Las cianobacterias en los embalses españoles: situación actual

C. DE HOYOS (*); A. I. NEGRO (*); J. AVILÉS (**)

RESUMEN Las cianobacterias son un grupo de algas que tienen capacidad para producir toxinas y en ocasiones se acumulan en masas en la superficie de lagos y embalse por lo que se están convirtiendo en un foco de atención para los gestores de los recursos hídricos y de la calidad del agua. En este trabajo se presenta su abundancia y distribución en 47 embalses repartidos por la geografía española. Los embalses situados sobre rocas poco solubles de la zona oeste presentaron, en general, mayores cantidades de cianobacterias que los situados en el este peninsular y las cuencas más afectadas fueron las de los ríos Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir. Se señalan, para cada embalse, las especies de cianobacterias potencialmente tóxicas encontradas en el mismo.

CYANOBACTERIA IN SPANISH RESERVOIRS: CURRENT SITUATION

ABSTRACT *Cyanobacteria is a group of algae with toxin-producing ability which occasionally accumulates on the surface of lakes and water reservoirs. Therefore, they have became a focus of attention for water resources and water quality managers. In this work, we present Cyanobacteria abundance and distribution in 47 Spanish reservoirs, distributed all over the territory. The reservoirs located in the Western area, on low solubility bedrocks, contained higher Cyanobacteria biomass than those located in the Eastern part. Duero, Tajo, Guadiana and Guadalquivir were the river basins more hardly affected. The potentially harmful species are also reported for each reservoir.*

Palabras clave: Embalses españoles; Cianobacterias.

INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias (anteriormente llamadas cianofíceas o algas verde-azuladas) son un grupo de algas con unas características morfológicas, fisiológicas y ecológicas muy diferentes al del resto de las algas del fitoplancton. Son organismos procariontes, es decir, morfológicamente y fisiológicamente son similares a eubacterias, pero presentan una fotosíntesis oxigénica (caracteristica que no existe en otros procariontes) asociada a unos pigmentos fotosintéticos llamados clorofilas y ficobiliproteinas (Paerl, 1988). Desde el punto de vista ecológico tienen tendencia a acumularse periodicamente en densas masas superficiales ("blooms") en los lagos y embalses eutróficos y mesotróficos (Reynolds, 1987). Esta característica, junto con el hecho de que muchas especies producen toxinas, ha hecho que estas algas cada vez tengan más implicaciones sociales y económicas en aspectos como la calidad del agua, impactos visuales o usos recreativos de los ecosistemas acuáticos. Actualmente se están convirtiendo en un foco de atención para los gestores de los recursos hídricos y la calidad del agua.

Este trabajo pretende dar una visión general del estado actual de los embalses españoles en relación a este problema.

(*) Área Ecología. Universidad Salamanca. Campus Miguel de Unamuno. Salamanca.

(**) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Ministerio de Fomento. Madrid.

METODOLOGÍA

Se han estudiado un total de 47 embalses distribuidos por casi la totalidad de cuencas hidrográficas en las que está dividido el territorio español (figura 1). Cada embalse fue visitado una vez durante el periodo de estratificación de 1999-2001. En un punto cercano a la presa se recogieron 200 ml de agua para el estudio del fitoplancton que fueron fijados con lugol. En la mayoría de los embalses las muestras se recogieron a 2 m de profundidad. En los embalses del Ebro, Aguilar, Valparaiso, Ricobayo, Santa Teresa, Almendra, Alcántara, Valdecañas y La Serena las muestras de fitoplancton proceden de la integración de una capa de agua que se corresponde con la zona eufótica.

Las muestras fueron sedimentadas en el laboratorio para su determinación y recuento mediante un microscopio invertido Nikon (Universidad de Salamanca) y un microscopio Leitz Labovert (CEDEX), siguiendo el método de Utermöhl. Los recuentos se realizaron a 400× y a 1.000×, contando el número de células necesarias para que los resultados sean significativos (Sournia, 1978). Para la determinación de la cianobacterias se utilizo la siguiente bibliografía (Geitler, 1932; Desikachary, 1959; Komárek, 1986; Anagnostidis, 1988; Komárek, 1989; Komárek & Anagnostidis, 1999). Se realizaron las medidas de las dimensiones necesarias para el cálculo del biovolumen celular de cada una de las especie de cianobacterias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cianobacterias son un grupo de algas importante en el fitoplancton estival de nuestros embalses. En la tabla 1 se

	Fecha	Fitoplancton cel/ml	Cianobacterias cel/ml	% Cianobacterias (sobre el total)	% Cianobacterias (sin A. caltrata)	Cianobacterias (mm^3/m^3)
Ebro						
Ebro	20-09-01	76.725	76.018	99	99	3.954
Mansilla	19-08-99	14.484	13.415	93	0	6
Gonzalez Lacasa	18-08-99	37.590	32.816	87	7	41
Sobrón	27-07-99	3.623	771	21	1	1
Cereceda	27-07-99	956	15	2	2	1
Urrunaga	26-10-00	2.970	2.291	77	5	2
Ullivarri	25-10-00	4.799	2.921	61	12	3
Talarn	03-11-99	834	0	0	0	0
Flix	14-09-99	8.045	1.164	14	14	44
Júcar y Segura						
Alarcón	16-09-99	12.322	7.703	63	0	3
Tous	25-08-99	24.772	20.983	85	2	14
Crevillente	24-08-99	41.372	25.094	61	7	110
Cenajo	26-08-99	13.969	8.602	62	2	9
Mª Cristina	15-09-99	557.312	463.009	83	83	123.624
Norte						
La Granda	05-10-00	3.000	121	4	4	8
Trasona	04-10-00	12.150	9.738	80	80	653
Villagudín	19-10-00	14.853	3.621	24	15	80
San Cosmade	19-10-00	1.225	151	12	12	6
Belesar	17-07-01	76.103	66.673	88	0	29
Castrelo	17-07-01	25.528	595	2	2	21
Duero						
Pontón Alto	31-10-00	7.403	2.475	33	33	95
Campillo de Buitrago	29-08-01	14.330	4.585	32	11	156
Cuerda del Pozo	29-08-01	45.883	43.405	95	93	6.201
Aguilar	20-09-01	3.968	3.115	79	74	187
Valparaiso	12-09-01	28.332	24.053	85	81	1.941
Ntra. Sra. Agavanzal	23-08-00	3.656	1.012	28	0	0
Ricobayo	13-09-01	6.314	5.300	84	84	319
Sta. Teresa	06-11-01	27.572	20.139	73	73	783
Almendra	07-11-01	14.014	13.603	97	97	1.185
Tajo						
Santillana	13-09-00	21.893	12.600	58	2	10
Navacerrada	30-08-00	37.830	30.922	82	29	162
La Jarosa	30-08-00	2.374	471	20	17	23
La Tajera	10-07-00	51.627	35.007	68	8	47
Valdecañas	23-10-01	51.301	50.682	99	99	2.980
Alcántara	24-10-01	10.715	9.514	89	89	255
Guadiana						
Zafra	28-06-99	46.448	1.127	2	2	107
Valuengo	29-06-99	872.661	805.063	92	99	37.925
Brovales	30-06-99	1.021.280	1.008.007	99	99	46.140
Ruecas	06-09-00	68.601	55.939	82	75	468
Peñarroya	07-08-01	7.243	115	2	2	1
Gasset	09-08-01	92.001	88.252	96	96	52
La Cabezuela	05-09-01	17.038	13.625	80	80	7
Vega de Jabalón	05-09-01	566.608	559.789	99	99	7.967
La Serena	25-10-01	13.822	11.407	83	83	437
Guadaquivir						
Huesna	03-08-00	357.789	347.534	97	71	3.925
Sierra Boyera	04-10-01	24.847	9.522	38	38	265
Guadalmellato	03-10-01	26.065	25.096	96	96	1.596

TABLA 1. Número total de células del fitoplancton, número de células y biovolumen de cianobacterias, porcentaje de éstas respecto al número total de células y ese mismo porcentaje eliminando la *Apanothece clatrata* (ver texto).

FIGURA 1. Distribución de los embalses estudiados en las cuencas hidrográficas en las que se divide administrativamente el territorio español.

FIGURA 2. *Anabaena planctonica.*

FIGURA 3. *Anabaena spiroides.*

FIGURA 4. *Aphanizomenon gracile.*

señala el nº de células y el biovolumen de cinobacterias en cada uno de los embalses estudiados. Se indica también el número de células total del fitoplancton, el porcentaje de cianobacterias en el total de células y este mismo porcentaje si eliminamos la especie *Aphanothece clathrata*. *Aphanothece clathrata* es una cianobacteria de células con un tamaño muy pequeño (1-2 µm) por lo que aunque haya un gran nº de células, éstas suponen una cantidad pequeña de biomasa (ver como ejemplo los embalses de Mansilla o de Alarcón: tabla 1, figuras 7 y 8).

La lista de especies encontradas se presenta en la tabla 2, en las figuras 2-6 se pueden ver algunas de estas especies. En la tabla 3 se señalan las especies presentes en cada embalse y cuáles de ellas son capaces de producir toxinas según la bibliografía (Sivonen & Jones, 1999; Cronberg et al, 1999; Fastner et al, 2001). Probablemente muchas otras especies de la tabla 2 también puedan ser tóxicas, ya que

1. *Anabaena aphanizomenoides*	**24.** *Merismopedia warmingiana*
2. *Anabaena* cf. *circinalis*	**25.** *Merismopedia* sp.
3. *Anabaena flos. aquae*	**26.** *Microcystis aeruginosa*
4. *Anabaena planctonica*	**27.** *Microcystis* cf. *flos. aquae*
5. *Anabaena* cf. *sphaerica*	**28.** *Microcystis ichthyoblabe*
6. *Anabaena spiroides*	**29.** *Microcystis* cf. *smithii*
7. *Anabaena* sp.	**30.** *Microcystis wesenbergii*
8. *Anabaenopsis circularis*	**31.** *Microcystis* sp.
9. *Anabaenopsis* sp.	**32.** *Nostoc* cf. *gelatinosum*
10. *Aphanizomenon gracile*	**33.** *Oscillatoria* sp.
11. *Aphanizomenon flos. aquae*	**34.** *Phormidium* sp.
12. *Aphanizomenon* sp.	**35.** *Planktolyngbya limnetica*
13. *Aphanocapsa elachista*	**36.** *Planktolyngbya* sp.
14. *Aphanocapsa* cf. *holsatica*	**37.** *Planktothrix* cf. *agardhii*
15. *Aphanothece clatratha*	**38.** *Planktothrix* cf. *prolifica*
16. *Arthrospira* sp.	**39.** *Pseudanabaena* cf. *galeata*
17. *Chroococcus* sp.	**40.** *Pseudanabaena* cf. *tenuis*
18. *Coelosphaerium kuetzingianum*	**41.** *Pseudanabaena* sp.
19. *Coelosphaerium* sp.	**42.** *Romeria elegans*
20. *Cylindrospermopsis raciborskii*	**43.** *Romeria leopoliensis*
21. *Cylindrospermopsis* sp.	**44.** *Synechocystis aquatilis*
22. *Limnothrix* cf. *redekei*	**45.** *Woronichinia naegeliana*
23. *Limnothrix* sp.	

TABLA 2. Lista de especies encontradas

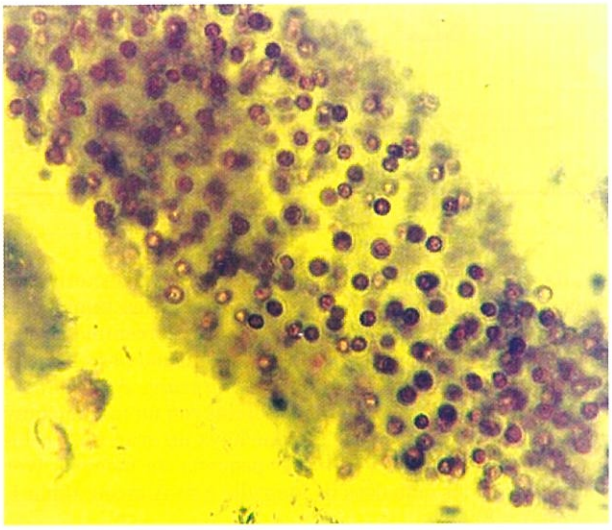

FIGURA 5. *Microcystis aeruginosa.*

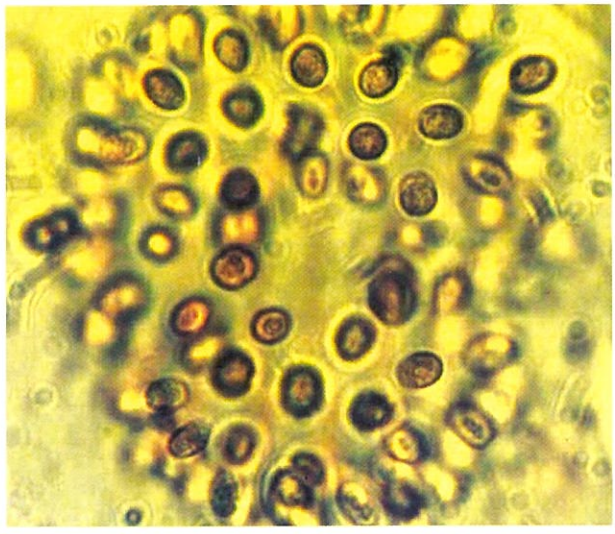

FIGURA 6. *Woronichinia naegeliana.*

actualmente con mucha frecuencia se publican trabajos en los que se encuentran casos de producción de toxinas por especies de las que hasta ahora se desconocía esa capacidad.

En la tabla 1 se observa que las cianobacterias, tanto en cantidades absolutas como en porcentajes, son en general mas abundantes en los embalses situados al W de la penín-

Embalse	Especies presentes	Especies productoras de toxinas
Ebro		
Ebro	**6**, 7, **10,** 15, 17, 25, 26, 28, **29, 45**	***Anabaena spiroides,*** *Microcystis aeruginosa, Microcystis ichthyoblabe,* ***Woronichinia naegeliana***
Mansilla	15	
Gonzalez Lacasa	7, 15	
Sobrón	15, 31	
Cereceda	33	
Urrunaga	15, 45	*Woronichinia naegeliana*
Ullivarri	15, 41	
Talarn		
Flix	1, 18, 37, 39	*Planktothrix* cf. *agardhii*
Júcar y Segura		
Alarcón	15	
Tous	7, 15, 25, 31	
Crevillente	7, 15, 18, 31	
Cenajo	7, 15, 41	
Mª Cristina	**9, 38, 41**	***Planktothrix* cf. *prolifica***
Norte		
La Granda	7, 26	*Microcystis aeruginosa*
Trasona	6, **26,** 30, 41	*Anabaena spiroides,* ***Microcystis aeruginosa,*** *Microcystis wesenbergii*
Villagudín	7, 15, 45	*Woronichinia naegeliana*
San Cosmade	45	*Woronichinia naegeliana*
Belesar	15	
Castrelo	10, 34, 40	
Duero		
Pontón Alto	45	*Woronichinia naegeliana*
Campillo de Buitrago	4, 10, 15, 24, 30	*Anabaena planctonica, Microcystis wesenbergii*
Cuerda del Pozo	**4, 6,** 10, 15, 24	***Anabaena planctonica, Anabaena spiroides***
Aguilar	6, 10, 15, 30	*Anabaena spiroides, Microcystis wesenbergii*
Valparaiso	**2,** 15, 25, 31	***Anabaena* cf. *circinalis***
Ntra. Sra. Agavanzal	15	
Ricobayo	2, 3, **12,** 31, **45**	Anabaena cf. *circinalis, Anabaena flos-aquae,* ***Woronichinia naegeliana***
Sta. Teresa	2, 10, **45**	*Anabaena* cf. *circinalis,* ***Woronichinia naegeliana***
Almendra	**30**	***Microcystis wesenbergii***
Tajo		
Santillana	12, 15, 19, 32	
Navacerrada	7, **11,** 15, 26, 45	***Aphanizomenon flos-aquae,*** *Microcystis aeruginosa Woronichinia naegeliana*
La Jarosa	5, 6, 15, 45	*Anabaena spiroides, Woronichinia naegeliana*
La Tajera	15, 37	*Planktothrix* cf. *agardhii*
Valdecañas	16, **22,** 25, **26,** 30, 33, 43	***Microcystis aeruginosa,*** *Microcystis wesenbergii*
Alcántara	**22, 29,** 30, 43	*Microcystis wesenbergii*
Guadiana		
Zafra	7, 10, 17, 18	
Valuengo	**1,** 9, **10, 20, 23**	***Cylindrospermopsis raciborskii***
Brovales	**1,** 18, **20,** 25	***Cylindrospermopsis raciborskii***
Ruecas	10, 15, 26, **31**	*Microcystis aeruginosa*
Peñarroya	41, 44	
Gasset	7, 14, 31, 41, 45	
La Cabezuela	24	
Vega de Jabalón	**1,** 8, **10,** 14, 21, **36, 37 ,41**	*Cylindrospermopsis* sp., ***Planktothrix* cf. *agardhii***
La Serena	7, 10, 25, 42, **45**	***Woronichinia naegeliana***
Guadaquivir		
Huesna	4, **6, 11, 15,** 27, 35	*Anabaena planctonica,* ***Anabaena spiroides, Aphanizomenon flos-aquae***
Sierra Boyera	1, 12, 13, 17, 18, **37, 44**	***Planktothrix* cf. *agardhii***
Guadalmellato	4, **10,** 44, 45	*Anabaena planctonica, Woronichinia naegeliana*

TABLA 3. Especies presentes y especies productoras de toxinas en cada embalse. Los números se refieren a las especies señaladas en la tabla 2. En negrita están marcadas las especies con biovolumen mayor 100 mm^3/m^3.

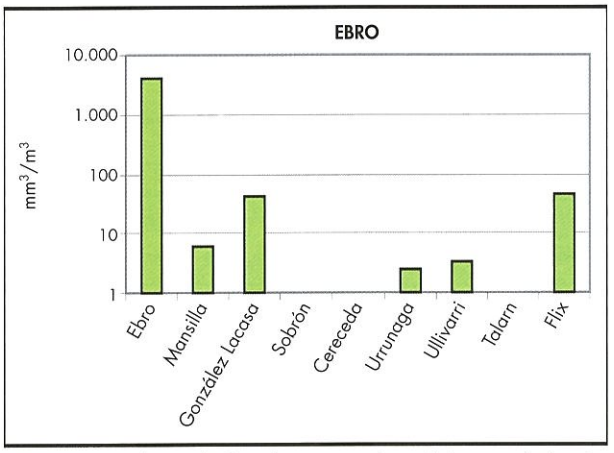

FIGURA 7. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de la cuenca del Ebro.

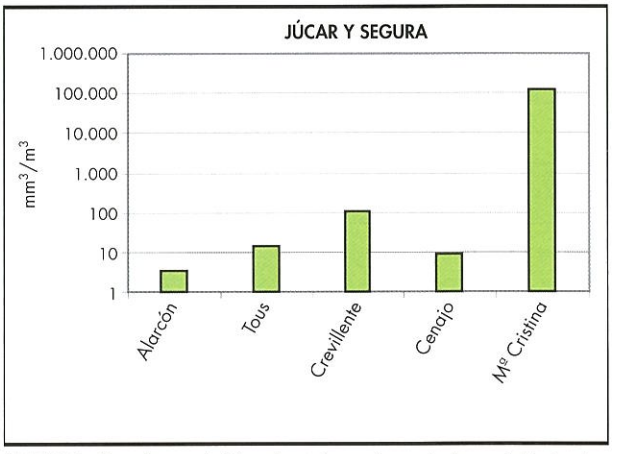

FIGURA 8. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de las cuencas del Jucar y Segura.

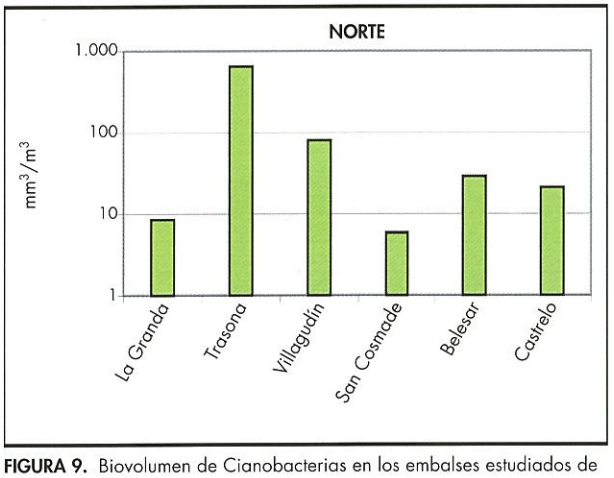

FIGURA 9. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de la cuencas del Norte.

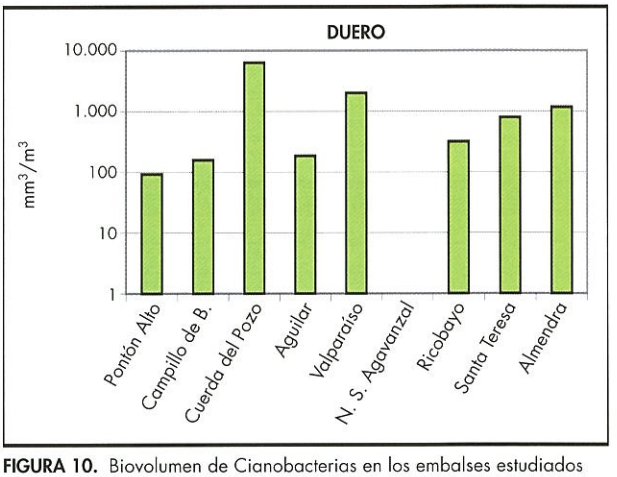

FIGURA 10. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de la cuenca del Duero.

sula (sobre rocas poco solubles) que en los situados en el E (sobre rocas más solubles). La cantidad alta de cianobacterias de la zona W se ha visto que tiene relación con el bajo cociente N:P que presentan las aguas de esta parte de la península (De Hoyos et al, en prensa). Cuando el cociente N:P es muy bajo el N puede ser el elemento limitante de la producción primaria y estas condiciones favorecen a las cianobacterias que son capaces de fijar el N_2 de la atmósfera disuelto en el agua. En la zona E el agua está más mineralizada y el P precipita con el Ca y otros elementos por lo que la relación N:P de sus agua es alta (Margalef, 1976).

En la figuras 7-13 se puede ver la cantidad (expresada en biovolumen) de cianobacterias presentes en cada uno de los 47 embalses estudiados, separados estos en cuencas hidrográficas. Los embalses de la cuenca del Duero, Tajo, Guadiana y Guadalquivir son los que tienen mayor cantidad.

En la cuenca del río Ebro solamente se han encontrado cantidades apreciables de cianobacterias (3.954 mm^3/m^3) en el embalse del Ebro, curiosamente el embalse que está situado en la cabecera del río. En el momento del muestreo (octubre 2001) había un afloramiento superficial de estas algas formado por *Microcystis* cf. *smithii y Woronichinia naegeliana* acompañadas *de Anabaena spiroides, Aphanizomenon gracile* y *Microcystis aeruginosa*. Esta situación no es nueva ya que las cianobacterias eran dominantes en el fitoplancton de este embalse tanto en el periodo de mezcla como en el de estratificación en los muestreos realizados en el mismo durante 1972-74 (Margalef et al, 1976). En el resto de los 9 embalses muestreados en esta cuenca el biovolumen total de cianobacterias no superó en ningún caso 50 mm^3/m^3 (tabla 1, figura 7).

En las cuencas de los ríos Jucar y Segura se han estudiado únicamente 5 embalses. El embalse de Mª Cristina, embalse hipereutrófico en el que en el momento del muestreo había 27,9 µg/l de clorofila y una relación N-NO_3/P total baja (6), presentaba grandes cantidades de cianobacterias (126.624 mm^3/m^3); la mayor parte de esta biomasa (122.874 mm^3/m^3) se debe a *Planktothrix* cf. *prolifica*. En el resto de los embalses las cianobacterias no fueron muy abundantes en biovolumen (figura 8). Resultados similares se obtuvieron en Margalef et al (1976) donde en ninguno de los embalses estudiados de estas cuencas se citan a las cianobacterias como grupo importante. En un trabajo posterior de la cuenca del Jucar, realizado en 15 embalses durante el periodo de estratificación de 1995, sólo el embalse de Mª Cristina (y el

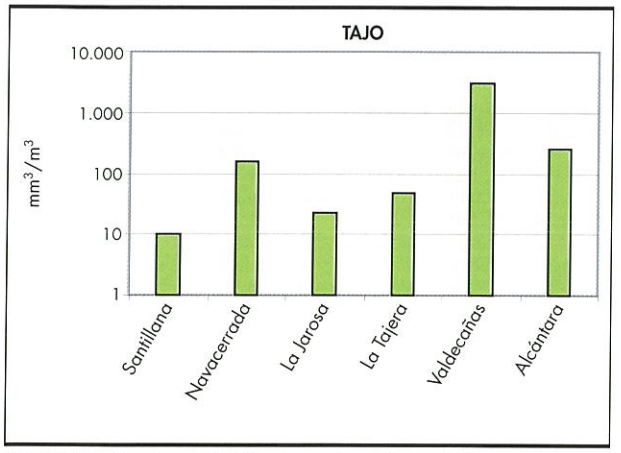

FIGURA 11. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de la cuenca del Tajo.

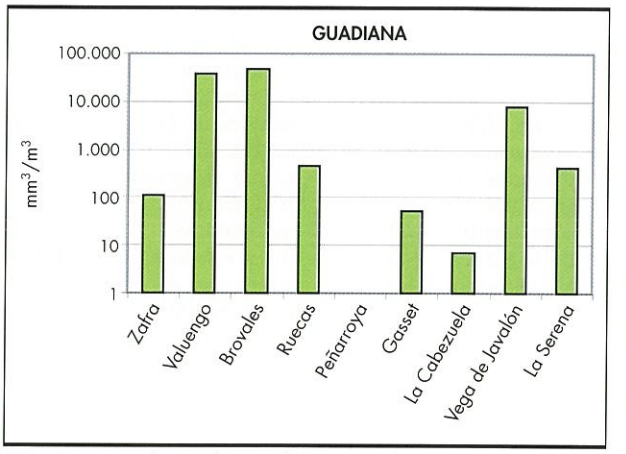

FIGURA 12. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de la cuenca del Guadiana.

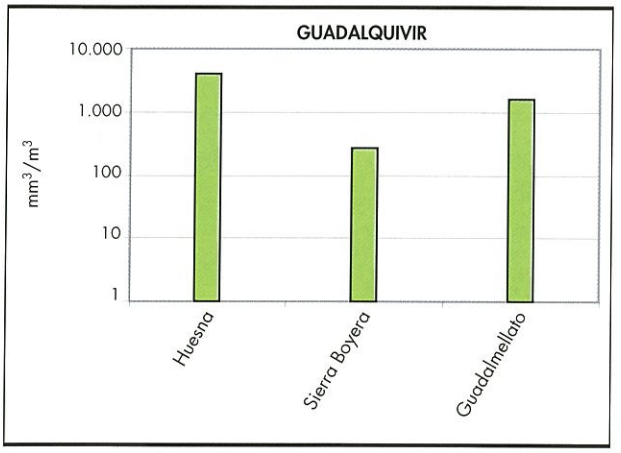

FIGURA 13. Biovolumen de Cianobacterias en los embalses estudiados de la cuenca del Guadalquivir.

de Alarcón en agosto), tenían a las cianobacterias como grupo dominante del fitoplancton; en el resto, estas algas no fueron muy importantes (Dasí et al, 1998).

De los 6 embalses localizados en las cuencas del Norte, únicamente en Trasona se han encontrado biovolúmenes altos de cianobacterias (653 mm^3/m^3) (tabla 1, figura 9). En la zona del rio Miño que limita entre España y Portugal se detectaron afloramientos de cianobacterias, especialmente de *Microcystis aeruginosa* entre 1989 y 1999 (Vasconcelos & Cerqueira, 2001). En este trabajo se han estudiado 2 embalses de la cuenca del Miño (Belesar y Castrelo), las muestras fueron recogidas en julio del 2001 y en ningúno de los embalses se encontró *Microcystis aeruginosa,* sólo *Aphanothece clathrata*, *Aphanizomenon gracile*, *Phormidium* sp y *Pseudanabaena* cf. *tenuis* y siempre en pequeñas cantidades (29,4 y 21,2 mm^3/m^3 en Belesar y Castrelo respectivamente). Margalef et al (1976) cita en los embalses de la cuenca del Miño *Aphanothece clathrata* y algunas especies de *Anabaena.*

En las zonas bajas de las cuencas de los ríos Duero y Tajo se observó un gran crecimiento de cianobacterias (Almendra: 1185 mm^3/m^3, Valdecañas: 2980 mm^3/m^3, Alcántara: 254 mm^3/m^3) (tabla 1, figura 10 y 11); son especies de *Microcystis* (fundamentalmente *M. wesenbergii* en Almendra, *M. aeruginosa* en Valdecañas y *Microcystis* cf. *smithii* en Alcántara) acompañadas de otras como *Limnothrix* cf. *redekei.*

En el río Tajo se han estudiado 4 embalses de zonas de cabecera. Navacerrada en agosto del 2000 tenía 162 mm^3/m^3 de cianobacterias (*Aphanizomenon flos-aquae* y *Microcystis aeruginosa*), los otros tres (La Tajera, La Jarosa y Santillana) presentaron cantidades muy bajas (siempre menos de 50 mm^3/m^3) (figura 11). En cambio en el río Duero hay embalses de cabecera con un alto biovolumen de cianobacterias: Cuerda del Pozo, en el mismo río Duero, tenía en la fecha de muestreo un biovolumen de este grupo de algas de 6201 mm^3/m^3 (*Anabaena planctonica* acompañada de *Anabaena spiroides* y *Aphanizomenon gracile*), Valparaiso, en el río Tera, 1941 mm^3/m^3 (*Anabaena* cf. *circinalis*) y Sta. Teresa, en el río Tormes, 783 mm^3/m^3 (*Woronichinia naegeliana*) (figura 10). El embalse de Sta. Teresa estaba ya dominado por cianobacterias croococales en 1973-75 y en Cuerda del Pozo ya aparece *Anabaena* en muestras de estratificación de estos años, aunque en cantidades mucho menores (menos de 1000 células/ml entonces y más de 30.000 células/ml ahora) (Margalef et al, 1976). En cambio en otros embalses de la cuenca del Duero como Aguilar, Ricobayo o Almendra ha aumentado la presencia de especies potencialmente peligrosas para la gestión de los mismos: de especies de *Aphanothece* hace 25 años hemos pasado a la presencia de *Aphanizomenon* en Aguilar y Ricobayo o *Microcystis* Almendra.

En el río Guadiana es donde se encontraron las mayores cantidades de cianobacterias (figura 12). Valuengo (37.925 mm^3/m^3), Brovales (46.140 mm^3/m^3) y Vega de Jabalón (7.967 mm^3/m^3) son los embalses más problemáticos. En los dos primeros la mayor parte de la biomasa está formada por *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Anabaena aphanizomenoides.* En Vega de Jabalón el fitoplancton está formado por *Planktothrix* cf. *agardhii*, *Pseudanabaena* sp, *Aphanizomenon gracile* y otras especies de nostocales en menores cantidades; estos tres embalses son los únicos de todos los estudiados en los que hemos encontrado *Cylindrospermopsis*, un género que produce neurotoxinas (Sivonen & Jones, 1999), característico de aguas tropicales y subtropicales (Reynolds, 1987), pero que se está expandiendo a zonas templadas y ya ha sido citado en algunos embalses europeos (Padisák, 1997; Couté et al, 1997). En España se ha encontrado en la Albufera de Valencia (Romo, 1991).

Otros embalses del río Guadiana como Peñarroya, Gasset y La Cabezuela tienen pequeñas cantidades de cianobacterias (menos de 50 mm^3/m^3). El resto tienen cantidades medias o medianamente altas: Zafra con 107 mm^3/m^3 de cianobacterias entre las que destacan *Coelosphaerium kuetzingianum* y *Aphanizomenon gracile*, La Serena con 437 mm^3/m^3 formados fundamentalmente por *Woronichinia naegeliana* y Ruecas donde se encontraron 468 mm^3/m^3 de cianobacterias formados principalmente por *Microcystis* sp (figura 12).

En la cuenca del río Guadalquivir sólo se han estudiado 3 embalses, todos ellos con biovolúmenes de cianobacterias mayores de 250 mm^3/m^3 (figura 13). El embalse con mayor cantidad de cianobacterias fue Huesna (3.925 mm^3/m^3) donde se encontraron especies que pueden producir toxinas (*Anabaena planctonica, A. spiroides* y *Aphanizomenon flos-aquae*), en cantidades altas. En embalses de esta cuenca muestreados en 1972-75 ya se encontraron importantes cantidades de cianobacterias, fundamentalmente del grupo de las Chroococcales (Margalef, 1976; Toja, 1984).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Manuel García Sánchez-Colomer por la ayuda prestada en la elaboración de las figuras.

BIBLIOGRAFÍA

ANAGNOSTIDIS, K. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. (Algol. Stud. 50-53), Suppl.* 80 (1-4): 327-472.

COUTÉ, A.; M. LEITAO & C. MARTIN, 1997. Première observation du genre *Cylindrospermopsis* (Cyanophyceae, Nostocales) en France. *Cryptogamie (Algol.)* 18(1): 57-70.

CRONBERG, G.; H. ANNADOTTER & L.A.LAWTON. 1999. The occurrence of toxic blue-green algae in Lake Ringsjön, southern Sweden, despite nutrient reduction and fish biomanipulation. *Hydrobiologia* 404: 123-129.

DASÍ, M. J.; M. R. MIRACLE; A. CAMACHO; J. M. SORIA & E. VICENTE. 1998. Summer phytoplankton assemblages across trophic gradients in hard-water reservoirs. *Hydrobiologia* 369/370: 27-43.

DE HOYOS, C.; A. I. NEGRO & J. J. ALDASORO. Cyanobacteria distribution and abundance in the Spanish water reservoirs during thermal stratification. *Limnetica* (en prensa).

DESIKACHARY, T. V. 1959. *Cyanophyta.* Indian Council of Agricultural Research ed. New Delhi.

FASTNER, J.; M. ERHARD & H. DÖHREN. 2001. Determination of oligopeptide diversity within a natural population of *Microcystis* spp. (Cyanobacteria) by typing single colonies by matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 5069-5076.

GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. In: *Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz* 14. Leipzig: Akad. Verlagsges.

KOMÁREK, J. 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2. Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. (Algol. Stud.* 43) *Suppl.* 73 (2): 157-226.

KOMÁREK, J. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. *Arch. Hydrobiol. (Algol. Stud. 56) Suppl.* 82: 3247-345.

KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS, 1999. *Sübwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales.* H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig & D. Mollenhauer eds. Berlin.

MARGALEF, R.; M. D. PLANAS; J. ARMENGOL; A. VIDAL; N. PRAT; A. GUISSET; J. TOJA & M. ESTRADA, 1976. *Limnología de los embalses españoles.* Dirección General de Obras Hidraúlicas. MOP. Madrid. Pub. 123.

PADISÁK, J. 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolos-zynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding highly adaptive cyanobacterial species: geographic distribution, population dynamics and autecology. *Archiv für Hydrobiologie*, Suppl. 107: 563-593.

PAERL, H. W. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). In C.D. Sandgren ed. *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton.* Cambridge University Press.

REYNOLDS, C. S. 1987. Cyanobacterial Water-Blooms. *Adv. Bot. Res.* 13: 67-142.

ROMO, S. 1991. *Estudio del fitoplancton de la Albufera de Valencia,* una laguna hipertrófica y somera, entre 1980 y 1988. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

SIVONEN, K. & G. JONES 1999. Cyanobacterial toxins. In *Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management.* 41-111. I. Chorus & J. Bartram eds.

TOJA, J. 1984. *Limnología de los embalses para el abastecimiento de aguas a Sevilla.* CEDEX. MOPU. Pub 145. Madrid.

SOURNIA, 1978. *Phytoplankton manual.* UNESCO.

VASCONCELOS, V. & M. CERQUEIRA 2001. Phytoplankton community of river Minho (International section). *Limnetica* 20 (1): 135-141.

Ingeniería Civil

Enviar a: Revista **Ingeniería Civil** (PUBLICACIONES)
Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX
c/ Alfonso XII, 3 • 28014 Madrid

Tarjeta de Suscripción

Un año **49** € con IVA incluido

CIF o DNI: Nombre:
Apellidos:
Empresa:
Calle: nº:
Población: C.P.:
Provincia: Telf.: Fecha:

Firma:

Formas de Pago

A nombre del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

☐ Cheque nominativo ☐ Giro Postal

☐ Transferencia bancaria a la c/c nº 0182-2370-45-0200200574 de BBVA (c/ Alcalá, 16 - 6ª planta • 28014 Madrid)

NOTA IMPORTANTE: Los cambios de domicilio deben ser notificados con un mes de antelación.