

COMUNIDADES PLANCTÓNICAS DE LOS LAGOS DE MONTAÑA DE NEILA (BURGOS, ESPAÑA)

JOSE LUIS VELASCO¹, MIGUEL ÁLVAREZ² Y MANUEL GARCÍA SÁNCHEZ-COLOMER³

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda por primera vez el estudio integral de las comunidades de bacterio-plancton, fitoplancton y zooplancton de cinco lagunas de montaña de la Cordillera Ibérica (Sierra de Neila, Burgos, España).

El periodo de muestreo se extendió a las estaciones del año en que las lagunas estaban libres de nieve, en verano de 1996 y verano y otoño de 1997, habiéndose descrito 65 taxa de fitoplancton y 43 de zooplancton, de los que 32 son rotíferos y 11 crustáceos. El estudio de la composición específica de estas comunidades nos ha permitido constatar y evaluar la alteración que han experimentado dichas comunidades como consecuencia del impacto provocado por las diversas actividades humanas que se han venido realizando en las aguas de estas lagunas, entre las que habría que destacar la introducción de truchas para fomentar la pesca deportiva. Entre las especies de rotíferos descritas destacamos la presencia de *Keratella hiemalis*, representante típica de lagunas de alta montaña y que es citada por primera vez en España.

Palabras clave: bacterias, fitoplancton, zooplancton, lagunas de montaña, Cordillera Ibérica, Sierra de Neila, España.

SUMMARY

Plankton communities of five mountain lakes in the Iberian Mountains (Sierra de Neila, Burgos, Spain).

Bacterial-, phyto- and zooplankton communities of five mountain lakes of Iberian Mountain Range (Sierra de Neila, Burgos, Spain) have been studied for the first time. Sampling was carried out in 1996 and 1997 during the ice-free season. 65, 32 and 11 species of phytoplankton, rotifers and crustaceans, respectively, were recorded. Our study enabled us to prove that anthropogenic impacts resulted in environmental changes in these lakes, mostly arising from the very frequent

¹ Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 29006 Madrid.

E-mail: velascoj@mncn.csic.es mcnh149@mncn.csic.es mcnp115@mncn.csic.es

² Centro de Ciencias Medioambientales. C/ Serrano, 115-bis. 28006 Madrid. E-mail: m.alvarez@ccma.esic.es

³ Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Ministerio de Fomento. 28005. Madrid. E-mail: manuel.colomer@cedex.es

Recibido: 08/06/2004.

Aceptado: 10/11/2004.

introduction of common trout for angling purposes. The rotifer *Keratella hiemalis*, which is a typical representative of high mountain lakes, was recorded for the first time in Spain.

Key words: bacteria, phytoplankton, zooplankton, mountain lakes, Iberian Mountains, Sierra de Neila, Spain.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es continuación de otro anterior (VELASCO & ÁLVAREZ, 2000) en el que se ponía de manifiesto el avanzado estado de eutrofia de cinco lagunas de montaña (Negra, Brava, Larga, La Cascada y Los Patos), ubicadas en la Sierra de Neila (Burgos), habiendo utilizando para establecer dicho estado parámetros físico-químicos. De estas lagunas aportamos ahora por primera vez datos completos acerca de la composición de sus comunidades planctónicas de las que sólo hemos encontrado una referencia bibliográfica (ALONSO, 1998) referida a los crustáceos de la laguna Negra.

Así pues, con este estudio contribuimos al conocimiento limnológico de los lagos y lagunas de montaña españoles de los que ya contábamos con información referente a Pirineos (MIRACLE, 1978; CATALÁN *et al.*, 1992), Sierra Nevada (MORALES-BAQUERO *et al.*, 1992), Sierra Segundera (VEGA *et al.*, 1992; NEGRO *et al.*, 2003), Cordillera Cantábrica (MARGALEF, 1950; VELASCO *et al.*, 1999; NEGRO *et al.*, 2003) y Sistema Central (MARGALEF, 1949; GRANADOS & TORO, 2000; TORO & GRANADOS, 2001).

En este estudio, también se pondrá de manifiesto que la utilización de lagunas de montaña con fines recreativos, como la pesca deportiva conlleva riesgos, que como en el caso presente, conducen a alterar gravemente el funcionamiento natural de estos ecosistemas acuáticos, acelerando de forma importante los procesos de eutrofización.

Es interesante recordar que las lagunas de Neila se hayan incluidas en el Catálogo Regional de Zonas Húmedas de interés Especial, en el ámbito de la Comunidad de

Castilla y León, establecido en la Ley 8/1991 de 10 de mayo de Espacios Naturales en su artículo 47. A pesar de las medidas protectoras establecidas por dicha ley, como las referentes a las prohibiciones en las zonas húmedas catalogadas respecto a "efectuar vertidos directos o indirectos que contaminen sus aguas" (Art. 3º b), nuestro estudio evidencia que ha habido una importante alteración de las condiciones naturales de las lagunas puesta de manifiesto por el avanzado nivel de eutrofia encontrado en sus aguas, impropio en este tipo de lagunas de montaña y que sin duda debe estar relacionado con la introducción de truchas para pesca deportiva.

ÁREA DE ESTUDIO

Las cinco lagunas objeto del presente estudio (Negra, Brava, Larga, La Cascada y Los Patos) se ubican en la Sierra de Neila (Sistema Ibérico) y pertenecen a la Cuenca Hidrográfica del Ebro.

Todas las lagunas han sido represadas artificialmente, manteniendo un nivel de agua permanente no fluctuante a partir de las aguas superficiales y de nivación que reciben, excepto las lagunas Brava y de los Patos donde sí hay fluctuación del nivel de sus aguas.

El origen de las cubetas es por erosión glaciar en circo sobre roca dura, en forma de morrena en el caso de la laguna Negra.

En las tablas 1 y 2 ofrecemos un resumen de las características morfométricas y valores medios de los parámetros físico-químicos principales de las aguas superficiales de las lagunas. Para una información más completa

Ecología, N.º 19, 2005

Lagunas	Coordenadas (UTM)	Altitud (m)	Superficie (Has)	Perímetro (Km)	Longitud máx. (Km)	Anchura máx. (Km)	Profundidad máx. (Km.)
Negra	30TVM948552	1900	14,08	1,840	0,638	0,372	19 ?
Brava	30TVM964545	1860	1,63	0,509	0,182	0,143	8 ?
Cascada	30TVM956556	1700	5,42	1,083	0,393	0,207	-
Larga	30TVM952548	1900	12,95	1,854	0,749	0,333	-
Los Patos	30TVM962548	1880	4,02	1,148	0,383	0,233	7

Tabla 1. Características morfométricas y coordenadas UTM de las lagunas de Neila.

Table 1. Morphometric characteristics and UTM coordinates of the Neila lakes

Parámetros	Negra	Brava	Cascada	Larga	Los Patos
Temperatura (°C)	11,5	12,0	12,5	11,8	11,6
Oxígeno (mg.l ⁻¹)	9,5	8,9	9,5	9,7	9,3
pH	8,0	8,2	7,5	7,5	8,0
Conductividad (mS. .cm ⁻¹)	39,5	33,0	23,4	15,2	12,9
Nitratos (mg N. l ⁻¹)	33,6	26,5	33,1	37,8	28,6
Fósforo total (mg P. l ⁻¹)	40,0	75,0	124,0	110,3	93,0
Clorofila "a" (mg. l ⁻¹)	11,1	12,8	14,5	33,9	23,0

Tabla 2. Valores medios de los parámetros físico-químicos principales de las aguas superficiales de las lagunas de Neila (octubre 1996, junio y octubre 1997).

Table 2. Average values of the principal physico-chemical parameters in superficial waters of the Neila lakes (October 1996, June and October 1997)

de estos aspectos consultar trabajo anterior (VELASCO & ÁLVAREZ 2000).

Los datos de profundidad de las lagunas Negra y Brava (tabla 1) fueron tomados por nosotros y deben considerarse como aproximativos de la profundidad máxima de las mismas. Teniendo en cuenta que dichas lagunas son las más profundas y que la laguna de los Patos, de profundidad intermedia en el conjunto de todas ellas no supera los 7 m de profundidad, podemos asumir el carácter más somero de las lagunas Larga y La Cascada.

Es importante destacar también desde un principio la influencia que sobre los resultados obtenidos en esas dos últimas lagunas, en junio y octubre de 1997 en la laguna Larga y en octubre de ese mismo año en La Cascada, haya podido ejercer el hecho de que en los muestreos efectuados en esas

fechas dichas lagunas estaban semivacías debido a la reparación de los muros de contención existentes en los puntos de desagüe de las mismas. El bajo nivel de agua encontrada en aquellos momentos determinó a su vez: el aumento en la concentración de nutrientes -con aumentos de fósforo total de 10,2 y 21 veces entre octubre de 1996 y 97 en ambas lagunas respectivamente (VELASCO & ÁLVAREZ 2000)-, la menor dilución de los organismos planctónicos, el aumento de especies litorales y, en general, el aumento en el nivel trófico de esas lagunas. La coincidencia de que esta circunstancia relativa al bajo nivel del agua tuviera lugar precisamente en las lagunas más someras podría explicar el hecho observado del aumento del número de especies litorales en las muestra de superficie, que dadas las circunstancias señaladas, podrían tener un carácter ciertamente representativo de las comunidades de organismos existentes en dichas lagunas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En las lagunas Negra y Brava se tomaron muestras a diferentes profundidades utilizando una botella Niskin de 5 litros. Para el análisis de fitoplancton se tomaban 250 ml de agua que se fijaban con lugol inmediatamente y el resto del agua de cada muestra, una vez filtrada a través de una malla de Nylal de 43 μm de luz y fijada con formol al 4%, se destinó al análisis del zooplancton. En las otras tres lagunas se cogieron únicamente muestras de superficie desde la orilla, tomándose también 250 ml de agua para el análisis de fitoplancton y entre 5 y 45 l. de agua para el zooplancton, utilizando el mismo tipo de filtración y fijado descrito anteriormente. Para el recuento e identificación del fitoplancton se utilizó un microscopio invertido Zeiss y para el zooplancton un microscopio invertido Olympus, empleándose en ambos casos cámaras de sedimentación de 5 a 100 ml según la densidad de plancton de cada muestra. Además de identificar las especies de fitoplancton hasta donde fue posible usando las claves más habituales, se cuantificó su biomasa en peso fresco, siguiendo la metodología de ROTT (1981), basada en la estimación de biovolúmenes y el cálculo subsiguiente de la biomasa fresca multiplicando el biovolumen promedio de cada especie por su densidad. Además, el picoplancton y las bacterias de las lagunas se cuantificaron mediante microscopía de fluorescencia, siguiendo los métodos de WEISSE (1988) y HOBBIÉ *et al.* (1977), tras tinción con acridina en el segundo caso, y asumiendo unos biovolúmenes promedio de 0,8 y 0,4 $\text{mm}^3 \text{célula}^{-1}$ para las de picoplancton y bacterias, respectivamente.

Las técnicas utilizadas para la medida "in situ" de los siguientes parámetros físico-químicos fueron: electrodos CRISON para pH y conductividad; sonda YSI-57 para perfiles de oxígeno y temperatura en las lagunas Negra y Brava y en el resto de las lagunas en superficie desde la orilla; sonda LI-COR dotada de sensor escalar para perfiles de penetración de luz.

El análisis del resto de parámetros se realizó

en laboratorio siguiendo las recomendaciones standard APHA (1985). La determinación de clorofila "a" se llevó a cabo mediante la técnica de extracción con acetona en caliente de MARKER *et al.* (1980) y también "in situ" con un fluorímetro Turner modelo 10-005.

Para algunos análisis cuantitativos, hemos usado la información físico-química que se ofrecía en VELASCO & ÁLVAREZ (2000).

Los datos sobre morfometría y génesis de las cubetas fueron extraídos de publicaciones del MOPT (1991).

Finalmente, con los datos totales de presencia-ausencia de las especies de toda la comunidad planctónica (fitoplancton, rotíferos y crustáceos), hemos realizado un análisis de "cluster", con objeto de averiguar qué lagunas eran más parecidas entre sí por su composición específica. Dicho análisis ha empleado las distancias euclídeas para estimar la matriz de correlación, la cual ha sido posteriormente analizada mediante el algoritmo UPGMA para generar el dendrograma (SNEATH & SOKAL, 1973). El análisis se ha efectuado mediante el paquete STATISTICA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que discutimos a continuación proceden de muestreos efectuados en octubre de 1996 y junio y octubre de 1997.

Bacterias totales

La densidad de bacterias totales presente en las lagunas de Neila es similar a la presente en otros lagos de alta montaña, tanto españoles (lagunas de alta montaña de Sierra Nevada; PULIDO-VILLENA & RECHE, 2003; PULIDO-VILLENA *et al.*, 2003) como extranjeros (lagunas del Tirol, Austria, WILLE *et al.*, 1999), pues se encuentra entre 0,1 y 6,4 $10^6 \text{células ml}^{-1}$. En cuanto a su biomasa en las capas superficiales, parece mayor en la laguna Larga, pero este

Ecología, N.º 19, 2005

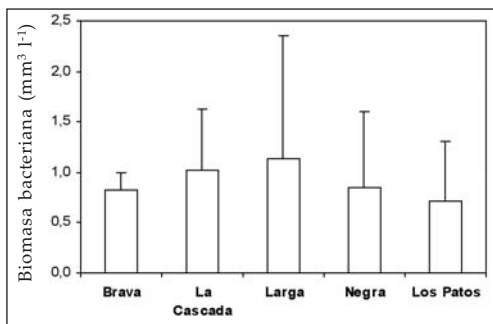


Figura 1 - Promedios y desviaciones típicas de la biomasa bacteriana medida en las capas superficiales de las lagunas de Neila. Datos de octubre de 1996 y de junio y octubre de 1997.
Figure 1 - Average and standard deviations of bacterial biomass recorded in the upper layers of Neila lakes in October 1996 and June and October 1997.

dato está sesgado al ser la de mayor variabilidad (Fig. 1). En las dos lagunas en las que se tomaron muestras en la columna vertical (Brava y Negra), se aprecia en general una concentración superior de las bacterias en las capas más profundas (Fig. 2), si bien en alguna ocasión también se aprecien picos en las zonas superficiales, como es el caso de la laguna Negra en octubre de 1997, lo cual puede ser producto del azar. Aunque no es muy alta, parece haber una relación entre la clorofila "a" fitoplanctónica y las bacterias (Fig. 3), como señalan otros estudios análogos (COLE et al., 1988). Esto sugiere una relación entre bacterias y fitoplancton, pero -dado que la relación entre clorofila y biomasa fitoplanctónica en las

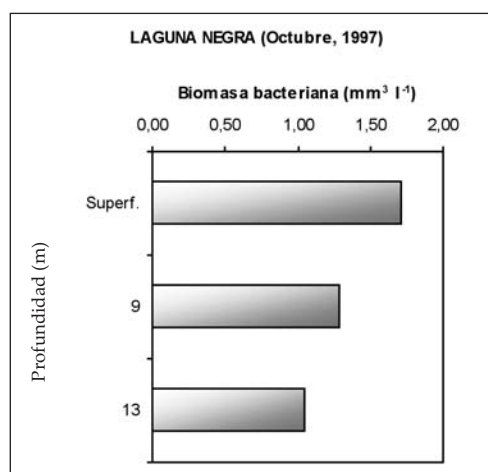
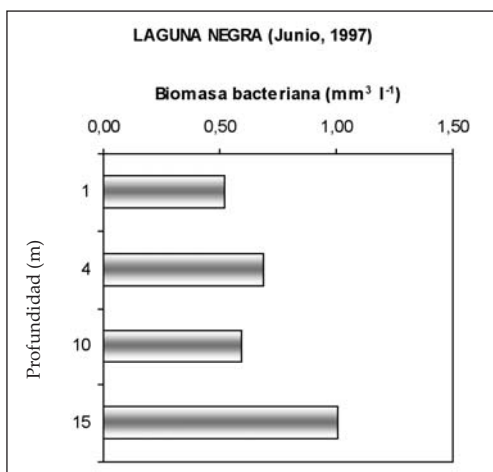
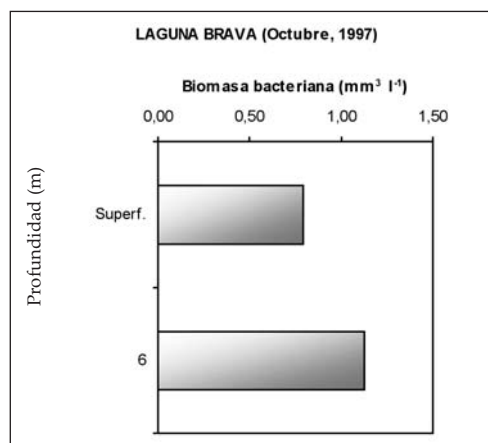
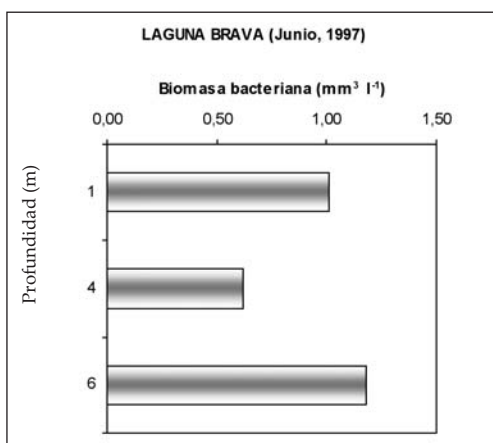


Figura 2 - Distribución vertical de la biomasa bacteriana en las lagunas Brava y Negra en junio y octubre de 1997.
Figure 2 - Vertical profiles of bacterial biomass in Brava and Negra lakes in June and October 1997.

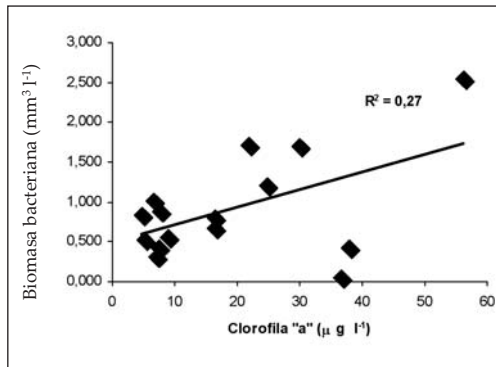


Figura 3 - Relación entre la clorofila "a" del fitoplancton y la biomasa bacteriana de las lagunas de Neila para el conjunto de los muestreos; la relación es estadísticamente significativa al nivel $P < 0,05$.

Figure 3 - Chl-a and bacterial biomass relationship in Neila lakes for all sampling dates and lakes ($P < 0.05$).

lagunas de Neila es peculiar (véase más abajo)- la interpretación de este resultado debe ser cauta.

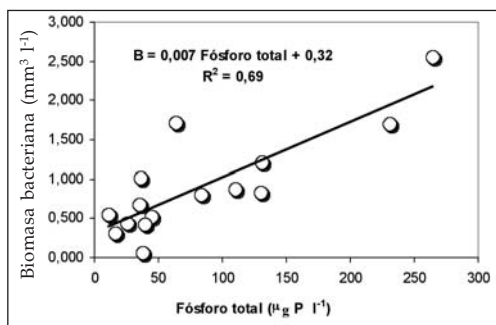
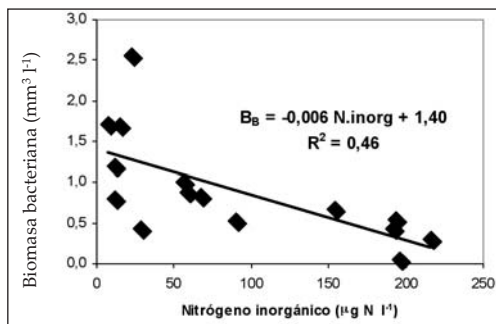


Figura 4 - Relación entre la biomasa bacteriana y el nitrógeno inorgánico y el fósforo total en las capas superficiales de las lagunas de Neila para el conjunto de muestreos. Ambas relaciones son estadísticamente significativas al nivel $P < 0,05$.

Figure 4 - Relationships between bacterial biomass and either inorganic nitrogen or total phosphorus in upper layers of Neila lakes for all sampling dates ($P < 0.05$).

En cuanto a los posibles factores abióticos de control de la comunidad bacteriana, hemos encontrado una relación directa con el fósforo total e inversa con el nitrógeno inorgánico (Fig. 4), las cuales son estadísticamente significativas. Estas relaciones sugieren que las bacterias de los lagos de Neila podrían estar limitadas por el fósforo total, e inhibidas por el nitrógeno inorgánico, pero la confirmación de estos resultados requiere estudios ulteriores.

Fitoplancton

El picoplancton autótrofo, es decir, las pequeñas algas inidentificables mediante microscopía óptica, también es abundante en las lagunas de Neila (Fig. 5). En promedio, fue más abundante en las lagunas Negra y Larga, pero su variabilidad resultó también mayor en ambas, lo cual aumenta los promedios. El rango de densidades osciló entre casi tres órdenes de magnitud, de $4 \cdot 10^2$ y $1 \cdot 10^5$ ind ml^{-1} . La densidad del picoplancton no muestra relación estadísticamente significativa ($P > 0,05$) con ninguna de las variables químicas medidas, pero sí podría verse condicionada por el campo luminoso subacuático, pues en la laguna Negra aquella siempre fue mayor en las capas superficiales, mientras que en la laguna Brava en una ocasión (octubre de 1997) el picoplancton era más abundante en superficie y en otra (junio de 1997), en profundidad. Las respuestas complejas del picoplancton a la luz

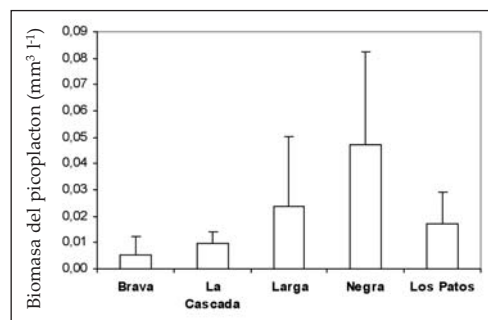


Figura 5 - Promedios y desviaciones típicas de la biomasa picoplantónica superficial en las lagunas de Neila.

Figure 5 - Average and standard deviations of picoplanktonic biomass recorded in the upper layers of Neila lakes in October 1996 and June and October 1997.

Ecología, N.º 19, 2005

son comunes en muchos ambientes acuáticos (VÖRÖS et al., 1998), pero los estudios de picoplancton en lagos de montaña no se hacen habitualmente.

La composición específica del fitoplancton es variada. Prácticamente todos los grandes grupos taxonómicos están representados en las lagunas de Neila. La mayor riqueza específica pertenece a las Clorofíceas, seguida de las Euglenofíceas (Tabla 3). Este hecho, de por sí, ya sugiere una eutrofia apreciable de estos lagos, como se apuntaba en VELASCO & ÁLVAREZ (2000), los cuales –en caso contrario– tendrían mayor riqueza de otros grupos de algas. En las lagunas hay también un cierto número de especies de Crisofíceas y Dinoflagelados, aparentemente de amplio espectro. E incluso, aunque su densidad resulte baja, hemos encontrado especies de Cianofíceas; en particular, una fijadora de nitrógeno atmosférico (*Anabaena schremetievii*). Esta composición fitoplanctónica difiere de la de otros lagos de montaña españoles (MARGALEF et al., 1975; SÁNCHEZ-CASTILLO et al., 1989; VEGA et al., 1991) y europeos (SCHANZ, 1984; HALAC et al., 1997; BOAVIDA & GLIWICZ, 1996), que son más oligotróficos. Desde el punto de vista de la tipificación de comunidades, las de Neila serían una modificación hacia la eutrofia de las llamadas por REYNOLDS et al. (2002) "E" y "F", compuestas por Crisofíceas y Clorofíceas oligótrofas, pero en este caso el número de especies indicadoras de clara eutrofia (Euglenofíceas y otras Clorofíceas) sugiere un cambio acelerado hacia ambientes lacustres con más materia orgánica.

La biomasa del fitoplancton es mayor en las lagunas Negra y Los Patos, siendo también en ellas la más variable (Fig. 6). Sin embargo, la biomasa estimada resulta bastante baja para todas las fechas de muestreo y lagos, lo cual contradice la mayor parte de los datos de clorofila fitoplanctónica (Tablas 1-3 de VELASCO & ALVAREZ, 2000). En parte, es probable que –al trabajar con muestras tomadas en la orilla– la contribución de la clorofila detrítica fuera mayor. Cabe comentar también que los momentos de toma de muestras no fueran los

más indicados para detectar biomasa elevada, pues se trata de épocas con bajas dosis de iluminación, lo cual podría limitar la biomasa fitoplanctónica. De todos modos, si proyectamos la concentración de clorofila "a" frente a la de biomasa (Fig. 7), se aprecia una gran dispersión de los datos, aunque con dos tendencias muy claras: de mucha y de poca clorofila por unidad de biomasa. Estas pautas son también típicas en otros lagos de montaña y se

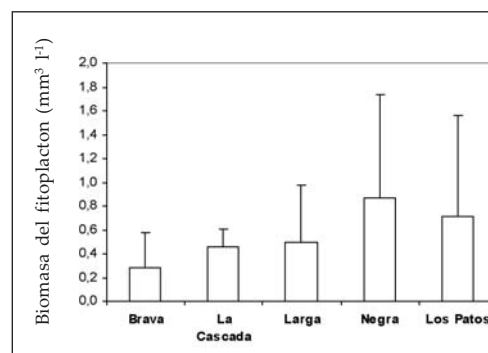


Figura 6 - Promedios y desviaciones típicas de la biomasa fitoplanctónica superficial, excluyendo el picoplancton, en las lagunas de Neila.

Figure 6 - Average and standard deviations of phytoplanktonic biomass (without picoplankton) recorded in the upper layers of Neila lakes in October 1996 and June and October 1997.

asocian con la sucesión estacional y la dominancia de los distintos grupos de algas (FELIP & CATALÁN, 2000).

En las dos lagunas en las que se tomaron muestras a distintas profundidades, la distribución vertical de las algas móviles difiere. Así, en la laguna Brava aparecen más nanoflagelados fotosintéticos hacia las capas profundas en junio de 1997, mientras que en la Negra no se aprecia esa pauta. Esa distribución en la Brava en dicho mes podría ser la responsable de los picos subsuperficiales de oxígeno y fluorescencia (Fig. 4 de VELASCO & ALVAREZ, 2000).

Finalmente, no hemos encontrado relación entre la biomasa fitoplanctónica y los nutrientes. Por la relación entre el nitrógeno inorgánico y el fósforo total, durante el año 1997 el fitoplancton podría estar limitado por el

JOSÉ LUIS VELASCO *et al.*

«Comunidades plactónicas de los lagos de montaña de Neila»

Taxa	LA CASCADA	LARGA	LOS PATOS	NEGRA	BRAVA
CHLOROPHYCEAE	3.040	4.585	6.586	2.626	1.605
<i>Coelastrum microporum</i> (céls. aisladas)					65
<i>Coelastrum tetrapedia</i>					*
<i>Chlamydomonas</i> sp.	*	*			
<i>Crucigenia quadrata</i>	1421		36		*
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	1070	114	5683		*
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	*	*	151		
<i>Dictyosphaerium</i> sp.				2273	
<i>Didymocystis bicellularis</i>					*
<i>Gyromitus</i> sp.		*		*	
<i>Korshikoviella limnetica</i>	*		*		81
<i>Monoraphidium contortum</i>	*			*	
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	310	3410	659	12	
<i>Monoraphidium pusillum</i>				*	
<i>Oocystis parva</i>	239	1061	57		*
<i>Oocystis</i> sp.	*	*	*	341	*
<i>Pediastrum boryanum</i>					
<i>Pediastrum duplex</i>					*
<i>Pediastrum tetras</i>	*				
<i>Pedinomonas</i> sp. (=Volvocal Oct96)			*		1459
<i>Pyramimonas</i> sp.		*	*	*	
<i>Scenedesmus armatus</i>	*	*			*
<i>Scenedesmus serratus</i>		*			
<i>Scenedesmus spinosus</i>	*				
<i>Scourfieldia</i> sp.				*	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>		*			
CHRYSTOPHYCEAE	1	5	*	*	3,4
<i>Dinobryon divergens</i>				*	
<i>Dinobryon sertularia</i>	1	5		*	1,7
<i>Mallomonas acaroides</i>	*	*	*	*	*
<i>Mallomonas akrokomos</i>			*		
<i>Synura uvella</i>	*		*		1,7
CRYPTOPHYCEAE	63,6	*	*	*	44
<i>Cryptomonas erosa</i>	3,3	*	*		12
<i>Cryptomonas marssonii</i>	58	*		*	32
<i>Cryptomonas obovata</i>	2,3				*
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>phaseolus</i>					
CYANOPHYCEAE	*	*	*	*	1
<i>Anabaena schremetievii</i>			*		*
<i>Pseudoanabaena</i> sp.			*		1
<i>Snowella</i> sp.	*				*
DIATOMOPHYCEAE	47	*	*	39	*
<i>Asterionella formosa</i>	3,7	*	*	*	

Ecología, N.º 19, 2005

Taxa	LA CASCADA	LARGA	LOS PATOS	NEGRA	BRAVA
<i>Melosira italica</i>	0,3				
<i>Synedra acus</i>	43			39	
<i>Synedra acus</i> var. <i>radians</i>	*				
<i>Tabellaria flocculosa</i>	*	*	*	*	*
DINOPHYCEAE	*	2,7	41	81	31
Cistes de <i>Gloeodinium</i> ?			33	12	7
<i>Gymnodinium</i> sp.			8	*	*
<i>Katodinium</i> sp.				*	*
<i>Peridinium bipes</i>		1,7		69	
<i>Peridinium cinctum</i>		1		*	*
<i>Peridinium umbonatum</i>	*	*		*	24
EUGLENOPHYCEAE	81	*	*	*	*
<i>Euglena</i> cf. <i>acus</i>	*				*
<i>Euglena</i> sp.	5	*			
<i>Euglena</i> sp. 1	*				
<i>Euglena</i> sp. 2			*		
<i>Phacus longicauda</i>	*				
<i>Phacus</i> sp.					
<i>Trachelomonas granulosa</i>	*				
<i>Trachelomonas hispida</i>	19				
<i>Trachelomonas intermedia</i>	*				
<i>Trachelomonas stokesiana</i>		*			
<i>Trachelomonas volvocina</i>	57	*		*	*
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	*				
FLAGELADOS INCLASIFICABLES	50			19	667
ZYGOPHYCEAE	82	102,3	*	*	*
<i>Closterium acutum</i>	82	95			
<i>Cosmarium</i> sp.				*	
<i>Sphaeroszoma granulata</i>	*	7,3	*	*	
<i>Staurastrum dickiei</i>		*		*	*
<i>Staurastrum manfeldtii</i>			*	*	
FITOPLANCTON TOTAL	3.365	4.695	6.627	2.765	2.351
BACTERIAS	2.561.139	2.835.218	2.598.390	2.109.058	2.062.522
PICOPLANCTON	12.110	29.956	20.994	58.931	6.889

Tabla 3. Promedios de las densidades de las especies de fitoplancton de aguas superficiales de las lagunas de Neila (ind./l). Datos de octubre de 1996 y junio y octubre de 1997. Asterisco = presencia (< 1 ind./l).

Table 3. Averages of density of phytoplankton species recorded in surface waters of Neila lakes (ind./l) in October 1996 and June and October 1997. Asterisk = presence (< 1 ind./l)

nitrógeno (cocientes nitrógeno:org:fósforo total < 5). Sin embargo, las relaciones estadísticas de la biomasa con los nutrientes no fueron significativas en ningún caso. Sí vale la pena apuntar la presencia de la especie de

Anabaena ya citada más arriba, lo cual –aunque sus densidades no fueron importantes en el momento de los muestreos– pudiera sugerir la importancia de la limitación por el nitrógeno. La limitación por nitrógeno no es común

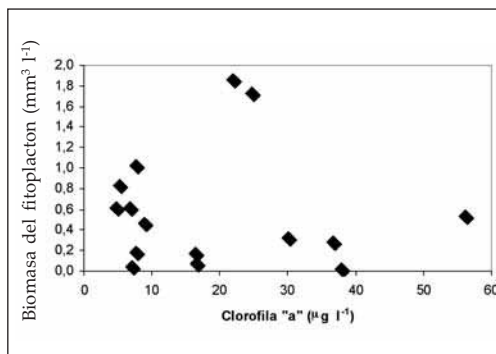


Figura 7 - Relación entre la clorofila "a" y la biomasa fitoplanctónica en las capas superficiales de las lagunas de Neila.

Figure 7 - Chl-a vs phytoplanktonic biomass in upper layers of Neila lakes.

en otros lagos de montaña (SCHANZ, 1984; HALAC *et al.*, 1997). De todos modos, todos estos resultados hay que considerarlos como extremadamente preliminares, ya que –además de haberse elaborado con un número reducido de muestras– hay otros factores ambientales que pudieran ser importantes para el fitoplancton y que no se han explorado, tales como la fotoinhibición, la tasa de renovación del agua, el campo luminoso subacuático o la temperatura del agua.

Zooplankton

1) Rotíferos

En la Tabla 4 figuran los 32 taxa de rotíferos identificados en las aguas superficiales de las cinco lagunas de Neila. Las especies de los géneros *Brachionus* y *Filinia* encontradas en la laguna de la Cascada, así como la presencia de *Keratella quadrata* en el resto de las lagunas, son indicadoras del avanzado estado de eutrofia de las mismas (GANNON & STEMBERGER, 1978; BÉRZIN & PEJLER, 1989).

En las lagunas más profundas, Negra y Brava, donde se hizo un perfil completo de superficie a fondo en verano y otoño de 1997, hemos estudiado las especies dominantes considerando la totalidad de la columna de agua o bien las dis-

tintas zonas -epilimnion, termoclina e hipolimnion- para lo que se calcularon las densidades de población en ind/m² por ser más representativas para este tipo análisis que las unidades referidas a volúmenes de agua. La Tabla 5 resume las especies dominantes de ambas lagunas en los dos periodos de muestreo, tomando el criterio de que la dominancia se atribuye a las especies que representan más del 50% del total de individuos en toda la columna de agua. Además de dichas especies se incluyen también, como acompañantes, aquellas cuya presencia siendo inferior al 50% supere el 10% del total. Con estos mismos criterios, la Tabla 6 recoge resumidamente la distribución espacial de las especies dominantes y acompañantes en las diferentes zonas de estas lagunas estratificadas térmicamente en verano y otoño.

A la vista de los resultados de la Tabla 5, hay que destacar la no coincidencia de especies dominantes en las dos lagunas: *K. hiemalis* siempre en la laguna Negra y *C. unicornis* y *T. similis* en la Brava en verano y otoño respectivamente. También es destacable que las especies dominantes en las dos lagunas durante el verano tienen una importancia cuantitativa mayor que en otoño, cuando *K. cochlearis* y *K. quadrata* aparecen como especies acompañantes con presencias relativas bastante significativas, superiores al 30%.

Si tenemos en cuenta la distribución espacial de las especies dominantes durante el periodo de estratificación de las lagunas (Tabla 6), podemos comprobar que en el epilimnion de la laguna Negra la especie dominante es *C. unicornis* en verano y *K. cochlearis* en otoño y no *K. hiemalis* que lo hace sólo cuando tenemos en cuenta la columna de agua en su conjunto. Este hecho evidencia la preferencia ecológica de *K. hiemalis* por aguas profundas, más frías y menos oxigenadas, durante los periodos de estratificación (LISS *et al.*, 1995). De acuerdo con dicha preferencia, *K. hiemalis* domina claramente en la termoclina e hipolimnion de la laguna Negra en verano y otoño, excepto en el hipolimnion de esta última estación en que lo hace *K. cochlearis*. En la laguna Brava, a diferencia de lo que ocurre en la Negra, la especie

Ind/L	BRAVA		NEGRA		CASCADA		LARGA		LOS PATOS		
	Oct.-96	Jun.-97	Oct.-97	Oct.-96	Oct.-97	Jun.-97	Oct.-96	Oct.-97	Oct.-96	Jun.-97	Oct.-97
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	0,3		1,3			4,7					
<i>Asplanchna cf. brightwelli</i>									0,7		
<i>Asplanchna girodi</i>					5,3						
<i>Asplanchna piradonta</i>	1,3	13,7	5,7	0,3	4,8	1	3,2	4,3	21	4,3	
<i>Brachionus angularis</i>					0,2	0,5					
<i>Brachionus calyciflorus f. amphiceros</i>					0,2						
<i>Brachionus quadridentatus</i>					0,2						
<i>Cephalodella sp.</i>					1						
<i>Colurella uncinata f. deflexa</i>							0,5	1,2	146	5,7	
<i>Conochilus sp.</i>											
<i>Conochilus unicornis</i>	225				96						
<i>Euchlanis cf. deflexa</i>											
<i>Filinia longiseta</i>											
<i>Filinia terminalis</i>							0,5	0,4			
<i>Gastropus stylifer</i>											
<i>Keratella cochlearis</i>			0,4	0,2	6	27,6	1,9	7,3	18,5	5,5	0,3
<i>Keratella cochlearis var. irregularis</i>									1,8		1918
<i>Keratella hiemalis</i>	1,6		26	0,9	51	0,7	0,5	0,2	0,2	2,4	0,5
<i>Keratella quadrata</i>					16				21		
<i>Keratella quadrata var. frenzeli</i>										0,7	
<i>Keratella quadrata f. reticulata</i>											
<i>Lecane luna</i>											
<i>Lecane lunaris</i>							0,2				
<i>Lecane mira</i>	0,4									1,6	0,8
<i>Lepadella patella</i>										0,5	
<i>Polyarthra major</i>	3,5									0,8	
<i>Monammata cf. grandis</i>					0,4				0,2		6
<i>Polyarthra remata</i>	26,5										
<i>Polyarthra vulgaris/dolichoptera</i>					0,2	37		51,5		1,1	26
<i>Synchaeta pectinata</i>	0,1	1,6	2,2	0,2	0,2	1,3				0,2	35
<i>Trichocerca cf. rausselefi</i>											
<i>Trichocerca similis</i>	0,5		52						0,7		19,6
											3,2

Tabla 4. Rotíferos de aguas superficiales de las lagunas de Neila. Datos de octubre de 1996 y junio y octubre de 1997.
Table 4. Rotifers recorded in surface waters of Neila Lakes in October 1996 and June and October 1997.

	JUNIO - 97		OCTUBRE - 97	
	LAGUNA NEGRA	LAGUNA BRAVA	LAGUNA NEGRA	LAGUNA BRAVA
Especie dominante	<i>K. hiemalis</i> (74%)	<i>C. unicornis</i> (73%)	<i>K. hiemalis</i> (62%)	<i>T. similis</i> (52%)
Especies acompañantes	<i>P. vulg/dolichop</i> (14%) <i>C. unicornis</i> (12%)	<i>A. priodonta</i> (21%)	<i>K. cochlearis</i> (38%)	<i>K. quadrata</i> (31%) <i>K. cochlearis</i> (10%)

Tabla 5. Abundancia proporcional (%) de rotíferos dominantes en las lagunas Negra y Brava. Los rotíferos acompañantes tienen una abundancia superior al 10%.

Table 5. Relative abundance (%) of dominant rotifers in the Negra and Brava lakes. Accompanying rotifers had abundance greater than 10%.

dominante -*C. unicornis*- sí aparece como tal durante el verano a lo largo de la columna de agua, independientemente de las condiciones de oxígeno y temperatura, pero desaparece totalmente en otoño cuando el nivel de agua de la laguna es más bajo, sustituida por *T. similis*.

Las dos especies dominantes en estas lagunas -*Keratella hiemalis* y *Conochilus unicornis*- son

representantes típicas de lagos de montaña (LISS *et al.*, 1995; LARSON *et al.*, 2002), siendo la primera de ellas citada por primera vez en España. Respecto a esta especie, conviene señalar la confusión producida en numerosas ocasiones con *Keratella testudo*, similar en tamaño y presente también en lagos de alta montaña, revisado en detalle por RUTTNER-KOLISCO (1993).

	JUNIO 1997					
	Laguna Negra			Laguna Brava		
		%	T ^a O ₂		%	T ^a O ₂
Epilimnion	<i>C. unicornis</i>	46	14,5 9,1	<i>C. unicornis</i>	83	14,9 8,7
	<i>K. hiemalis</i>	24		<i>P. remata</i>	10	
	<i>P. vul/dolich</i>					
Termoclina	<i>K. hiemalis</i>	72	11,8 9,3	<i>C. unicornis</i>	86	11,6 10,2
	<i>P. vulg/dolich</i>	19				
Hipolimnion	<i>K. hiemalis</i>	79	9,4 6,9	<i>C. unicornis</i>	61	8,8 2,3
	<i>P. vulg/dolich</i> ^o	12		<i>A. priodonta</i>	33	
	OCTUBRE 1997					
	Laguna Negra			Laguna Brava		
		%	T ^a O ₂		%	T ^a O ₂
Epilimnion	<i>K. cochlearis</i>	100	13,2 9,3	<i>T. similis</i>	59	13,9 7,9
				<i>K. quadrata</i>	30	
Termoclina	<i>K. hiemalis</i>	78	12,0 1,0	<i>T. similis</i>	45	12,5 1,5
	<i>K. cochlearis</i>	22		<i>K. quadrata</i>	33	
Hipolimnion				<i>K. cochlearis</i>	18	
	<i>K. cochlearis</i>	50	8,5 0,4		0	12,5 1,1
	<i>K. hiemalis</i>	34				
	<i>K. quadrata</i>	16				

Tabla 6. Distribución espacial vertical de rotíferos dominantes y acompañantes en las laguna Negra y Brava.

Table 6. Vertical column distribution of dominant and accompanying rotifers in the Negra and Brava lakes

Ecología, N.º 19, 2005

Laguna	Profundidad (m)	Especie	Total (ind/l)	
Cascada	0	<i>Alona intermedia</i>	0,4	
		<i>Alona quadrangularis</i>	0,5	
		<i>Alona rectangula</i>	0,4	
		<i>Alonella nana</i>	1,8	
		<i>Bosmina longirostris</i>	14,1	
		<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	0,2	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	1,7	
Larga	0	<i>Alona intermedia</i>	0,5	
		<i>Alonella nana</i>	7,7	
		<i>Bosmina longirostris</i>	10,5	
		<i>Chydorus sphaericus</i>	0,1	
		<i>Cyclops bohater</i>	0,8	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	1,2	
Patos	0	<i>Alonella nana</i>	5,5	
		<i>Bosmina longirostris</i>	2,2	
		<i>Daphnia longispina</i>	4,8	
		<i>Graptoleberis testudinaria</i>	0,4	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	1,9	
Brava	0	<i>Alonella nana</i>	0,3	
		<i>Daphnia longispina</i>	0,5	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	1,3	
	1	<i>Daphnia longispina</i>	1,5	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,4	
	4	<i>Daphnia longispina</i>	1,8	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,4	
	6	<i>Alonella nana</i>	0,3	
		<i>Cyclops bohater</i>	0,6	
		<i>Daphnia longispina</i>	1,7	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,6	
	Negra	0	<i>Alonella nana</i>	1,3
		1	<i>Cyclops bohater</i>	2,0
4		<i>Cyclops bohater</i>	4,2	
		<i>Daphnia longispina</i>	1,9	
9		<i>Alonella nana</i>	1,2	
		<i>Daphnia longispina</i>	4,2	
10		<i>Daphnia longispina</i>	1,0	
15		<i>Cyclops bohater</i>	0,5	
	<i>Daphnia longispina</i>	0,5		

Tabla 7. Densidades de crustáceos en las lagunas de Neila. Datos de octubre de 1996 y junio y octubre de 1997.

Table 7. Densities of crustacean species (ind/l) of Neila lakes in October 1996 and June and October 1997

2) Crustáceos

Entre los branchiopodos, *Alonella nana* es la especie más representativa de estas lagunas, apareciendo en todas ellas en todas las campañas (Tabla 7). Se trata de una especie de carácter boreoalpino, siendo muy frecuente en los Pirineos y, en general, en las zonas montañosas de la mitad septentrional. Suele encontrarse en aguas limpias y ambientes turbosos, más frecuente en aguas poco mineralizadas y ácidas (ALONSO 1996). El género *Alonella* es muy frecuente en estos medios muy poco mineralizados de montaña, representado unas veces por *A. nana*, como sucede en estas lagunas y también en Gredos (MARGALEF 1955 y ALDASORO et al. 1984), en la sierra de Guadarrama (MARGALEF 1949 y ROBLES 1998) y en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno (ALDASORO et al. 1984 y VEGA et al. 1992), y otras por *A. excisa*, que por ejemplo se ha identificado en Gredos (ROBLES & ALDASORO 2001), en lagos asturianos (MARGALEF 1955 y VELASCO et al. 1999) y también en lagos de los Pirineos (MIRACLE 1978).

Alona intermedia aparece en Cascada y Larga. Es poco frecuente en la península Ibérica. Aparece en la sierra de Urbión, en aguas poco mineralizadas (ALONSO 1996), en la sierra de Guadarrama (ROBLES 1998) y en los Pirineos (MIRACLE 1978).

Alona quadrangularis sólo se identificó en Cascada. Está muy diseminada en la Península, aparece en zonas de montaña exigiendo exclusivamente aguas poco mineralizadas y con tendencia a la acidez (ALONSO 1996 y ROBLES & ALDASORO 2001) la encuentran en Gredos, TORO Y GRANADOS (1997) y ROBLES (1998) en la sierra de Guadarrama, ALDASORO et al. (1984) en lagos del entorno del de Sanabria, MIRACLE (1978) en lagos de Pirineos y MARGALEF (1955) en Sierra Nevada. MARGALEF (1955), y VELASCO et al. (1999) encuentran *Alona quadrangularis* y *Alona rectangula* en lagos de Asturias y MORALES-BAQUERO et al. (1992) en Sierra Nevada. MARGALEF (1950) encuentra *A. rectangula* sola en Asturias.

Igualmente *Daphnia longispina* es la especie más abundante en las tres lagunas en las que aparece (Los Patos, Negra y Brava). Es típica de aguas claras, permanentes y con plantas sumergidas. Prefiere aguas poco mineralizadas y aguanta cierta eutrofia. ALDASORO *et al.* (1984) y ROBLES & ALDASORO (2001) la han recogido en Gredos. ALDASORO *et al.* (1984) y VEGA *et al.* (1992) también la recogen en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno. MARGALEF (1955) y VELASCO *et al.* (1999) también la encuentran entre los crustáceos planctónicos más frecuentes en lagos de Asturias. MIRACLE (1978) y ALONSO (1996) la encuentran como una de las especies más frecuente en los Pirineos.

Ceriodaphnia pulchella aparece exclusivamente en Cascada. Es característica de aguas poco mineralizadas e incluso distróficas y ácidas (ALONSO 1996). La especie de este género más frecuentemente recogida en zonas de montaña es *Ceriodaphnia quadrangula*, por ejemplo ROBLES & ALDASORO (2001) en Gredos, TORO Y GRANADOS (1997) en la sierra de Guadarrama, ALDASORO *et al.* (1984) y VEGA *et al.* (1992) en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno, en lagos de Asturias MARGALEF (1955) y VELASCO *et al.* (1999), y en lagos de Pirineos MIRACLE (1978).

Graptoleberis testudinaria sólo se ha identificado en Los Patos. Es común en los lagos y lagunas de los Pirineos y de la cordillera Cantábrica. Prefiere aguas claras y abundante vegetación sumergida (ALONSO 1996). ALDASORO *et al.* (1984) la cita en lagos del entorno del de Sanabria.

Bosmina longirostris, aunque no se ha identificado en todas las lagunas de Neila (sólo en Cascada, Larga y Los Patos), cuando aparece tiene densidades normalmente muy altas. Aparece en todas las cordilleras ibéricas (ALONSO 1996): en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno (ALDASORO *et al.* 1984 y VEGA *et al.* 1992), cordillera Cantábrica (VELASCO *et al.* 1999), Pirineos (MIRACLE 1978) y Sierra Nevada (CRUZ-PIZARRO *et al.* 1981 y MORALES-BAQUERO *et al.* 1992).

Chydorus sphaericus sólo aparece en la laguna Larga. Como la anterior, es muy frecuente en zonas montañosas (MARGALEF 1955). Sólo es exigente en cuanto al grado de mineralización del agua, exigiendo aguas dulces. Se ha identificado en Gredos a 2210 m (ROBLES & ALDASORO 2001), en la sierra de Guadarrama a 2019 m (TORO & GRANADOS 1997 y ROBLES 1998), en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno (ALDASORO *et al.* 1984), en la cordillera Cantábrica a 1700 m (MARGALEF 1950 y VELASCO *et al.* 1999), en los Pirineos a 2.700 m (MIRACLE 1978) y en Sierra Nevada a casi 3000 m de altitud (CRUZ-PIZARRO *et al.* 1981 y MORALES-BAQUERO *et al.* 1992).

Respecto a los copépodos, *Cyclops bohater* se ha identificado en las lagunas Larga, Negra y Brava. Vive en lagos cuyas aguas van desde la oligotrofia a la eutrofia (DUSSART 1969, EINSLE 1996). En general las especies de este género que se recogen en los sistemas montañosos son *Cyclops strenuus* (por ejemplo ROBLES & ALDASORO 2001 en la sierra de Gredos, TORO Y GRANADOS 1997 en la sierra de Guadarrama y ALDASORO *et al.* 1984 y VEGA *et al.* 1992 en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno) y *Cyclops abyssorum* (VELASCO *et al.* 1999 en la cordillera Cantábrica y MIRACLE 1978 en los Pirineos).

Tropocyclops prasinus sería el copépodo más característico de estas lagunas si no fuera porque no aparece en la más grande de ellas (Negra). MARGALEF (1955), ALDASORO *et al.* (1984) y ROBLES & ALDASORO (2001) también la encuentran en Gredos, TORO Y GRANADOS (1997) y ROBLES (1998) en la sierra de Guadarrama, ALDASORO *et al.* (1984) y VEGA *et al.* (1992) en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno y MARGALEF (1935 y 1950 y 1955) en Asturias.

Lo que llama la atención en estas comunidades no es tanto las especies que aparecen como las ausencias. Las especies presentes de crustáceos son habituales en áreas de aguas muy

Ecología, N.º 19, 2005

dulces de montaña, algunas más especializadas hacia aguas ácidas. Pero destaca la ausencia de especies de tamaño grande, como *Diatomus castaneti*, que se localiza en los lagos de los sistemas montañosos ibéricos de litología silíceo, como la sierra de Gredos (ALDASORO et al. 1984 y ALONSO 1998), Sanabria (ALDASORO et al. 1984, VEGA et al. 1992) y Pirineos (MIRACLE 1978).

También se podía esperar haber encontrado otros copépodos como *Eucyclops serrulatus*, que se encuentra en todos los macizos montañosos (MARGALEF 1955), entre otros la sierra de Gredos (ALDASORO et al. 1984 y ROBLES & ALDASORO 2001), en la sierra de Guadarrama (TORO Y GRANADOS 1997 y ROBLES 1998), en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno (ALDASORO et al. 1984 y VEGA et al. 1992), en la cordillera Cantábrica (MARGALEF 1950, PONS y NIEMBRO 1986, VELASCO et al. 1999), en Pirineos (MIRACLE 1978) y en Sierra Nevada (MORALES-BAQUERO et al. 1992).

Macrocyclus albidus, como el anterior, está presente también en lagunas en la sierra de Gredos (ALDASORO et al. 1984 y ROBLES & ALDASORO 2001), en el lago de Sanabria y otros lagos de su entorno (ALDASORO et al. 1984 y VEGA et al. 1992) y en la cordillera Cantábrica (MARGALEF 1955, PONS y NIEMBRO 1986, VELASCO et al. 1999). *Macrocyclus albidus* es sustituida por *Macrocyclus fuscus* en los lagos pirenaicos (MIRACLE 1978) ya que esta última presenta un carácter más "nórdico" (boreoalpino) (DUSSART 1969).

Finalmente destaca asimismo la ausencia de *Mixodiatomus laciniatus*, frecuente en áreas montañosas como la cordillera Cantábrica (MARGALEF 1950 y 1955, PONS y NIEMBRO 1986, VELASCO et al. 1999), Pirineos (MIRACLE 1978) y Sierra Nevada (CRUZ-PIZARRO et al. 1981 y MORALES-BAQUERO et al. 1992).

En la tabla 8 se presenta un resumen de las especies presentes o ausentes citadas a lo largo del trabajo. El objeto de esta tabla no es com-

parar la similitud entre lagunas de diferentes sistemas montañosos, ya que sólo se citan las especies encontradas en el presente trabajo y algunas especies más que, aunque son frecuentes en estos medios, no se han determinado en las lagunas de Neila.

La riqueza de especies no ya en cada laguna por separado sino en el conjunto de lagunas es llamativamente baja teniendo en cuenta el esfuerzo de muestreo (varias campañas y profundidades en 5 lagunas). De este modo tan sólo se han identificado un total de 11 crustáceos, de los que 9 eran branchiópodos y 2 copépodos. Más aún, de los 9 branchiópodos 6 aparecen nada más que en una ó 2 muestras con muy bajas abundancias (por tanto, accidentalmente). Como las campañas de muestreo no abarcan un ciclo anual completo, es posible que no se haya capturado la totalidad de la población. Sin embargo la época no muestreada se corresponde con el invierno y la primavera, cuyas condiciones ambientales son extremas en estas áreas de alta montaña, por lo que no es previsible que aparezcan especies nuevas. Esta baja riqueza de especies en las lagunas de Neila puede deberse, además, a factores como la alta tasa de renovación del agua de dichas lagunas y la presión (predación) ejercida por los peces.

Es general la pobreza en especies de las lagunas de montaña del interior (Gredos o Neila) y sur peninsular (Sierra Nevada) frente a las del norte (Asturias, Sanabria o Pirineos). Por ejemplo, en Gredos, ALDASORO et al. (1984) en 9 lagunas encuentran 8 crustáceos, de los que 3 eran branchiópodos y 5 copépodos. También en Gredos ROBLES & ALDASORO (2001) en 18 lagunas identificaron 11 crustáceos, de los que 6 eran cladóceros y 5 copépodos. En 31 lagunas de Sierra Nevada MORALES-BAQUERO et al. (1992) encuentran 13 crustáceos de los que 8 eran cladóceros y 5 copépodos. VEGA et al. (1992) en el lago de Sanabria identificaron 15 crustáceos, de los que 10 eran branchiópodos y 5 copépodos. ALDASORO et al. (1984) en el lago de Sanabria y 12 lagunas de su

	Neila	Urbión	Gredos	Guadarrama	Sanabria	Cantábrica	Pirineos	Sierra Nevada		
<i>Alonella nana</i>	1		2, 8	12, 6	2, 15		3			
<i>Alonella excisa</i>			13			8, 16	9			
<i>Alona intermedia</i>	1	3		12			9			
<i>Alona quadrangularis</i>	1		13	12, 14	2	8, 16	9	8, 10		
<i>Alona rectangula</i>						7, 8, 16		10		
<i>Daphnia longispina</i>	1		2, 13	14	2, 15	8, 16	3, 9			
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	1									
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>			13	14	2, 15	8, 16	9			
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	1				2	3	3			
<i>Bosmina longirostris</i>	1				2, 15	16	9	5, 10		
<i>Chydorus sphaericus</i>	1		13	12, 14	2	7, 16	9	5, 10		
<i>Cyclops bohater</i>	1									
<i>Cyclops strenuus</i>			13	14	2, 15					
<i>Cyclops abyssorum</i>						16	9			
<i>Tropocyclops prasinus</i>	1		2, 8, 13	12, 14	2, 15	7, 8				
<i>Diaptomus castaneti</i>			2, 4		2, 15		9			
<i>Eucyclops serrulatus</i>			2, 13	12, 14	2, 15	7, 11, 16	9	10		
<i>Macrocyclus albidus</i>			2, 14		2, 16	8, 11, 16				
<i>Macrocyclus fuscus</i>							9			
<i>Mixodiaptomus laciniatus</i>						7, 8, 11, 16	9	5, 10		
n° crustáceos	11 (5)	8 (9)	11 (18)	7 (1)	12 (16)	15 (1)	22 (13)	18 (8)	48 (153)	13 (31)
(n° lagos y/o lagunas)										
branchiópodos / copépodos	9 / 2	3/5	6/5	4/3	3/9	10/5	14/8	11/7	31/17	8/5

Tabla 8. Especies presentes y riqueza de especies en lagos de diferentes sistemas montañosos españoles, citadas en el presente trabajo. Los números se refieren a las citas señaladas en el pie de la tabla.

Table 8. Present species and species richness in lakes of different Spanish mountainous systems, cited along the current work. The numbers are the table reference.

1: Trabajo presente, 2: ALDASORO *et al.* 1984, 3: ALONSO 1996, 4: ALONSO 1998, 5: CRUZ-PIZARRO *et al.* 1981, 6: MARGALEF 1949, 7: MARGALEF 1950, 8: MARGALEF 1955, 9: MIRACLE, M.R. 1978, 10: MORALES-BAQUERO *et al.* 1992, 11: PONS & NIEMBRO 1986, 12: ROBLES 1998, 13: ROBLES & ALDASORO 2001, 14: TORO & GRANADOS 1997, 15: VEGA *et al.* 1992, 16: VELASCO *et al.* 1999.

entorno encuentran 22 crustáceos, de los que 14 eran branchiópodos y 8 copépodos. En el estudio desarrollado por VELASCO *et al.* (1999) en cinco lagos y tres lagunas de la cordillera Cantábrica se encontraron un total de 18 crustáceos, de los que 11 eran branchiópodos y 7 copépodos. Esta diferencia se acentúa si se comparan las lagunas en estudio con las de los Pirineos y los Alpes (MIRACLE

1978). MIRACLE 1978 identificó, en 153 lagos de Pirineos, un total de 48 especies de crustáceos de las que 31 eran branchiópodos y 17 copépodos.

La tabla 8 incluye de modo esquemático toda esta información relativa a la riqueza de especies de crustáceos de los diferentes sistemas montañosos citados.

Ecología, N.º 19, 2005

Similitud de las lagunas por sus comunidades planctónicas

El análisis de aglomeración realizado separa a las lagunas en dos grandes grupos (Fig. 8). Por un lado, las lagunas Brava y Negra y, por otro, todas las demás, quedando más separadas aquéllas de niveles más bajos por su desagüe en 1997 (Larga y Cascada).

Las lagunas Negra y Brava constituyen el grupo más representativo de lagunas de montaña de Neila y su mayor profundidad permite el establecimiento de comunidades más estables y característicamente planctónicas, como puede apreciarse con el desarrollo de poblaciones cuantitativamente significativas de especies típicas de lagunas de alta montaña, caso de los rotíferos *Keratella hiemalis* y *Conochilus unicornis*.

CONCLUSIONES

Las bacterias totales encontradas en Neila, con densidades de población similares a las de otras lagunas de montaña, presentan una relación directa -estadísticamente significativa- con el fósforo total e indirecta con el nitrógeno inorgánico, lo cual podría sugerir que las bacterias de estas lagunas están limitadas por el primer elemento e inhibidas por el segundo.

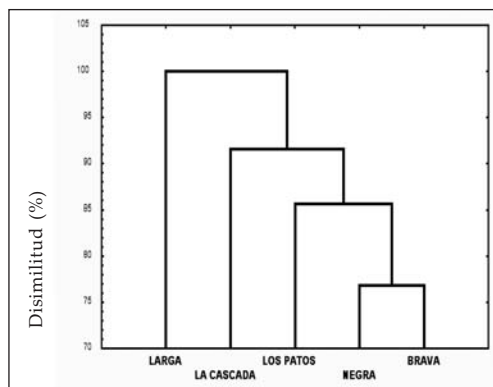


Figura 8 - Dendrograma de las lagunas de Neila, atendiendo a la composición específica de su plancton para las tres fechas de muestreo.

Figure 8 - Cluster of Neila lakes using plankton species composition for the overall sampling period.

La densidad del picoplancton podría estar condicionada por el nivel subacuático de luz, pero no se ha encontrado relación estadísticamente significativa con ninguna de las variables químicas medidas.

La comunidad fitoplanctónica está representada por todos los grandes grupos taxonómicos, pero la mayor riqueza específica de clorofíceas y euglenofíceas pone de manifiesto el avanzado nivel de eutrofia de estas lagunas, a diferencia de otros lagos de montaña similares a éstos, pero característicamente oligotróficos. Aunque las relaciones entre la biomasa del fitoplancton y los nutrientes no fueron estadísticamente significativas, la relación entre el nitrógeno inorgánico y el fósforo total sugiere la posible limitación del fitoplancton por el nitrógeno, lo que podría explicar la presencia de la cianobacteria *Anabaena schreemetievii*, fijadora de nitrógeno atmosférico y poco frecuente en otros lagos de montaña. De todos modos, no debe descartarse la influencia sobre el fitoplancton de otros factores físicos que no se han explorado en este estudio, tales como la temperatura, el campo luminoso subacuático o la tasa de renovación del agua.

En la composición de la comunidad de rotíferos, las especies de los géneros *Brachionus* y *Filinia* y también la existencia de *Keratella quadrata*, ponen también de manifiesto, por su reconocido carácter indicador, el carácter eutrófico de las lagunas de Neila.

Conochilus unicornis y *Keratella hiemalis*, especies dominantes en las lagunas más profundas - Negra y Brava- son representantes típicas de lagunas de alta montaña, habiéndose constatado también la preferencia ecológica de *K. hiemalis* por aguas profundas poco oxigenadas. Con una presencia más limitada temporalmente, *Trichocerca similis* también fue dominante durante el otoño en la laguna Brava.

La comunidad de crustáceos en las lagunas de Neila está caracterizada por su baja riqueza específica, ya que únicamente tres branchiópodos, de los nueve identificados, y dos copépodos tienen densidades de población apreciables. Esta baja riqueza específica podría

explicarse por la alta tasa de renovación del agua de las lagunas y por el efecto depredador ejercido por las truchas introducidas en ellas. También llama la atención en las comunidades de crustáceos encontradas en Neila la ausencia de algunas especies de tamaño grande, habituales en otros lagos de montaña españoles ubicados también en terrenos silíceos, como en el caso de Gredos, Sanabria y Pirineos.

Finalmente, el estudio de las comunidades planctónicas de las lagunas de Neila también pone de manifiesto el avanzado estado de eutrofia en que se encuentran y que no cabría esperar en lagunas de montaña de este tipo. La causa de la alteración de las condiciones naturales de las lagunas de Neila es doble. En primer lugar, la facilidad de acceso público a las lagunas, sin un control estricto de actividades

a desarrollar en ellas, provoca un fuerte impacto antrópico al que podría deberse el elevado contenido de fósforo total encontrado, como ya comentamos en nuestro anterior trabajo (VELASCO & ÁLVAREZ, 2000), y que no puede explicarse ateniéndonos únicamente al ciclo natural de éste elemento en el agua de las lagunas. En segundo lugar, la introducción de truchas ha provocado cambios importantes en la estructura de las comunidades planctónicas y contribuido a acelerar los procesos de eutrofización de las lagunas.

AGRADECIMIENTOS

Palmira Riobobos nos ayudó en los muestreos. Angel Rubio realizó los análisis químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC. 1268 pp.
- ALDASORO, J., DE HOYOS, C., VEGA, J.C. & DE VICUÑA, B.G. 1984. Comunidades de plantas macrófitas y de crustáceos en las lagunas de montaña del NW de España. *Limnetica* 1: 111-115.
- ALONSO, M. 1996. Crustacea; Branchiopoda. En: *Fauna Ibérica*. Vol. 7. CSIC. 486 pp.
- ALONSO, M. 1998. Las lagunas de la España peninsular. *Limnetica* 15: 1-176.
- BĚRZINĚ, B. & PEJLER, B. 1989. Rotifer occurrence and trophic degree. *Hydrobiologia* 182: 171-180.
- BOAVIDA, M.J. & GLIWICZ, M. 1996. Limnological and biological characteristics of the alpine lakes of Portugal. *Limnetica* 12: 31-38.
- CATALÁN, J., BALLESTEROS, E., CAMARERO L., FELIP, M. & GARCÍA E. 1992. Limnology in the Pyrenean lakes. *Limnetica* 8: 27-38.
- COLE, J.J., FINDLAY, S. & PACE, M.L. 1988. Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 43: 1-10.
- CRUZ PIZARRO, L., MORALES, R. & GONZÁLEZ, A. Descripción del ciclo anual de desarrollo del zooplancton de un lago de alta montaña mediante un análisis factorial. *Actas del Primer Congreso Español de Limnología*. 69-74.
- DUSSART, B. 1969. Les copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome II : Cyclopoïdes et Biologie. N. Boubée & Cie. Paris. 292 pp.
- EINSLE, U. 1996. Copepoda: Cyclopoida. SPB Academic Publishing. Amsterdam. V. 10. 83 pp.
- FELIP, M. & CATALÁN, J. 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. *J. Plankton Res.* 22: 91-106.
- GANNON, J.E. & STEMBERGER, R.S. 1978. Zooplankton (especially crustacean and rotifers) as

Ecología, N.º 19, 2005

- indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.* N.º 1: 16-35.
- GRANADOS, I. & TORO, M. 2000. Limnología en el Parque Natural de Peñalara: nuevas aportaciones y perspectivas de futuro. Segundas Jornadas Científicas sobre el Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Paular: 55-72.
- HALAC, S., FELIP, M., CAMARERO, L., SOMMARUGA-WÖGRATH, S., PSENNER, R., CATALÁN, J. & SOMMARUGA, R. 1997. An in situ enclosure experiment to test the solar UVB impact on plankton in a high altitude mountain lake. I. Lack of effect on phytoplankton species composition and growth. *J. Plankton Res.* 19: 1671-1686.
- HOBBIE, J.E., DALEY, R. & JASPER, S. 1977. Use of Nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environm. Microbiol.* 33: 1225-1228.
- LARSON, L.L., HOFFMAN, R.L. & MCINTIRE, C.D. 2002. Persistence of an unusual pelagic zooplankton assemblage in a clear, mountain lake. *Hydrobiologia* 468: 163-170.
- LISS, W.J., LARSON, G.L., DEIMLING, E.K., GANIO, L., GRESSWELL, R., HOFFMAN, R., KISS, M., LOMNICKY, G., MCINTIRE, C.D., TRUITT, R., & TYLER, T. 1995. Rotifers. En: *Ecological Effects of Stocked Trout in Naturally Fishless High Mountain Lakes*. North Cascades National Park Service Complex, WA, USA. 13 pp.
- MARGALEF, R. 1949. Datos para la hidrobiología de la sierra de Guadarrama. *Publ. Inst. Biol. Apl.* 6: 5-21.
- MARGALEF, R. 1950. Datos para la hidrobiología de la cordillera cantábrica, especialmente del macizo de los Picos de Europa. *Publ. Inst. Biol. Apl.* 7: 37-76.
- MARGALEF, R. 1955. Datos para el estudio de la distribución de los crustáceos de las aguas continentales españolas. *P. Inst. Biol. Apl.* 21: 173-177.
- MARGALEF, R., VILASECA, J.M., CAMPÁS, L. & MIRACLE, M.R. 1975. Introducción al estudio de los lagos pirenaicos. *Naturalia Hispanica*. 2: 1-45.
- MARKER, A.F.H., NUSCH, E.A., RAY, H. & RIEMANN, B. 1980. The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardizations of methods: conclusions and recommendations. *Arch. Hydrobiol. Beih., Limnol.* 14: 91-106.
- MIRACLE, M.R. 1978. Composición específica de las comunidades zooplanctónicas de 153 lagos de los Pirineos y su interés biogeográfico. *Oecologia Aquatica* 3: 167-191.
- MOPT, DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS. 1991. Estudio de las zonas húmedas de la España peninsular: inventario y tipificación. Madrid.
- MORALES-BAQUERO, R., CARRILLO, P., CRUZ-PIZARRO, L. & SÁNCHEZ-CASTILLO, P. 1992. Southernmost high mountain lakes in Europe (Sierra Nevada) as reference sites for pollution and climate change monitoring. *Limnetica* 8: 39-47.
- NEGRO, A.I., DE HOYOS, C. & ALDASORO, J.J. 2003. Diatom and desmid relationships with the environment in mountain lakes and mires of NW Spain. *Hydrobiologia* 505: 1-13.
- PONS, J.A. & NIEMBRO, A. Estudio limnológico preliminar de los lagos De Enol y La Ercina. Informe-resumen realizado para ICONA. Oviedo. 103 pp.
- PULIDO-VILLENA, E. & RECHE, I. 2003. Exploring bacterioplankton growth and protein synthesis to determine conversion factors across a gradient of dissolved organic matter. *Microb. Ecol.* 46: 33-42.
- PULIDO-VILLENA, E., ORTEGA-RETUERTA, E., MORALES-BAQUERO, R. & RECHE, I. 2003. El papel de la escala en los patrones de variación del bacterioplancton en lagunas de alta montaña. *Limnetica* 22: 183-193.
- REYNOLDS, C.S., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L. & MELO, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.* 24: 417-428.
- ROBLES, S. 1988. Invertebrados planctónicos. Crustáceos. En: Toro, M. & Granados, I. *Inventario, Cartografía y Caracterización De las Charcas y Lagunas del Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara*. 41-55. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional .

JOSÉ LUIS VELASCO *et al.*

«Comunidades plactónicas de los lagos de montaña de Neila»

- Comunidad de Madrid. 101 pp.
- ROBLES, S. & ALDASORO, J.J. 2001. Zooplancton. En: Toro, M. & Granados, I. (eds.). 2001. Las Lagunas del Parque Regional de la Sierra de Gredos. Monografía de la Red de Espacios Naturales de Castilla y León. Serie Técnica: Junta de Castilla y León. Valladolid. 242 pp.
- ROTT, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.*43: 34-62.
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1993. Taxonomic problems with the species *Keratella hiemalis*. *Hydrobiologia* 255/256: 441-443.
- SÁNCHEZ-CASTILLO, P., CRUZ-PIZARRO, L. & CARRILLO, P. 1989. Caracterización del fitoplancton de las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España) en relación con las características físico-químicas del medio. *Limnetica* 5: 37-50.
- SCHANZ, F. 1984. Chemical and algological characteristics of five high mountain lakes near the Swiss National Park. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1066-1070.
- SNEATH, P.A. & SOKAL, R.R. 1973. Numerical Taxonomy. W.H Freeman Co. San Francisco.
- TORO, M. & GRANADOS, I. 1997. Laguna de Peñalara. Seguimiento Limnológico y Control de las Medidas Adoptadas en la Gestión del Parque Natural (Julio de 1995- Diciembre de 1996). Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional de la Comunidad Autónoma de Madrid. 103 pp.
- TORO, M. & GRANADOS, I. (EDS). 2001. Las lagunas del Parque Regional de la Sierra de Gredos. Monografías de la Red de Espacios Naturales de Castilla y León. Junta de Castilla y León. Valladolid. 242 pp.
- VEGA, J.C., DE HOYOS, C. & ALDASORO, J.J. 1991. Estudio del sistema de lagunas de las Sierras Segundera y Cabrera. Monografías de la Red Espacios Naturales de Castilla y León. 46 pp.
- VEGA, J.C., DE HOYOS, C. & ALDASORO, J.J. 1992. The Sanabria lake. The largest natural freshwater lake in Spain. *Limnerica* 8: 49-57.
- VELASCO, J.L., ARAUJO, R., ÁLVAREZ, M., COLOMER, M. & BALTANÁS, A. 1999. Aportación al conocimiento limnológico de ocho lagos y lagunas de montaña de Asturias (España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)* 95: 183-193.
- VELASCO, J.L. & ÁLVAREZ, M. 2000. Lagunas de Neila (Burgos, España): un caso de lagunas de montaña altamente eutróficas. *Ecología* 14: 17-26.
- VÖRÖS, L., CALLIERI, C., BALOGH, K.V. & BERTONI, R. 1998. Freshwater picocyanobacteria along a trophic gradient and light quality range. *Hydrobiologia* 369/370: 117-125.
- WEISSE, T. 1988. Dynamics of autotrophic picoplankton in Lake Constance. *J. Plankton Res.* 10: 1179-1188.
- WILLE, A., SONNTAG, B., SATTLER, B. & PSENNER, R. 1999. Abundance, biomass and size structure of the microbial assemblage in the high mountain lake Gosseköllesee (Tyrol, Austria). *J. Limnol.* 58: 117-126.