asentamiento y permanencia de estas praderas debe contribuir a aumentar las tasas de oxígeno disuelto en el agua.

Al ser un voraz consumidor de carófitos, la población de cangrejo americano puede ser un obstáculo para la permanencia de estas formaciones sumergidas.

Los últimos datos registrados parecen indicar un aumento de la transparencia del agua, que resulta beneficioso para las praderas de carófitos y en el futuro para otros tipos de macrófitos acuáticos sumergidos.

Para la buena conservación de la laguna de Zoñar debe plantearse tratar de forma adecuada las aguas cargadas de nutrientes que por los arroyos llegan a la laguna.

La superficie cubierta por las praderas de carófitos era en junio de 2007 de 6,78 ha, lo que supone un 16% de la superficie total.

La biomasa total de carófitos (expresada en peso seco) producida por la laguna de Zoñar en junio de 2007 se estimó en 71 Tm, que corresponden a una biomasa seca media de  $1,09 \text{ kg/m}^2$ , y a una producción media total de 1,70 Tm/ha.





## ENGLISH SUMMARY

A study to find out the ecological effects of common carp withdrawal was undertaken in Zóñar lake (Córdoba, Southern Spain) in 2006-2007. Such a withdrawal has enabled the development of wide and compact charophyte meadows that were absent before 2006. Long term occurrence of such meadows will contribute to dissolved oxygen increase in the lake. However, the occurrence of large populations of American crayfish (*Procambarus clarkia*) will also result in declining charophyte meadows.

Our latest transparency data suggest an increase of this parameter, which will enhance growth of charophyte meadows and other submerged plants as well.

Charophyte meadows covered 6.78 ha in June 2007 after fish withdrawal and none in the same month of the previous year, when common carps were still in the lake. This figure is 16% of the overall lake surface. Charophyte biomass for the whole lake was 71% tons (dry weight) in June 2007, *i.e.* 1.1 kg dw/m<sup>2</sup>.

In order to improve Zóñar lake conservation, incoming stream waters must be wastewater-treated.



## **AGRADECIMIENTOS**

Le estamos sumamente agradecidos a Carlos Fernández Delgado (Universidad de Córdoba) por haberse interesado por nuestro trabajo hasta el extremo de proponernos que interviniésemos en este Proyecto. Además, el estudio no se hubiera podido llevar a cabo sin el apoyo de sus equipos de medida para el campo, sus consejos sobre la ecología de la laguna y su información -inédita o publicada- sobre la misma. Rubén Martínez Peñas, de TRAGSA, ha sido el “alma mater” y brazo ejecutor de los trabajos de campo; la toma de muestras no hubiera podido realizarse de no ser por él. En el muestreo final de Junio de 2007, contamos también con la ayuda de Eva López Delgado.



## BIBLIOGRAFÍA CITADA

ALONSO, M. 1996. Crustacea, Branchiopoda. En: *Fauna Ibérica*, 7. Ramos, M.A. & al. (Eds). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

ALONSO, M. 1998. Las lagunas de la España peninsular. *Limnetica* 15:1-176.

ÁLVAREZ COBELAS, M., MUÑOZ RUIZ, P. & RUBIO OLMO, A. 1991. *La eutrofización de las aguas continentales españolas*. Henkel Ibérica, S.A.

ÁLVAREZ COBELAS, M., CIRUJANO, S., MONTERO, E., ROJO, C., RODRIGO, M.A., PIÑA, E., RODRÍGUEZ, J.C., SORIANO, O., ABOAL, M., MARÍN, J.P. & ARAUJO, R. 2006. *Ecología acuática y sociedad de las lagunas de Ruidera*. CSIC. Madrid.

AMAT, J.A. 1981. *Ecología de las lagunas situadas en la periferia del Parque Nacional de Doñana*. Fundación Juan March. Madrid.

ANGELER, D.G., SÁNCHEZ-CARRIILLO, S., RODRIGO, M.A., ÁLVAREZ-COBELAS, M. & ROJO, C. 2007. Does seston size structure reflect fish-mediated effects on water quality in a degraded semiarid wetland? *Environmental Monitoring and Assessment* 125: 9-17.

APHA-AWWA-WPCF, 1992. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Díaz de Santos. Madrid.

BLOESCH, J. 1996. Towards a new generation of sediment traps and a better measurement/understanding of settling particle flux in lakes and oceans: A hydrodynamical protocol. *Aquatic Sciences* 58: 283-296.

BONIS, A., GEMAYEL, P. & GRILLAS, P. 1993. Polymorphisme enzymatique et morphologique comparé chez *Chara aspera* et *C. galioides* (Charophyceae) en Camargue. *Cryptogamie Algologie*. 14(2-3): 115-131.

BORT, S., ROJO, C., RODRIGO, M.A. & MAIDANA, N. 2005. El fitoplancton de las Lagunas de Ruidera (Parque Natural, Ciudad Real, España). *Limnetica* 24: 33-46.

CIRUJANO, S. 1995. *Flora y vegetación de las lagunas y humedales de la provincia de Cuenca*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo.

CIRUJANO, S., VELAYOS, M., CASTILLA, F. & GIL, M. 1992. *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares)*. ICONA, Madrid.

CIRUJANO, S., MEDINA, L. & CHIRINO, M. 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha - CSIC. Madrid.

COMELLES, M. 1984. Noves citacions de caròfits a Espanya. *Butlletí de la Institució Catalana d'Historia Natural* 51: 35-39.

CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES. 2005. *Ortografía digital en color. Provincia de Córdoba*. 2ª ed. Junta de Andalucía.

CURT, M. D. 2005. Fitodepuración en humedales. Conceptos generales. En FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J., MIGUEL BEASCOECHEA, E. DE, CURT, M. D. 2005. *Manual de fitodepuración*. Fundación Global Nature. Madrid.

CHUMCHAL, M.M. & DRENNER, R.W. 2004. Interrelationships between phosphorus loading and common carp in the regulation of phytoplankton biomass. *Archiv für Hydrobiologie* 161: 147-158.

CHUMCHAL, M.M., NOWLIN, W.H. & DRENNER, R.W. 2005. Biomass-dependent effects of common carp on water quality in shallow ponds. *Hydrobiologia* 545: 271-277.

DE MANUEL, J. 2000. The rotifers of Spanish reservoirs: ecological, systematical and zoogeographical remarks. *Limnetica* 19: 91-167.

DRIVER, P.D., CLOSS, G.P. & KOEN, T. 2005. The effects of size and density of carp (*Cyprinus carpio*) on water quality in an experimental pond. *Archiv für Hydrobiologie* 163: 117-131.

FERNÁNDEZ DELGADO, C. 1981. *Ictiofauna de la laguna de Zóñar: Crecimiento de Atherina boyeri, Risso 1810 (Pisces: Atherinidae)*. Tesina de licenciatura, Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba.

FERNÁNDEZ DELGADO, C. & HERNANDO CASAL, J.A. 1982. Relaciones morfométricas de *Atherina boyeri* Risso (Pisces: Atherinidae) de la laguna de Zóñar (Córdoba, España). *Doñana Acta Vertebrata* 9: 13-25.

FERNÁNDEZ DELGADO, C., HERNANDO CASAL, J.A. Y FERNÁNDEZ HAEGER, J. 1984. Parámetros morfométricos y físico-químicos de la laguna de Zóñar (Córdoba). *Oxyura* 1: 61-70.

FERNÁNDEZ HAEGER, J., HERNANDO, J.A. & TORRES, J.A. 1980. La laguna de Zóñar (Córdoba). *Boletín de la Estación Central de Ecología* 9(17):27-31.

FLOR ARNAU, N., REVERTER, F., SOULIÉ MÄRSCHKE, I. & CAMBRA, J. 2006. Morphological differentiation of *Chara aspera* Dethardind ex Willdenow and *Chara galioides* De Candolle under different environmental variables. *Cryptogamie, Algologie* 27: 435-449.

FOISSNER W., BERGER, H. & SCHAUMBURG, J. 1999. *Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates*. Wasserwirtschaftsamt Deggendorf. Munich.

FUREST, A. & TOJA, J. 1984. Reconocimiento limnológico de lagunas andaluzas. In: *Las zonas húmedas en Andalucía*, pp. 177-187. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente. MOPU. Madrid.

GARCÍA MURILLO, P. 1990. *El género Potamogeton L. en la Península Ibérica*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.

HERNANDO CASAL, J.A. & FERNÁNDEZ DELGADO, C. 1984. Algunas variables que influyen en la diferenciación de edades del pejerrey (*Atherina (Hepsetia) boyeri* Risso 1810). *Doñana Acta Vertebrata* 11: 5-14.

HUTCHINSON, G.E. 1938. On the relation between the oxygen deficit and the productivity and tipology of lakes. *International Revue der gesamten Hydrobiologie* 36: 336-355.

JAUME, D. 1991. The genus *Diaphanosoma* (Ctenopoda: Sididae) in Spain. *Hydrobiologia* 225: 23-35.

JUNTA DE ANDALUCÍA. 2005. Caracterización ambiental de Humedales de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 511pp.

KING, A.J., ROBERTSON, A.I. & HEALEY, M.R. 1997. Experimental manipulations of the biomass of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in billabongs. I. Impacts on water-column properties. *Marine and Freshwater Research* 48: 435-443.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1997. Bacillariophyceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2. Gustav Fischer Verlag. Jena.

LAMARRA jr., V.A. 1975. Digestive activities of carp as a major contributor to the nutrient loading of lakes. *Verhandlungen der internationale Vereinigung für Limnologie* 19: 2461-2468.

LANGE, C.B. & TIFFANY, M.A. 2002. The diatom flora of the Salton sea, California. *Hydrobiologia* 473: 179-201.



- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., MUÑOZ, T. & BELLIDO, E. 1984. Contaminación por residuos de insecticidas organoflorados de la laguna de Zóñar (Córdoba). *Limnetica* 1: 122-127.
- LUND, J.W.G., KIPLING, C. & LE CREN, E.D. 1958. The inverted method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170.
- MARCÉ, R., COMERMA, M., GARCÍA, J., GÓMA, J. & ARMENGOL, J. 2005. The zooplankton community in a small, hypertrophic Mediterranean reservoir (Foix reservoir, NE Spain). *Limnetica* 24: 275-294.
- MARGALEF, R. 1986. *Ecología* (quinta edición). Ediciones Omega. Barcelona.
- MARGARITORA, F. G. 1985. Cladoceri (Crustacea: Cladocera) *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. CNR AQ/1/197.
- MOPU. 1990. *Estudio de las zonas húmedas de la España peninsular. Inventario y tipificación, relación con el régimen hídrico general y medidas de protección*. Dirección General de Obras Hidráulicas. MOPU. Madrid.
- MOREIRA, J.L. & MONTES, C. 2005. *Caracterización ambiental de humedales en Andalucía*. Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente).
- MOYA MEJÍAS, J.L. 1984. Hidrogeología de la laguna de Zóñar (Córdoba-España). *Oxyura* 1(1): 21-41.
- MOYA MEJÍAS, J.L. & TORRES ESQUIVIAS, J.A. 1983. La laguna de Zóñar: problemática y alternativa de solución. *Actas del III Simposio de Hidrogeología* 527-534.
- MOYA MEJÍAS, J.L., RECIO, J.M. & GIRÁLDEZ, J.V. 1985. Determinación del flujo de base en lagunas endorreicas. *Simposio sobre el Agua en Andalucía* 1: 185-196.

NUTTALL, P.M. & RICHARDSON, B.J. 1991. Nitrogen and phosphorus excretion by European carp. *Chemosphere* 23: 671-676.

OCDE, 1982. *Eutrophisation des Eaux. Méthodes de Surveillance, d'Evaluation et de Lutte*. Paris.

ORTEGA-MAYAGOITIA, E., ROJO, C. & RODRIGO, M.A. 2002. Factors masking the trophic cascade in shallow eutrophic wetlands - evidence from a microcosm study. *Archiv für Hydrobiologie* 155: 43-63.

PARKOS III, J.J., SANTUCCI jr., V.J. & WAHL, D.H. 2003. Effects of adult common carp (*Cyprinus carpio*) on multiple trophic levels in shallow mesocosms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 182-192.

PEJLER B. 1983. Zooplanktic indicators of trophy and their food. *Hydrobiologia* 101: 111-114.

POPOVSKÝ, J. & PFIESTER, L.A. 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 6. Gustav Fischer Verlag. Jena.

RECIO, J.M. 2003. Lago de Zóñar: evolución Holocena y problemas de gestión. XXIII Jornadas de Campo del Grupo Andaluz del Cuaternario (A.E.Q.U.A.-G.A.C.).

RECIO, J.M. & TIRADO, J.L. 1982. Apuntes sobre el origen de la Laguna de Zóñar (Aguilar de la Frontera, Córdoba). *Estudios Geográficos* 169 (¿??): 96-103.

REYNOLDS, C. 1997. *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Excellence in Ecology 9. Ecology Institute. Oldendorf.

- RICHARDSON, W.B., WICKHAM, S.A. & THRELKELD, S.T. 1990. Foodweb response to the experimental manipulation of a benthivore (*Cyprinus carpio*), zooplanktivore (*Menidia beryllina*) and benthic insects. *Archiv für Hydrobiologie* 119: 143-165.
- RIOLOBOS, P., ÁLVAREZ-COBELAS, M., ROJO, C., RODRIGO, M.A., ORTEGA-MAYAGOITIA, E. & CIRUJANO, S. 2002. *Técnicas habituales de análisis físicos, químicos y biológicos del Grupo de Investigación del Agua*. CSIC. Madrid.
- ROJO, C. & ÁLVAREZ-COBELAS, M. 2003. Are there steady-state phytoplankton assemblages in the field? *Hydrobiologia* 502: 3-12.
- ROJO, C., RODRIGO, M.A. & BARÓN-RODRÍGUEZ, M.M. 2007. Dynamics of the planktonic food web in Colgada Lake (Lagunas de Ruidera Natural Park). *Limnetica* 26 (en prensa).
- ROTT, E. 1981. *Results from phytoplankton counting intercalibrations*. Botanischer Institut, Universität Innsbruck, Austria.
- ROUND, F.E., GRAWFORD, R.M. & MANN, D.G. 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SÁNCHEZ, F.J. & FERNÁNDEZ DELGADO, C. 1997. Historia de las introducciones de peces en la reserva natural de la laguna de Zóñar (Córdoba, España). *Oxyura* 9 (1): 135-140.
- SÁNCHEZ, M.I., GREEN, A. & DOLZ, J.C. 2000. The diets of the White-headed Duck *Oxyura leucocephala*, Ruddy Duck *O. jamaicensis* and their hybrids from Spain. *Bird Study* 47: 275-284.
- SÁNCHEZ DE LA ÓRDEN, M., FERNÁNDEZ DELGADO, C. & SÁNCHEZ POLAINA, F.J. 1992. Nuevos datos acerca de la morfometría y batimetría de la laguna de Zóñar (Aguilar de la Frontera, Córdoba). *Oxyura* 6(1): 73-77.

SCHEFFER, M., HOSPER, S.H., MEIJER, M.L., MOSS, B. & JEPPESEN, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 275-279.

SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Illinois.

SLÁDECĚK, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-201.

STEWART-OATEN, A., MURDOCH, W.W. & PARKER, K.R. 1986. Environmental impact assessment: "pseudoreplication" in time? *Ecology* 67: 929-940.

TALLING, J.F. 1971. The underwater light climate as a controlling factor in the production ecology of freshwater phytoplankton. *Mitteilungen der internationale Vereinigung für Limnologie* 19: 214-243.

TORRES ESQUIVIAS, J.A. 2004. *Lagunas del sur de Córdoba*. Diputación de Córdoba.

VALERO-GARCÉS, B.L., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., NAVAS, A., MACHÍN, J., MATA, P., DELGADO-HUERTAS, A., BAO, R., MORENO, A., CARRIÓN, J.S., SCHWALB, A. & GONZÁLEZ-BARRIOS, A. 2006. Human impact since medieval times and recent ecological restoration in a Mediterranean lake: the Laguna Zoñar, southern Spain. *Journal of Paleolimnology* 35: 441-465.

WETZEL, R.G. 2001. *Limnology*. 3<sup>rd</sup> edition. W.H. Freeman. San Francisco.

WILLÉN, E. 2000. Phytoplankton water quality assessment-an indicator concept. In: *Hydrological and Limnological aspects of lake monitoring*. Heinonen, G. Ziglio y A. Van der Beken (eds), Wiley & Sons Ltd.

ZAMBRANO, L. & HINOJOSA, D. 1999. Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico. *Hydrobiologia* 408/409: 131-138.



## ANEXO I: Datos de campo/*Annex I: field data*

### Arroyos que desaguan a la laguna de Zóñar/*Streams discharging to Zóñar lake.-*

	Caudal/ <i>Discharge</i> (L/seg)	pH	Conductividad/ <i>Conductivity</i> (mS/cm)
Escobar			
Jun-06	0.5	8.02	0.96
Nov-06	0.4	7.99	1.08
La Carrizosa			
Jun-06	5	8.18	2.00
Feb-07	5.2	7.8	1.83
Mar-07	6.2	7.9	1.81
Abr-07	2.2	7.92	1.78
Jun-07	0.5	8.06	1.82
Zóñar			
Jun-06	5.00	8.16	1.23
Jul-06	5.00	8.04	1.33
Ago-06	7	7.27	1.24
Sept-06	12	7.87	1.11
Oct-06	4.00	8.25	1.09
Nov-06	6.90	8.28	1.09
Dic-06	11.60	8.22	1.1
Ene-07	7.80	8.25	1.27
Feb-07	4.90	8.02	1.07
Mar-07	6.70	8.35	1.1
Abr-07	4.90	8.3	1.9
Jun-07	6.40	8.22	1.17

## Laguna de Zóñar.-

### Transparencia/Water transparency (m)

Jun-06	1.35
Jul-06	1.48
Ago-06	1.28
Sept-06	1.36
Oct-06	1.31
Nov-06	1.56
Dic-06	1.24
Ene-07	1.54
Feb-07	3.86
Mar-07	5.76
May-07	4.94
Jun-07	1.25

### Temperatura/Water temperature (°C)

Prof	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
0	25	27.9	26	23	18.9	16.6	12.3	10.5	12.4	14.3	20.3	23.7
1	25	27.6	25.9	22.9	18.9	16.6	12.3	10.5	12.3	14.3	19.6	23.6
2	25	27.4	25.8	22.7	18.9	16.5	12.3	10.5	12.3	14.3	19.3	23.6
3	24.8	27.2	25.8	22.6	18.9	16.5	12.3	10.4	12.1	14.3	18.6	23.3
4	24.8	26.2	25.7	22.6	18.9	16.4	12.3	10.4	11.8	14.2	18.2	23.1
5	21.5	24.4	25.6	22,5	18.8	16.4	12.3	10.4	11.4	14.2	17.4	21.7
6	18.2	18.4	22.1	22.3	18.8	16.4	12.3	10.3	11.3	14.1	16.6	19.7
7	13.7	15.5	16.9	17.8	18.7	16.3	12.3	10.3	11	13.8	15.8	17
8	11.9	13.5	13.8	14.1	15.6	16.2	12.2	10.2	10.8	13.3	14.4	15.4
9	11.3	12.8	12.4	12.8	13.3	14.9	12.2	10.2	10.6	12.7	13	14.5
10	11.1	11.9	11.8	12.2	12.3	13	12.2	10.2	10.4	11.4	12.7	13.6
11	11	11.4	11.7	11.7	11.8	12.5	12.2	10.2	10.3	11.2	12.4	13
12	11	11.3	11.4	11.4	11.6	11.8	12.2	10.2	10.2	11	12.3	12.8
13	11	11.2	11.3	11.4	11.3	11.7	12.2	10.2	10.2	11	12.3	12.7

### Oxígeno disuelto/Dissolved oxygen (mg/L)

Prof	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
0	6.8	6.9	7.1	7.4	6.7	6.3	2.7	7.3	7.2	8.2	8.8	11.1
1	6.8	6.9	7.2	7.0	6.7	5.7	0.9	6.3	7.1	8.0	8.5	11.8
2	6.3	6.8	6.9	6.8	6.7	4.6	0.6	6.1	7.0	7.9	8.1	11.6
3	6.0	6.7	7.0	6.6	6.0	4.3	0.4	5.8	6.9	7.9	8.0	11.7
4	6.0	3.6	6.7	6.3	6.0	4.3	0.4	5.2	6.6	8.0	7.9	11.5
5	0.6	0.3	6.7	6.0	5.0	4.3	0.3	4.5	6.2	7.8	6.7	5.3
6	0.3	0.2	0.6	4.2	3.9	4.3	0.2	4.1	5.8	7.3	5.0	0.5
7	0.2	0.2	0.3	0.8	3.7	4.2	0.2	2.8	5.5	6.8	2.2	0.2
8	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	4.2	0.2	2.3	4.9	4.6	1.1	0.2
9	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	2.2	0.2	2.0	4.6	2.0	0.3	0.1
10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.2	1.6	3.8	0.5	0.2	0.1
11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.5	3.0	0.3	0.2	0.1
12	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.4	2.5	0.2	0.2	0.1
13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	1.4	2.1	0.2	0.2	0.1



Prof	pH											
	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
0	8.96	8.98	8.7	8.71	8.36	8.52	7.7	8.14	8.18	8.46	8.62	9.29
2	8.93	8.97	8.71	8.73	8.33	8.4	7.81	8.11	8.15	8.45	8.6	9.3
4	8.92	8.85	8.7	8.72	8.33	8.36	7.84	8.09	8.14	8.4	8.59	9.29
6	8.15	7.93	8.51	8.67	8.3	8.3	7.86	7.97	8.12	8.35	8.52	8.61
8	7.71	7.8	7.73	8.7	8.19	8.27	7.87	7.93	8.09	8.31	8.2	8.05
10	7.62	7.54	7.7	7.49	7.61	7.83	7.92	7.92	8	7.99	8	7.92
12	8.08	7.38	7.69	7.64	7.6	7.78	7.96	7.92	7.95	7.83	7.88	7.75

Prof	Conductividad/Conductivity (mS/cm)											
	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
0	2.90	3.40	3.22	2.59	2.42	2.4	2.5	2.48	2.49	2.45	2.55	2.86
2	3.00	3.40	3.27	2.57	2.6	2.58	2.58	2.53	2.48	2.55	2.53	2.87
4	2.90	3.40	3.3	2.60	2.7	2.59	2.6	2.55	2.55	2.58	2.53	2.89
6	2.80	2.90	3.18	2.63	2.61	2.61	2.56	2.58	2.56	2.54	2.53	2.89
8	2.60	3.00	2.92	2.63	2.61	2.6	2.59	2.58	2.54	2.59	2.58	2.82
10	2.40	2.70	2.98	2.50	2.6	2.57	2.59	2.56	2.58	2.58	2.57	2.85
12	2.70	2.50	2.98	2.49	2.59	2.59	2.57	2.56	2.55	2.58	2.6	2.86



## ANEXO II: Datos analíticos/Annex II: lab data

### QUÍMICA DEL AGUA/Water chemistry

#### Arroyos que desaguan a la laguna de Zóñar/Streams discharging to Zóñar lake.-

Arroyo Zóñar	Unidades	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
Materia total/Total matter	(mg/L)	862	788	822	782	980	946	807	819	810	794	842	1130
Materia mineral/Mineral matter	(mg/L)	201	133	178	174	281	257	246	253	220	219	172	294
Materia en suspensión/Suspended matter	(mg/L)	26	1.6	7.6	3.2	76.4	82.4	10.8	13.2	6.8	2.4	11.6	264
Color/Colour	(mg Pt/L)	10.27	9.64	17.22	0	10.68	15.71	6.07	7.21	10.43	1.84	6.41	13.91
Carbono orgánico disuelto/DOC	(mg C/L)	2.37	2.31	3.54	2.24	3.05	3.42	2.71	2.79	3.03	2.40	2.74	3.29
Amonio/Ammonia	(mg NH <sub>4</sub> /L)	0.84	0.84	0.84	0	0.56	0.28	0.74	1.49	0.74	0.74	1.12	0.74
Nitrato/Nitrate	(mg NO <sub>3</sub> /L)	42.9	45.4	49.4	44.5	45.6	61	52.5	45	50.5	49	45	58.4
Nitrógeno Kjeldahl/Kjeldahl nitrogen	(mg N/L)	1.12	0.84	1.12	0.84	1.12	1.68	1.16	2.03	0.87	0.87	2.03	2.03
Nitrógeno orgánico/Organic nitrogen	(mg N/L)	0.47	0.19	0.47	0.84	0.68	1.46	0.58	0.87	0.29	0.29	1.16	1.45
Nitrógeno total/Total nitrogen	(mg N/L)	10.15	10.44	11.62	10.89	10.98	15.24	12.44	11.03	11.70	11.36	11.32	14.64
Ortofosfato/SRP	(mg PO <sub>4</sub> /L)	0.010	0.032	0.011	0.010	0.027	0.010	0.016	0.021	0.022	0.022	0.020	0.022
Fósforo total/Total phosphorus	(mg P/L)	0.022	0.034	0.048	0.057	0.072	0.064	0.030	0.093	0.026	0.026	0.025	0.291
Sílice/Silica	(mg/L)						54						

Arroyo de La Carrizosa	Unidades	Jun-06	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
Materia total	(mg/L)	1206	1274	1253	1276	1354
Materia mineral	(mg/L)	213	181	193	170	255
Materia en suspensión	(mg/L)	99.6	5.6	30.8	52.4	207
Color	(mg Pt/L)	37.5	42.19	20.03	48.1	17.43
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	2.69	5.39	3.74	5.82	3.55
Amonio	(mg NH <sub>4</sub> /L)	0.4	0	0.37	1.12	0.74
Nitrato	(mg NO <sub>3</sub> /L)	22.1	20	19.2	18.8	31.1
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	1.12	1.16	0.58	2.03	2.32
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.81	1.16	0.29	1.16	1.74
Nitrógeno total	(mg N/L)	5.80	5.68	4.63	5.40	8.77
Ortofosfato	(mg PO <sub>4</sub> /L)	0.015	0.022	0.029	0.023	0.007
Fósforo total	(mg P/L)	0.074	0.035	0.042	0.079	0.382

NOTA: el arroyo estuvo seco desde Julio de 2006 a Enero de 2007/This stream was dry from July 2006 until January 2007

<b>Arroyo Escobar</b>	Unidades	Jun-06	Nov-06
Materia total	(mg/L)	672	878
Materia mineral	(mg/L)	187	242
Materia en suspensión	(mg/L)	2.4	38.4
Color	(mg Pt/L)	7.12	10.26
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	2.34	3.02
Amonio	(mg NH <sub>4</sub> /L)	0.72	0.36
Nitrato	(mg NO <sub>3</sub> /L)	48.3	57
Nitrógeno Kjeldahl	(mg/N/L)	1.12	0.56
Nitrógeno orgánico	(mg/N/L)	0.68	0.34
Nitrógeno total	(mg/N/L)	11.59	13.21
Ortofosfatos	(mg PO <sub>4</sub> /L)	0.013	0.014
Fósforo total	(mg P/L)	0.014	0.063
Silice	(mg/L)		51

NOTA: el arroyo estuvo seco desde Julio a Octubre de 2006 y desde Noviembre de 2006 en adelante/*This stream was dry from July to October 2006 and from November 2006 onwards*

**Aniones y cationes/Anion and cation concentration (Jun-06)**

(meq/L)	Escobar	La Carrizosa	Zóñar
Carbonatos/CO <sub>3</sub>	0.30	0.30	0.20
Bicarbonatos/HCO <sub>3</sub>	3.74	4.72	3.81
Cloruros/Cl <sup>-</sup>	3.78	10.72	5.18
Calcio/Ca <sup>++</sup>	5.20	4.90	5.60
Magnesio/Mg <sup>++</sup>	1.72	2.95	2.13
Sodio/Na <sup>+</sup>	3.44	10.75	5.16
Potasio/K <sup>+</sup>	0.07	0.13	0.10
Sulfatos/SO <sub>4</sub>	1.01	1.47	1.97

## Laguna de Zóñar.-

### Aniones y cationes/*Anion and cation concentration (Jun-06)*

(meq/L)	Superficie/ <i>Surface</i>	10 metros/ <i>10 m</i>
Carbonatos	1,39	0
Bicarbonatos	1,95	4,88
Cloruros	22,85	21,57
Calcio	2,72	2,90
Magnesio	3,03	4,38
Sodio	21,5	18,92
Potasio	0,29	0,25
Sulfatos	1,32	0,63

28/6/2006		Superficie	2 metros	4 metros	6 metros	8 metros	10 metros	12 metros
Materia total	(mg/L)	1655	1676	1702	1622	1652	1610	1622
Materia mineral	(mg/L)	221	250	262	214	229	207	201
Materia en suspensión	(mg/L)	6.4	13.2	14.4	6	12.4	8.8	6.8
Color	(mg Pt/L)	15.5	20.74	15.5	27.02	55.3	73.11	17.6
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	2.43	2.49	2.43	2.57	2.90	3.14	2.46
Amonio	(mg NH4/L)	0.72	0.72	0.18	0.36	1.44	2.52	0.36
Nitrato	(mg NO3/L)	0.6	0.5	0.73	0.39	0.36	0.39	0.47
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	1.12	1.4	2.24	1.96	2.24	5.6	1.96
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.68	0.96	2.13	1.74	1.37	4.08	1.74
Nitrógeno total	(mg N/L)	0.82	1.08	2.30	1.83	1.45	4.16	1.85
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.011	0.007	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005
Fósforo total	(mg P/L)	0.020	0.010	0.009	0.007	0.024	0.021	0.005
Clorofila "a"	(microg/L)	20.9	21.5	16.6	29.9	44.5	25.0	20.4

			2	4	6	8	10	12
27/7/2006		Superficie	metros	metros	metros	metros	metros	metros
Materia total	(mg/L)	1669	1553	1636	1570	1627	1589	1604
Materia mineral	(mg/L)	186	191	191	185	175	190	187
Materia en suspensión	(mg/L)	6.4	14	8.4	17.2	13.6	24.8	7.2
Color	(mg Pt/L)	20.78	21.07	44.7	89.95	29.29	71.6	60.54
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	2.44	2.44	2.43	2.54	2.49	2.54	2.49
Amonio	(mg NH4/L)	0.36	0.36	0.36	0.72	1.08	1.08	3.24
Nitrato	(mg NO3/L)	0.47	0.65	0.36	0.68	0.55	0.76	0.52
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	1.12	1.12	1.12	1.4	2.8	2.24	3.08
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.90	0.90	0.90	0.96	2.15	1.59	1.12
Nitrógeno total	(mg N/L)	1.01	1.05	0.98	1.12	2.27	1.76	1.24
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.016	0.015	0.010	0.013	0.008	0.009	0.008
Fósforo total	(mg P/L)	0.040	0.069	0.018	0.016	0.011	0.011	0.011
Clorofila "a"	(microg/L)	17.5	31.4	13.7	93.4	40.5	86.8	27.5

			2	4	6	8	10	12
07/09/2006		Superficie	metros	metros	metros	metros	metros	metros
Materia total	(mg/L)	1729	1743	1718	1732	1643	1716	1672
Materia mineral	(mg/L)	219	238	209	232	212	267	225
Materia en suspensión	(mg/L)	7.2	14.4	7.6	10	10.8	8.4	4.8
Color	(mg Pt/L)	6.29	14.58	14.62	15.79	21.45	17.01	18.77
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	2.71	3.33	3.33	3.42	3.86	3.52	3.64
Amonio	(mg NH4/L)	0.18	0.18	0.07	0.07	1.44	1.08	0.36
Nitrato	(mg NO3/L)	0.51	0.46	0.49	0.51	0.46	0.51	0.43
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	0.56	0.84	1.12	1.4	2.24	1.68	1.68
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.45	0.73	1.08	1.36	1.37	1.03	1.46
Nitrógeno total	(mg N/L)	0.57	0.83	1.19	1.47	1.47	1.14	1.56
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.006	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.008
Fósforo total	(mg P/L)	0.037	0.024	0.040	0.027	0.044	0.045	0.044
Clorofila "a"	(microg/L)	21.4	21.8	17.2	16.6	52.8	69.5	23

			2	4	6	8	10	12
26/9/2006		Superficie	metros	metros	metros	metros	metros	metros
Materia total	(mg/L)	1745	1729	1749	1733	1688	1588	1649
Materia mineral	(mg/L)	222	221	245	220	189	171	221
Materia en suspensión	(mg/L)	8.8	13.6	11.2	9.6	12.8	6.8	10.4
Color	(mg Pt/L)	12.57	26.65	104.62	13.28	26.98	177.06	87.69
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.18	4.23	10.01	3.24	4.26	15.38	8.76
Amonio	(mg NH4/L)	0.36	0.36	0.18	0.36	0.18	1.80	2.16
Nitrato	(mg NO3/L)	0.4	0.46	0.98	0.89	0.4	0.43	0.38
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	1.12	1.4	1.12	1.96	1.68	3.36	2.24
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.90	1.18	1.01	1.74	1.57	2.27	0.93
Nitrógeno total	(mg N/L)	0.99	1.29	1.23	1.94	1.66	2.37	1.02
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.004	0.002	0.002	0.002	0.003	0.013	0.002
Fósforo total	(mg P/L)	0.027	0.047	0.036	0.045	0.041	0.091	0.068
Clorofila "a"	(microg/L)	35.7	60	45.5	32.2	43.5	17.2	45

			2	4	6	8	10	12
26/10/2006		Superficie	metros	metros	metros	metros	metros	metros
Materia total	(mg/L)	1778	1772	1741	1783	1746	1710	1734
Materia mineral	(mg/L)	263	273	226	286	259	230	242
Materia en suspensión	(mg/L)	3.6	6.4	6	7.6	8.4	14	31.6
Color	(mg Pt/L)	28.69	19.9	28.27	28.83	24.08	27.44	33.3
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	4.39	3.73	4.36	3.95	4.01	4.29	4.73
Amonio	(mg NH4/L)	0.36	0.36	0.36	0.72	0.36	1.80	0.72
Nitrato	(mg NO3/L)	0.17	0.27	0.4	1.52	1.06	0.98	0.57
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	1.68	1.12	2.24	2.24	1.68	2.24	3.08
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	1.46	0.90	2.02	1.80	1.46	1.15	2.64
Nitrógeno total	(mg N/L)	1.50	0.96	2.11	2.15	1.70	1.37	2.77
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.006	0.004	0.005	0.008	0.012	0.008	0.008
Fósforo total	(mg P/L)	0.038	0.029	0.036	0.030	0.030	0.043	0.058
Clorofila "a"	(microg/L)	25.5	27.0	29.7	29.6	20.9	26.0	20.4

20/11/2006		Superficie	2 metros	4 metros	6 metros	8 metros	10 metros	12 metros
Silice	(mg/l)	19.75	21.02	19.51	20.6	19	25.27	24.15
Materia total	(mg/L)	1783	1762	1753	1731	1716	1652	1703
Materia mineral	(mg/L)	294	298	300	294	255	224	270
Materia en suspensión	(mg/L)	9.2	12	10.4	7.6	6.8	20	12
Color	(mg Pt/L)	17.38	17.8	17.38	17.8	18.64	217.65	130.92
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.55	3.58	3.55	3.58	3.64	18.39	11.96
Amonio	(mg NH4/L)	0.36	0.18	0.36	1.08	0.18	2.88	1.80
Nitrato	(mg NO3/L)	0.87	0.76	0.87	1.06	1.03	0.54	0.49
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	0.56	1.4	1.4	1.68	0.84	2.8	3.64
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.34	1.29	1.18	1.03	0.73	1.06	2.55
Nitrógeno total	(mg N/L)	0.54	1.46	1.38	1.27	0.96	1.18	2.66
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.003	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
Fósforo total	(mg P/L)	0.026	0.034	0.032	0.030	0.031	0.053	0.053
Clorofila "a"	(microg/L)	19.0	32.4	30.3	25.1	17.2	29.3	32.7

19/12/2006		Superficie	2 metros	4 metros	6 metros	8 metros	10 metros	12 metros
Materia total	(mg/L)	1679	1716	1691	1672	1645	1677	1663
Materia mineral	(mg/L)	283	274	282	305	268	285	237
Materia en suspensión	(mg/L)	9.6	6.8	7.2	6	10.4	6.8	8
Color	(mg Pt/L)	20.31	20.73	21.57	22.83	23.25	21.99	24.92
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.77	3.80	3.86	3.95	3.98	3.89	4.11
Amonio	(mg NH4/L)	1.86	2.23	1.86	2.23	2.23	2.6	1.86
Nitrato	(mg NO3/L)	0.43	0.49	0.46	0.41	0.49	0.54	0.46
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	2.03	2.91	3.78	3.49	5.82	3.49	3.2
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.58	1.18	2.33	1.76	4.09	1.47	1.75
Nitrógeno total	(mg N/L)	0.68	1.29	2.44	1.85	4.20	1.59	1.86
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.021	0.014	0.010	0.011	0.012	0.007	0.005
Fósforo total	(mg P/L)	0.034	0.035	0.024	0.032	0.030	0.032	0.030
Clorofila "a"	(microg/L)	9.9	16.8	12.4	15.4	15.0	12.2	11.8



16/01/2007		Superficie	2 metros	4 metros	6 metros	8 metros	10 metros	12 metros
Materia total	(mg/L)	1685	1706	1747	1749	1695	1682	1692
Materia mineral	(mg/L)	247	270	308	281	228	216	207
Materia en suspensión	(mg/L)	7.2	8.4	9.6	7.2	9.6	8.8	9.2
Color	(mg Pt/L)	16.05	18.64	19.02	18.02	19.78	19.48	20.19
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.45	3.64	3.67	3.59	3.73	3.70	3.76
Amonio	(mg NH4/L)	0.037	1.49	0.74	2.24	2.61	2.61	2.24
Nitrato	(mg NO3/L)	0.42	0.39	0.36	0.36	0.39	0.33	0.3
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	2.62	3.2	1.74	3.2	3.49	2.91	2.91
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	2.59	2.04	1.16	1.46	1.46	0.88	1.17
Nitrógeno total	(mg N/L)	2.69	2.13	1.25	1.54	1.55	0.95	1.24
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.009	0.010	0.010	0.011	0.018	0.018	0.010
Fósforo total	(mg P/L)	0.017	0.019	0.019	0.073	0.077	0.055	0.074
Clorofila "a"	(microg/L)	25.2	27.9	18.0	15.8	15.1	15.3	12.0

14/02/2007		Superficie	2 metros	4 metros	6 metros	8 metros	10 metros	12 metros
Materia total	(mg/L)	1631	1648	1683	1643	1680	1684	1662
Materia mineral	(mg/L)	198	202	226	210	218	229	227
Materia en suspensión	(mg/L)	3.2	4.8	2.8	4	5.6	4.4	7.6
Color	(mg Pt/L)	24.22	24.84	36.16	31.97	27.32	25.26	33.31
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	4.05	4.10	4.85	4.63	4.28	4.13	4.73
Amonio	(mg NH4/L)	1.49	1.49	2.24	1.87	2.62	0.74	1.12
Nitrato	(mg NO3/L)	0.47	0.16	0.22	0.33	0.28	0.3	0.28
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	3.78	2.03	3.2	2.03	3.49	3.49	2.91
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	2.62	0.87	1.46	0.58	1.45	2.91	2.04
Nitrógeno total	(mg N/L)	2.73	0.91	1.51	0.65	1.52	2.98	2.10
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.015	0.011	0.012	0.011	0.01	0.012	0.015
Fósforo total	(mg P/L)	0.051	0.023	0.02	0.035	0.026	0.035	0.047
Clorofila "a"	(microg/L)	1.5	4.6	2.5	2.6	2.6	4.2	5.6

			2	4	6	8	10	12
27/03/2007		Superficie	metros	metros	metros	metros	metros	metros
Materia total	(mg/L)	1602	1644	1647	1592	1626	1603	1622
Materia mineral	(mg/L)	156	177	178	156	198	166	182
Materia en suspensión	(mg/L)	2.8	8	8.8	10	8.4	10.8	10
Color	(mg Pt/L)	13.41	13.66	13.95	14.83	15.79	20.45	18.35
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.25	3.27	3.45	3.36	3.43	3.78	3.62
Amonio	(mg NH4/L)	1.87	2.62	2.24	2.24	1.12	2.24	2.24
Nitrato	(mg NO3/L)	0.39	0.36	0.39	0.36	0.34	0.25	0.25
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	2.03	2.62	3.2	3.49	3.78	3.49	3.2
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	0.58	0.58	1.46	1.75	2.91	1.75	1.46
Nitrógeno total	(mg N/L)	0.66	0.66	1.55	1.83	2.99	1.80	1.51
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.008	0.007	0.006	0.006	0.017	0.096	0.141
Fósforo total	(mg P/L)	0.022	0.040	0.029	0.018	0.049	0.153	0.180
Clorofila "a"	(microg/L)	1.3	1.2	1.3	1.3	2.2	12.3	18.8

			2	4	6	8	10	12
08/05/2007		Superficie	metros	metros	metros	metros	metros	metros
Materia total	(mg/L)	1639	1653	1666	1632	1684	1699	1677
Materia mineral	(mg/L)	187	207	214	183	199	215	210
Materia en suspensión	(mg/L)	3.6	4.4	5.6	4.8	5.2	8.4	6.8
Color	(mg Pt/L)	16.38	25.72	25.18	25.1	29.37	19.73	25.43
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.47	4.17	4.13	4.12	4.44	3.72	4.14
Amonio	(mg NH4/L)	1.12	1.49	0.74	2.24	2.61	2.99	3.74
Nitrato	(mg NO3/L)	0.64	0.81	0.56	0.58	0.78	0.33	0.28
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	2.32	2.62	2.32	2.32	4.36	3.78	5.53
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	1.45	1.46	1.74	0.58	2.33	1.45	2.62
Nitrógeno total	(mg N/L)	1.59	1.64	1.87	0.71	2.51	1.53	2.68
Ortofosfato	(mg PO4/L)	0.013	0.015	0.0098	0.015	0.017	0.113	0.19
Fósforo total	(mg P/L)	0.023	0.02	0.014	0.026	0.023	0.164	0.243
Clorofila "a"	(microg/L)	2.2	3.8	7.4	1.9	3.3	85.1	110.4

19/06/2007		Superficie	2 metros	4 metros	6 metros	8 metros	10 metros	12 metros
Materia total	(mg/L)	1634	1636	1622	1647	1694	1673	1743
Materia mineral	(mg/L)	186	198	183	216	225	203	226
Materia en suspensión	(mg/L)	23.2	18	11.2	5.2	7.6	5.2	3.6
Color	(mg Pt/L)	14.32	12.77	9.42	14.12	22.37	25.55	29.7
Carbono orgánico disuelto	(mg C/L)	3.32	3.21	2.96	3.31	3.92	4.15	4.46
Amonio	(mg NH <sub>4</sub> /L)	1.12	0.37	0.37	1.87	1.87	0.37	5.61
Nitrato	(mg NO <sub>3</sub> /L)	0.64	0.53	0.56	0.61	0.58	0.5	0.47
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	4.95	2.62	2.62	2.62	2.91	4.95	10.48
Nitrógeno orgánico	(mg N/L)	4.08	2.33	2.33	1.17	1.46	4.66	6.12
Nitrógeno total	(mg N/L)	4.22	2.45	2.46	1.30	1.59	4.78	6.22
Ortofosfato	(mg PO <sub>4</sub> /L)	0.014	0.006	0.004	0.005	0.007	0.093	0.234
Fósforo total	(mg P/L)	0.042	0.051	0.057	0.029	0.073	0.274	0.367
Clorofila "a"	(microg/L)	64.8	48.7	46.2	14.0	137.8	151.2	139.0

## SEDIMENTACIÓN MENSUAL EN ZÓÑAR/*Monthly settling rate in Zóñar lake*

<b>Epilimnion</b>	Unidades	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
Materia total/ <i>Total matter</i>	(mg/L)	1851	1957	1727	1860	1773	1827	1763	1760	1871	1864	1876
Materia mineral/ <i>Mineral matter</i>	(mg/L)	316	318	206	309	304	335	325	233	300	282	290
Nitrato/ <i>Nitrate</i>	(mg NO <sub>3</sub> /L)	1	6.2	0.87	4	1.9	1.55	2.2	2.4	4	4.7	2.47
Nitrógeno Kjeldahl/ <i>Kjeldahl nitrogen</i>	(mg N/L)	2.52	3.64	1.4	7.28	3.08	7.57	6.98	6.4	6.4	3.78	9.6
Nitrógeno total/ <i>Total nitrogen</i>	(mg N/L)	2.75	5.04	1.60	8.18	3.51	7.92	7.48	6.94	7.30	4.84	10.16
Fósforo total/ <i>Total phosphorus</i>	(mg P/L)	0.140	0.300	0.133	0.530	0.216	0.391	0.347	0.386	0.651	0.328	1.050
DQO dicromato/ <i>COD (dichromate)</i>	(mg O <sub>2</sub> /L)	243	405	248	337	170	194	153	143	223	158	226
Tasa materia total/ <i>Total matter flux</i>	(g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	31.49	22.92	45.45	30.00	44.47	30.45	30.40	31.39	25.70	23.22	21.81
Tasa materia mineral/ <i>Total mineral flux</i>	(g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	5.38	3.72	5.42	4.98	7.63	5.58	5.60	4.16	4.12	3.51	3.37
Tasa materia orgánica/ <i>Organic matter flux</i>	(g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	26.12	19.19	40.03	25.02	36.85	24.87	24.79	27.24	21.58	19.71	18.44
Tasa nitrógeno total/ <i>Total nitrogen flux</i>	(g N m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.047	0.059	0.042	0.132	0.088	0.132	0.129	0.124	0.100	0.060	0.118
Tasa fósforo total/ <i>Total phosphorus flux</i>	(g P m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.0024	0.0035	0.0035	0.0085	0.0054	0.0065	0.0060	0.0069	0.0089	0.0041	0.0122

<b>Hipolimnion</b>	Unidades	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
Materia total	(mg/L)	2501	1906	1728	2054	1909	2932	1848	1859	2026	2364	2365
Materia mineral	(mg/L)	580	320	241	351	370	630	353	252	297	450	438
Nitrato	(mg NO <sub>3</sub> /L)	1.34	5.2	2.09	4.4	4.2	1.66	2.9	2.8	4.3	9.1	1.62
Nitrógeno Kjeldahl	(mg N/L)	7	7	4.2	8.4	8.96	18.05	9.6	7.57	9.9	6.4	11.35
Nitrógeno total	(mg N/L)	7.30	8.17	4.67	9.39	9.91	18.42	10.25	8.20	10.87	8.45	11.72
Fósforo total	(mg P/L)	0.910	0.840	0.291	0.969	0.622	1.550	0.559	0.720	1.273	1.880	1.260
DQO dicromato	(mg O <sub>2</sub> /L)		312	286	357	272	399	205	278	255	256	281
Tasa materia total	(g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	42.00	22.32	44.73	33.13	45.89	50.55	32.96	32.59	24.12	27.95	26.61
Tasa materia mineral	(g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	9.74	3.75	6.24	5.66	8.89	10.86	6.30	4.42	3.54	5.32	4.93
Tasa materia orgánica	(g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	32.26	18.57	38.49	27.47	37.00	39.69	26.66	28.18	20.58	22.63	21.68
Tasa nitrógeno total	(g N m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.123	0.096	0.121	0.152	0.238	0.318	0.183	0.144	0.129	0.100	0.132
Tasa fósforo total	(g P m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	0.0153	0.0098	0.0075	0.0156	0.0150	0.0267	0.0100	0.0126	0.0152	0.0222	0.0142

## PLANCTON DE ZÓÑAR/*Zóñar plankton*

### FITOPLANCTON (muestras integradas de la columna de agua)/*Phytoplankton (water column composite simple)*

Densidad (células/mL)/Density (cels/mL)	28/06/2006	25/07/2006	07/09/2006	26/09/2006	26/10/2006	20/11/2006	19/12/2006	16/01/2007	14/02/2007	27/03/2007	08/05/2007	19/06/2007
<b>COLOROFICEAS</b>												
Ankyra ancora										52.3	24.2	
Ankyra judayi										113.2	2.2	
Aulacomonas hyalina								45.2				28.9
Botryococcus braunii	49.1	50.8										20088.1
Carteria sp.	176.7	16.0			58.4	673.7	313.8	1001.5				
Chlamydomonas cf. altera								42.7	3.6	5.4	1.3	7.8
Chlamydomonas sp.								881.3			0.4	2.2
Chlorella sp.												30.0
Chlorococcum sp.									600.9			
Chloromonas sp.								138.5	9.5			5.6
Coelastrum astroideum	37.1	8.7			15.0							
Coelastrum microporum			5.7									
Cosmarium sp.	4.0	9.4	5.7	7.8	7.5	7.2	2.5					
Crucigenia tetrapedia	251.4	224.6	63.3	24.9	16.0	9.3	6.2	5.8	1.3			
Crucigeniella rectangularis			1.4									
Desmodesmus quadricauda	66.8	56.6	21.5	9.9	20.7	8.6	22.3	5.0	5.2			11.1
Dictyosphaerium tetrachotomum												13.4
Didymocystis cf. bicellularis	1316.2	58.1	215.4	231.9	41.4	28.7	3.7	3.3	0.4			62.3
Eutetramorus sp.										4112.8	81.9	111.3
Lagerheimia subsalsa												1.1
Monoraphidium arcuatum	3.3	5.8	2.9		0.9							
Monoraphidium circinale	389.5	274.5	5007.4	564.5	169.5	27.3	76.7	145.5	54.4	6.2	0.4	2617.2
Monoraphidium contortum	42.7	11.6	44.5	22.0	19.7	14.4	34.6	14.2	4.3	0.8		5.6
Monoraphidium komarkovae	9.3	8.7	3.6	2.8	2.9	28.0	115.3	455.2	80.7	6.2	0.9	4.5
Monoraphidium minutum	7.9	10.2	10.1	3.6	2.8	1.4	22.3	15.0	2.6	1.6		14.5
Oocystis lacustris	581.8	242.8	110.0	126.6	23.5	15.1	18.5	1.7	0.9			18.9

	28/06/2006	25/07/2006	07/09/2006	26/09/2006	26/10/2006	20/11/2006	19/12/2006	16/01/2007	14/02/2007	27/03/2007	08/05/2007	19/06/2007
Pediastrum boryanum	0.7											
Planktonema lauterbornii		1.5										
Quadrigula lacustris		3.6	14.4	5.0	1.9	1.4						
Scenedesmus acutus		3.5	5.0									4.5
Scenedesmus intermedius		2.9										
Scenedesmus linearis	83.5	2.6										
Scenedesmus cf. magnus			2.9	2.8	1.9							6.7
Scenedesmus verrucosus	51.9	5.8	2.9									17.8
Tetraedron caudatum			0.7									
Tetraedron minimum	110.0	124.0	99.1	50.9	61.3	71.5	367.2	138.3	13.8	1.6		14.5
Tetraselmis sp.						5.7	2.5	1.7	0.4			
Tetrastrum triangulare	5.6	0.7		0.7								
<b>CRISOFICEAS</b>												
Chromulina sp.		1168.4	267.1	133.5	1279.7	78.5	11.1					
Kephyrion sp.											0.4	
Ochromonas sp.		4.6	3.6						190.8			
<b>XANTOFICEAS</b>												
Tribonema sp.												4.5
<b>CRIPTOFICEAS</b>												
Chilomonas sp.					166.9	92.7	1.2					
Cryptomonas erosa	51.9	34.8	68.4	19.2	171.7	29.4	183.6	473.4	7.3	1.6		146.9
Cryptomonas marssonii								3.3	6.9		57.9	4.5
Cryptomonas phaseolus			61.8	33.9	71.2	25.1	267.1	509.8	11.6	6.2	2.7	102.4
Cryptomonas rostratiformis		4.4	30.1	85.2	124.0	16.5	116.8	17.5				
Plagioselmis nannoplanctica			23.0	32.8	66.8	260.4		7.5	1.7	65.0	95.7	169.0
<b>DINOFICEAS</b>												
Gymnodinium mitratum	0.7	2.9	12.2	7.8		12.9	87.0	208.6	12.1			
Katodinium fungiforme												49.0
Peridinium umbonatum	9.3	11.6	7.9	7.8	1.9	17.2	2.5	3.3				15.6
Peridinium willei	66.8	267.1	58.2	78.3	54.1	17.2			0.4			6.7

28/06/2006 25/07/2006 07/09/2006 26/09/2006 26/10/2006 20/11/2006 19/12/2006 16/01/2007 14/02/2007 27/03/2007 08/05/2007 19/06/2007

**EUGLENOFICEAS**

Astasia sp.	11.8	3.6	3.6	1.4		4.9	3.3		1.6	5.8	6.7
Euglena anabaena	21.6	8.7	6.5	7.1	4.8					0.4	4.5
Euglena gracilis		2.9		0.7	3.8	7.9	3.7	1.7	0.4		
Euglena sp.	25.5	9.4	9.3	1.4	14.3	27.7	1.2		0.4		3.3
Lepocinclis cf. texta			3.6	0.7	0.9					0.8	
Phacus longicauda				0.02							
Phacus cf. orbicularis	1.3	16.7	2.2	0.7	2.8	10.8	7.4	5.0	0.4	0.8	1.1
Phacus pyrum	1.3	2.2	0.7					2.5			
Trachelomonas abrupta		0.7									

**DIATOMEAS**

Achnanthes catenata									189.8	3.1	21.1
Achnanthes minutissima	0.7		0.7				2.5	2.5	0.4		
Chaetoceros muelleri		16.0	44.5	1025.8	184.9	634.3	32.1	55.1	1.3		7.8
Cyclotella cf. atomus		25.7	242.0	43.7	37.6	78.9					560.8
Fragilaria acus										0.4	
Fragilaria cf. capucina	58.9										
Fragilaria crotonensis								0.1			
Fragilaria sp.			12.9	2.1		10.1			9.0	16.3	1.3
Navicula cf. capitatoradiata										3.9	
Navicula cryptocephala	1.9			0.5	2.8		1.0	2.5	3.4		
Nitzschia acicularis		0.7	0.7								
Nitzschia palea	53.8	90.8	517.4	228.9	143.1	116.8	270.4	1353.5	364.2	7.0	32.3
Nitzschia sp.										14.0	6.7
Skeletonema cf. Subsalsum			133.5	116.8	125.2	36.4	24.7				17.8
Synedra ulna		0.7								0.8	

**CIANOFICEAS**

Anabaena sp.		72.8	43.8	27.7	4.8	19.4					
Anabaenopsis elenkinii											47.8
Aphanocapsa delicatissima	741.8	1112.8	751.1	33382.8	1557.9	1502.2	222.6		47.7		

	28/06/2006	25/07/2006	07/09/2006	26/09/2006	26/10/2006	20/11/2006	19/12/2006	16/01/2007	14/02/2007	27/03/2007	08/05/2007	19/06/2007
<i>Chroococcus</i> cf. <i>limneticus</i>		6.5	24.4	19.9	9.4	40.2						2.2
<i>Geitlerinema</i> <i>amphibium</i>						236.7	162.7		110.1			
<i>Jaaginema</i> cf. <i>subtilissimum</i>						635.1		25.0				
<i>Jaaginema</i> sp.	1042.6	1474.5	6449.6	25013.1	2441.1	9244.5	6335.6	11018.0	420.6			28.9
<i>Merismopedia</i> <i>tenuissima</i>	1068.2	2937.7	2136.5	4673.6			42.0	205.4	209.0	111.8	32.3	293.8
<i>Microcystis</i> cf. <i>flos-aquae</i>		286.1	333.8	51.4		250.4	77.4					
<i>Planktolyngbya</i> <i>contorta</i>			111.7	2995.1	4628.7	5412.6	358.9	63.7	6.5			
<i>Planktolyngbya</i> <i>limnetica</i>										40.4		
<i>Pseudanabaena</i> <i>catenata</i>	33.4	1580.1	12.9		205.4	192.4						8.9
<i>Pseudanabaena</i> sp.	83.1	460.7	11.5					353.5	12.1			23.4
<i>Spirulina</i> sp.							41.7	16.7	4.3			
<i>Synechococcus</i> cf. <i>elongatus</i>	8857.6	15712.2	12017.8	5652.8	4228.5		70771.5	5715.1	1850.4		0.4	166.9
<i>Synechococcus</i> sp.						7121.7						



**ZOOPLANKTON (muestras integradas a toda la columna vertical)/Zooplankton (water column composite simple)**

Densidad de animales (ind/L)/Animal density (ind/L)	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
<b>CILIADOS</b>	57721.8	3448.1	10562.7	4640.7	12510.0	21984.2	0.0	221072.5	404.6	3837.2	572.3	17931.7
Coleps hirtus	51652.1	940.4	1304.0	898.2	1265.1	9445.1	0.0	213097.5	0.0	0.0	0.0	16405.6
Rimnostrombidium velox	1190.1	0.0	912.8	1497.0	4498.0	11887.8	0.0	370.9	202.3	1534.9	381.5	1526.1
Rimnostrombidium armeniensis	357.0	313.5	0.0	898.2	2530.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rimnostrombidium lacustris	119.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185.5	0.0	2302.3	0.0	0.0
Stentor cf. amethystinus	119.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1298.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Actinobolina weinrichii	4165.5	0.0	0.0	299.4	1546.2	325.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Codonella cratera	119.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Beloniphrya pelagica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Astylozoon faurei	0.0	1880.8	7693.8	0.0	140.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Linostomella vorticella	0.0	156.7	521.6	0.0	281.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Urotricha castalia	0.0	156.7	0.0	149.7	1827.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actinobolina smalli	0.0	0.0	130.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pelagolarymaria moserae	0.0	0.0	0.0	598.8	140.6	325.7	0.0	5378.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Bursellopsis sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	140.6	0.0	0.0	185.5	202.3	0.0	0.0	0.0
Urotrichia sp.	0.0	0.0	0.0	299.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Balantidion pellucidum	0.0	0.0	0.0	0.0	140.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pelagovorticella natans	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	556.4	0.0	0.0	190.8	0.0
<b>ROTIFERA</b>												
Keratella tropica	0.6	0.1	0.1	1.2	44.9	23.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Keratella quadrata	8.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3
Brachionus plicatilis	0.6	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0
Brachionus angularis	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Synchaeta oblonga	0.4	0.0	0.0	0.9	25.7	18.7	0.0	70.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Synchaeta pectinata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0
Polyarthra dolychoptera	1.1	0.0	1.4	5.0	62.0	21.1	0.0	0.0	0.0	0.7	36.8	1.3

	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sept-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	May-07	Jun-07
<i>Asplachna sieboldi</i>	0.0	0.0	0.1	28.4	19.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lecane cf. scutata</i>	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lecane closterocerca</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Trichocerca</i> sp	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Filinia</i> sp	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
<i>Hexarthra oxyuris</i>	63.6	0.0	20.5	94.5	15.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	14.8
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	5.9	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1
	76.5	0.1	22.3	130.2	173.1	80.8	6.2	71.4	0.4	1.3	52.3	16.5
CLADOCERA												
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
<i>Daphnia longispina</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
<i>Daphnia magna</i>	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	1.0	21.4	2.6	0.1
<i>Bosmina longirostris</i>	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Alona cf. costata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
<i>Moina micrura</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COPEPODA												
Nauplios de Cyclopoida	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.2	7.9	142.4	26.2	5.3	16.2
Copepodito de Cyclopoida	10.5	0.1	0.1	0.0	0.1	2.9	0.4	0.9	5.2	22.7	2.1	9.4
Adulto de Cyclopoida	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	1.0	0.1	0.0	0.1
<i>Tropocyclops prasinus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0