

VI.1 b Estudio florístico general

ANDRE ILTIS

Los primeros trabajos sobre la flora algal del lago Titicaca fueron realizados por FRENGUELLI (1939) sobre las Diatomeas de la zona litoral y por TUTIN (1940) sobre las algas colectadas durante la expedición Percy Sladen en 1937. Más tarde, diversos autores efectuaron observaciones parciales sobre la composición del plancton vegetal, particularmente THOMASSON, 1956 ; GILSON, 1964 ; UENO, 1967 ; HEGEWALD *et al.*, 1976 ; REYSSAC y DAO, 1977. En 1977, RICHERSON *et al.* dan una lista de 33 taxones con indicaciones sobre su abundancia. Posteriormente vienen los trabajos de ACOSTA y PONCE (1979) y LAZZARO (1981), seguidos de los inventarios de ILTIS (1984) quien señala 58 taxones en el lago y 69 en los lagos de la cordillera situados río arriba del Titicaca, las diatomeas no siendo tomadas en cuenta en este estudio. En 1985, THERIOT *et al.* describen una nueva diatomea céntrica de la parte peruana del Lago Mayor. En 1987, la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero publicó un inventario ilustrado de 62 especies fitoplanctónicas del lago (LIBERMAN *et MIRANDA*) así como un repertorio de 168 taxones señalados en el lago por diversos autores ; el mismo año aparece una lista de 172 taxones de CARNEY *et al.* haciendo comparaciones con la flora de cierto número de lagos tropicales y temperados. Finalmente, para la realización de este trabajo hacemos un inventario complementario al de 1984 y SERVANT-VILDARY realiza una lista de diatomeas presentes, o sea un conjunto de 259 taxones, según las muestras colectadas entre 1985 y 1989 en la parte boliviana del lago.

Composición de la flora

Para el análisis de las características de la flora, sólo tres de los inventarios existentes (FRENGUELLI, 1939 ; TUTIN, 1940 ; CARNEY *et al.*, 1987) así como los de SERVANT-VILDARY (cf. supra) y de ILTIS (en impresión) fueron tomados en cuenta debido a su relativa amplitud (cuadro 1 y fig. 1).

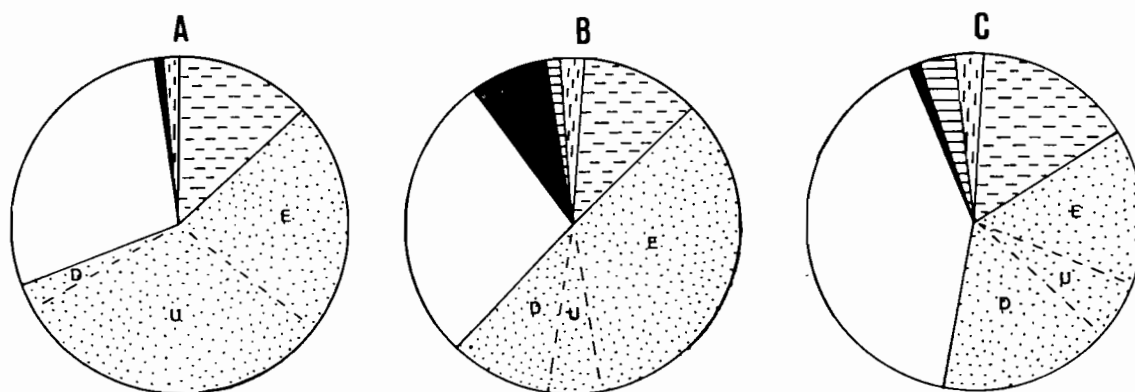


Fig. 1. - Representación gráfica de las proporciones de los diferentes grupos de algas en la flora algal del lago Titicaca. A : según FRENGUELLI (1939) y TUTIN (1940) ; B : según CARNEY *et al.* (1987) ; C : según SERVANT-VILDARY e ILTIS. Con rayas, las Cianofíceas ; con puntos, las Clorofíceas (E, Euclorofíceas ; U, Ulotricofíceas ; D, Desmidiás) ; en blanco, las Diatomofíceas ; en negro, las Pirrofítas ; con líneas horizontales, las Euglenofíceas y con rayas verticales, Xantofíceas y Crisofíceas.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 36618, ex 2

Cote : A

Lo que resalta de estos inventarios es que tres grupos constituyen alrededor del 90 % de la flora : cianofíceas, clorofíceas y diatomeas. Las euglenofitas, las pirrofitas, las xantofíceas y las crisofíceas presentan en todos los inventarios sólo un número limitado de taxones. Los porcentajes observados son relativamente homogéneos pese a la diversidad de autores, de períodos de muestreo y de lugares de colección. Las cianofíceas constituyen aproximadamente 10 a 12 % de la flora, las diatomeas 27 a 39 % y las clorofíceas 43 a 57 %. En este último grupo, se notará el fuerte porcentaje de euclorofíceas, las clorococales formando generalmente a nivel de los taxones el grupo más abundante : 48 % del conjunto de las clorofíceas para el inventario más reciente y 58 % en la lista de CARNEY *et al.* Sólo el inventario de TUTIN (1940) señala un porcentaje relativamente bajo para este grupo, las algas filamentosas (ulotricales, caetoforales, oedogoniales, zignematáceas) habiendo sido analizadas, según este autor, más detalladamente. Las desmidias representan alrededor del 10 a 20 % del conjunto de los taxones de la flora.

	FRENGUELLI, 1939 TUTIN, 1940		CARNEY, RICHESON, ELORANTA, 1987		SERVANT-VILDARY ILTIS (en impresión)	
	N taxones	%	N taxones	%	N taxones	%
Cianofíceas	17	12,5	19	11,0	26	10,0
Clorofíceas	78	57,3	86	50,0	112	43,3
- Euclorofíceas	31	22,8	60	34,9	58	22,4
- Ulotricofíceas	43	31,6	8	4,6	9	3,5
- Desmidias	4	2,9	18	10,5	45	17,4
Euglenofitas	0	0,0	2	1,2	9	3,5
Pirrofitas	1	0,8	14	8,1	7	2,7
Xanto + Crisof..	2	1,5	4	2,3	4	1,5
Diatomeas	38	27,9	47	27,4	101	39,0
	136	100	172	100	259	100

Cuadro 1. - Número de taxones y proporciones de los diferentes grupos de algas inventoriados en la flora algal del lago Titicaca.

En las diatomofíceas, la relación centrales-penales es de 0,05 en el inventario de FRENGUELLI, de 0,19 en el de CARNEY *et al.* y de 0,08 en el de SERVANT-VILDARY.

Pese a la situación geográfica intertropical del lago Titicaca, las proporciones de los taxones pantropicales o subtropicales en relación a las formas cosmopolitas son bajas ; no sobrepasan el 5 % en los inventarios efectuados, aun si cierta imprecisión subsiste por el hecho de que varias formas estériles, principalmente filamentosas, pudieron determinarse solamente a nivel del género. Sucede lo mismo para las formas americanas que representan un máximo de 4,5 % de los taxones inventoriados.

Considerándose las desmidias como buenas indicadores de la repartición geográfica, los índices empíricos propuestos por BOURRELLY (1957) presentando el porcentaje, por una parte de los taxones de *Pleurotaenium*, más las desmidias filamentosas, sobre el total de las desmidias y por otra parte de *Pleurotaenium*, más *Euastrum* más las desmidias filamentosas sobre el total de las desmidias, fueron calculados a partir de los dos últimos inventarios. Estos porcentajes se elevan a 5,5 y 11,1 % para CARNEY *et al.* y 25,5 y 31,9 % para ILTIS. Las elevadas proporciones en este último inventario se deben a la presencia de once taxones de desmidias filamentosas. El cálculo de estos índices no fue efectuado para el estudio de TUTIN (*ibid.*), habiendo señalado este autor que el análisis de las desmidias estaba incompleto.

Comparación con otras floras

Los conocimientos sobre las floras algales de los lagos u otros medios sudamericanos son aún poco extensos y difícilmente permiten evidenciar afinidades o diferencias bien netas entre ellas. CARNEY *et al.* (ibid.) utilizan un método adaptado por LEWIS (1978) para estimar las afinidades entre las floras; este método consiste en comparar las listas de taxones que intervienen más a nivel cuantitativo en las poblaciones y establecer el porcentaje de los géneros comunes entre los dos medios que comparar. De esta manera la lista genérica de las algas del Titicaca se pone en paralelo en su conjunto, luego por grupos principales con la de los 35 lagos repartidos en el mundo. De eso resulta que la flora es diferente a la de los 18 lagos tropicales (en promedio 53 % de géneros comunes) y aún más alejada a la de los 13 lagos templados tomados como ejemplo (en promedio solamente 50 % de los géneros comunes). En cambio posee afinidades más marcadas con las de los cuatro lagos de la cordillera de los Andes (en promedio 67,5 % de géneros comunes).

La comparación que efectuamos a continuación es con inventarios recientes, por una parte, de medios tropicales tales como las aguas dulces de la Amazonia boliviana (THEREZIEN, 1985, 1986a, 1986b, 1987, 1989) y, por otra parte, de lagos de montaña, ya sea peruanos situados a 3.600 m de altitud en el departamento de Cuzco (HEGEWALD *et al.*, 1980), ya sea alpinos de la Vanoise en Francia (MARTINOT *et RIVET*, 1985), ya sea bolivianos (lagos de Hichu Kkota entre 4.300 y 4.900 metros) de la Cordillera Oriental (ILTIS, 1984). Los porcentajes de los diferentes grupos de algas fueron calculados sin tomar en cuenta las diatomeas (cuadro 2 y fig. 2).

	Amazonia boliviana (Thérézien)	Lagos Perú (Hegewald <i>et al.</i>)	Lagos alpinos (Martinot y Rivet)	Lagos andinos (Ilitis)	Lago Titicaca (Carney <i>et al.</i>)	Lago Titicaca (Ilitis)
Número de taxones	642	65	199	69	125	158
Composición relativa en %						
Cianofíceas	3,1	24,6	3,5	14,3	15,2	16,4
Clorofíceas	76,0	64,6	87,4	81,4	68,8	70,9
Euclorofíceas	15,6	44,6	21,6	13,1	48,0	36,7
Ulotricofíceas	5,3	4,6	0,5	10,1	6,4	5,7
Desmidias	55,1	15,4	65,3	58,2	14,4	28,5
Pirrofitas	1,5	6,2	7,5	1,4	11,2	4,5
Euglenofitas	15,4	3,1	0,0	0,0	1,6	5,7
% Xanto. Crisof.	4,0	1,5	1,6	2,9	3,2	2,5
% de formas pantropicales						
Pleurot.+desm.filam.	6,7	0,0	0,0	0,0	2,4	4,4
Total desm.	13,3	0	3,8	7,5	5,5	26,7
Pleurot.+Euastr.+D.filam.						
Total desm.	23,4	0	12,3	12,5	11,1	31,1
% de géneros comunes con el lago Titicaca						
Cianofíceas	26,3	62,5	11,1	50,0	-	-
Clorofíceas	42,6	29,9	31,0	35,9	-	-
Total (excepto diatomeas)	36,1	36,1	24,2	33,3	-	-

Cuadro 2. - Proporciones de los diferentes grupos de algas en la flora del lago Titicaca y, por comparación, en diferentes medios recientemente estudiados. Las diatomeas no se tomaron en cuenta en este estudio.

El porcentaje de los taxones del grupo de las cianofíceas es más elevado en los lagos andinos peruanos (cerca de 25 %) y bolivianos (14 a 16 %) que en lagos alpinos de zona templada o en las aguas de la Amazonia boliviana (3 a 4 %). Las clorofitas están siempre presentes en proporciones elevadas, el grupo predominante entre éstas siendo las euclorofíceas en el lago Titicaca y en los lagos estudiados del Perú, las desmídias en los lagos de altura andinos, alpinos y en aguas calientes de la Amazonia boliviana. Las pirrofitas, euglenofitas, crisofitas y xantofíceas se encuentran en todos los casos en proporciones bajas, aunque hay que señalar que el porcentaje de pirrofitas es generalmente más fuerte en los lagos de montaña mientras que el de las euglenofitas es más elevado en las aguas tropicales a baja altura. Los taxones clasificados hasta el momento como característicos de la zona intertropical pueden alcanzar 7 % en la Amazonia boliviana y solamente un poco más de 4 % en el Titicaca y están ausentes en los lagos de montaña de los Andes y de otros lugares. Los índices de tropicalidad de BOURRELLY (1957) tienen valores muy variables : nulos en los lagos del Perú, son de 4 y 12 % en los lagos alpinos, 7,5 y 12,5 % en los lagos de altura elevada, 13 y 23 % en las planicies bolivianas, pero de 5 y 11 % (inventario 1987) y 27 y 31 % (inventario 1990) en el Titicaca. En cuanto a los porcentajes de los géneros comunes en estas diferentes flóculas con las señaladas en el último inventario algal del Titicaca, son los más elevados para los lagos de montaña peruanos y bolivianos, un poco menos fuertes para la Amazonia boliviana y bajos para los lagos alpinos de zona temperada.

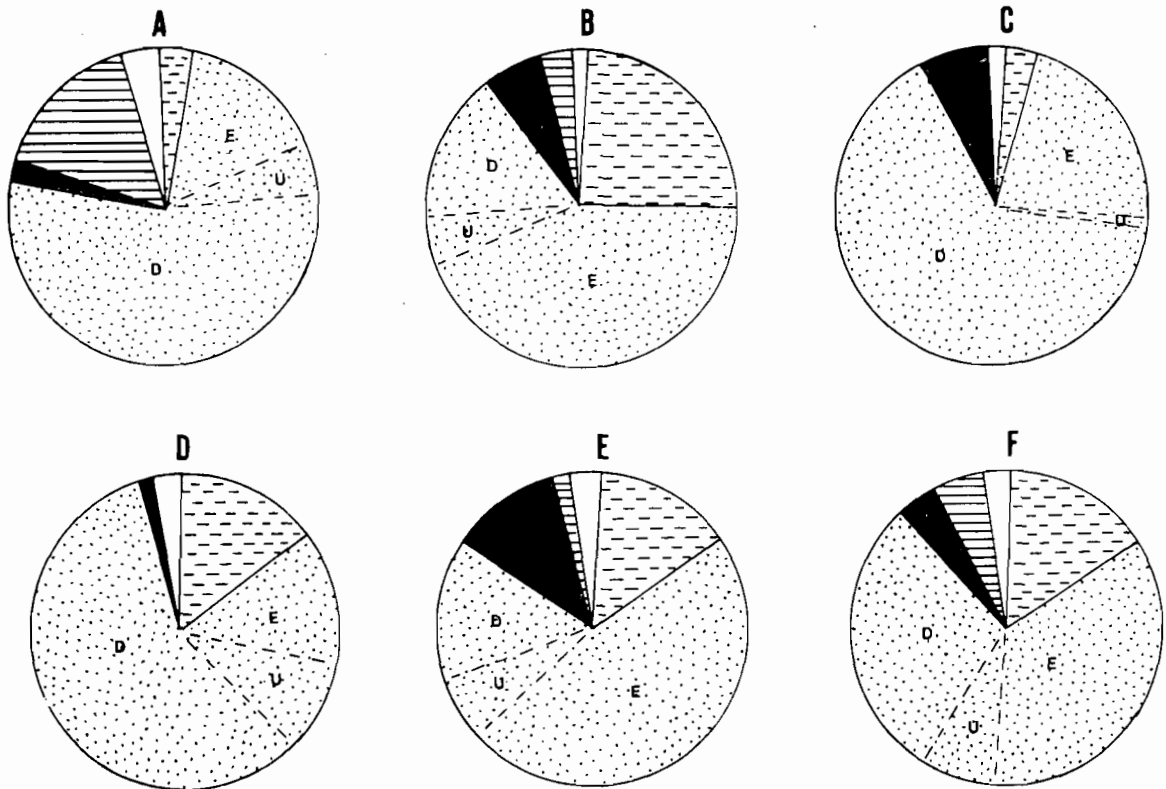


Fig. 2. - Representación gráfica de las proporciones de los diferentes grupos de algas, excepto las diatomeas, en la flora algal inventariada. A : en la Amazonia boliviana (THEREZJEN), B : en dos lagos del Perú (HEGEWALD *et al.*), C : en los lagos alpinos de la Vanoise (MARTINOT y RIVET), D : en lagos de altura de la región de La Paz (ILTIS), E y F : en el lago Titicaca (CARNEY *et al.*) (ILTIS). Con rayas, las Cianofíceas ; con puntos, las Clorofíceas (E, Euclorofíceas ; U, Ulotricofíceas ; D, Desmídias) ; en negro, las Pirrofitas ; con líneas horizontales, las Euglenofíceas ; en blanco, Xantofíceas y Crisofíceas.

Del conjunto de estos análisis, se puede apreciar que es la flora algal de los lagos peruanos situados sensiblemente a la misma altura (3.600 metros) que el Titicaca que parece tener más afinidades con la flora de este último lago. La flora de los lagos bolivianos de altura elevada se diferencia por un fuerte porcentaje de desmicias así como las de la Amazonia y de los lagos alpinos donde, además, el porcentaje de las cianofíceas es particularmente bajo.

Conclusiones

Aunque el estudio de la flora algal del Titicaca no pueda considerarse, en su estado actual, como exhaustivo, es posible resaltar algunas características mayores de los inventarios efectuados hasta la fecha.

En primer lugar hay que señalar el número relativamente limitado de los constituyentes de la flora. Aun cuando es cierto que las zonas pelágicas parecen haber sido hasta ahora más prospectadas que las orillas muy poco profundas (los totorales por ejemplo) y el dominio perifítico propiamente dicho, ninguno de los inventarios existentes sobrepasa los 260 taxones, lo que es poco para un ecosistema de esta extensión que además presenta biotopos bastante variados.

En segundo lugar, hay que observar la predominancia de las clorofitas, las clorococales siendo generalmente el orden mejor representado en las muestras. Este último carácter diferencia la flora del Titicaca, por una parte de las floras de las regiones tropicales donde las desmicias constituyen el grupo más importante, por otra parte de las flóruas de los lagos bolivianos situados en los Andes entre 4.300 y 4.900 metros (ILTIS, 1984) y de los lagos alpinos (MARTINOT y RIVET, 1985) donde aquí también las desmicias predominan.

Luego hay que apreciar el carácter cosmopolita de los elementos constitutivos de la flora algal : el porcentaje de las formas tropicales representa solamente un poco menos del 5 %. Las especies que podrían considerarse endémicas son muy bajas, solamente se han señalado : cuatro taxones de diatomeas (FRENGUELLI, 1939), siete especies descritas por TUTIN (1940) que no parecen haberse vuelto a encontrar hasta la fecha, un taxón de *Peridiniopsis* (ILTIS y COUTE, 1984) y una especie de *Cyclotella* (THERIOT *et al.*, 1985). El endorreísmo de la cuenca del Altiplano y las condiciones ecológicas particulares propias al lago Titicaca no parecen pues manifestarse en la zona algal para un endemismo marcado como es el caso para ciertos grupos animales.

Finalmente, las comparaciones efectuadas con diferentes floras inventoriadas tanto en las regiones templadas como tropicales, en altura o en planicies, nos llevan a concluir que el lago Titicaca posee una flora algal que tiene pocas similitudes con la de los lagos de planicie o de montaña de las regiones templadas, las afinidades siendo más marcadas con la flora de las zonas tropicales de Sudamérica, por ejemplo la Amazonia boliviana. CARNEY *et al.* (*Ibid.*) analizando las similitudes de los géneros encontrados en el Titicaca y en cuatro lagos del Perú y Ecuador (HEGEWALD *et al.*, 1978, 1980 ; STEINITZ-KANNAN *et al.*, 1982) sugieren la existencia posible de una región biogeográfica característica de los Andes centrales. La caracterización y la delimitación eventual de tal zona necesitaría inventarios algológicos más completos de los medios prospectados hasta el momento y un estudio detallado de las flóruas algales de los lagos andinos aún poco o no estudiados.