

## VI.1 a Las diatomeas

SIMONE SERVANT-VILDARY

Las diatomeas del lago Titicaca son conocidas hasta la fecha solamente por los trabajos de FRENGUELLI (1939), RICHERSON *et al.* (1986) y CARNEY *et al.* (1987), sobre muestras en la parte peruana del lago, y por LIBERMAN y MIRANDA (1987) en la parte boliviana.

La flora descrita aquí fue establecida a partir de recolecciones efectuadas en once estaciones de la parte boliviana del lago. Este trabajo, como aquéllos citados más arriba, dan sin embargo una imagen instantánea y limitada en el espacio de este componente de la flora. Las condiciones físico-químicas del medio presentan cierta variabilidad horaria y diaria que resulta de la altura elevada del lago, la reacción de la flora a estos cambios es muy rápida. Por eso es difícil, sin medidas y muestreos regulares en el curso del día y sobre un largo período, establecer un inventario representativo y exhaustivo del potencial florístico de este medio.

### Métodos

Las diatomeas estudiadas fueron fijadas con formol y los plastos fueron observados primeramente en material no preparado. Las muestras fueron después tratadas y lavadas con el fin de eliminar la materia orgánica para tener una mejor observación de los frústulos con el microscopio óptico.

Los días y horas de recolección están indicados en las líneas 2 y 4 del cuadro 1, para 11 estaciones localizadas en la fig. 1. Las diatomeas se extrajeron con redes para plancton en las aguas superficiales; solamente la muestra 10 es un lavado de characeas procedente de las estaciones 1 y 10. Hemos agrupado en este mismo cuadro cierto número de valores de parámetros físico-químicos medidos en el momento de las recolecciones, o calculados a partir de unas cincuenta medidas efectuadas ya sea en el lago Menor, o en el lago Mayor, en los mismos meses que las pescas (ILTIS, 1987).

### La flora de las diatomeas

Como ya lo han señalado los autores citados a comienzos de este capítulo, la flora diatómica pelágica del lago Titicaca parece poco variada. Hemos determinado 101 taxones entre los cuales solamente 38 son abundantes, lo que es muy poco para un medio de agua dulce de esta extensión. El número de especies planctónicas verdaderas es bajo, comparado con el número de especies de agua poco profunda ya que las estaciones están situadas en su mayoría cerca de las orillas, donde se desarrollan las especies bénticas, epifitas o planctónicas facultativas (cf. cuadro 2). Los géneros más variados son *Navicula*, *Nitzschia*, *Fragilaria* y *Cyclotella*, y los más abundantes son

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 36617, ex 2

Cote : A



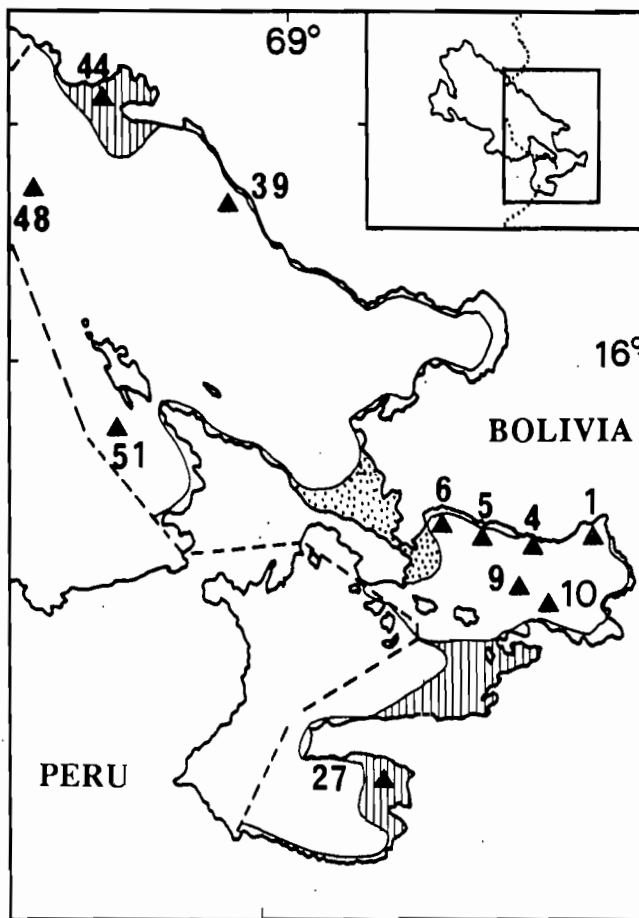


Fig. 1. - Ubicación de los puntos de muestreo en la parte boliviana del lago Titicaca.

	Lago Mayor (este)				Lago Menor (sud)	Lago Menor (norte)					Characeas
1)	48	51	39	44	27	6	5	4	9	1	10
2)	17/10/86	17/12/86	27/6/85	17/10/86	9/12/85	24/4/86	14/12/88	11/12/85	9/12/86	27/6/85	24/2/87
3a)	14-18	9-11	26-29/	14-18/	-	21-23/	-	-	9-11/	26-29/	-
3b)	10/86	12/86	6/85	10/86	-	4/86	-	12/85	12/86	6/85	-
4)	9.25	12.40	17.25	7.25	12.12	16.55	14.45	7	7.30	9	10.50
5)	140	150	80	6	3	25	40	10	6	3.5	3
6)	11.5	13	10.5	5	3	5.5	5.5	-	4.5	3.5	3
7)	12.39	11.94	11.77	12.39	-	5.63	-	4	4.45	4.66	-
8)	12.1	13.5	12.6	12.3	16.3	14.6	15.1	-	14.5	8.9	15
9)	12.8	13.7	12.6	12.8	-	14.7	-	14.1	15.3	10.7	-
10)	-	8.22	-	-	9	8.28	8.42	-	8.4	-	8.4
11)	8.31	8.48	-	8.31	-	8.40	-	8.31	8.68	-	-
12)	1500	1500	1700	1450	960	1450	1500	-	1525	1610	1400
13)	-	1501	-	1490	-	1368	-	1500	1521	-	-

Cuadro 1. - Características físico-químicas de las estaciones estudiadas.

1) Estaciones.- 2) Fechas de los muestreos y medidas de temperatura, pH, transparencia y conductividad.- 3) Fechas de las medidas que sirvieron a los cálculos de los promedios. - 3a): días, 3b): meses y años.- 4) Horas de los muestreos.- 5) Profundidad en metros de la capa de agua, en el lugar del muestreo.- 6) Transparencia en el momento del muestreo.- 7) Transparencia media.- 8) Temperatura en °C del agua superficial, en el momento del muestreo.- 9) Promedio de las temperaturas.- 10) pH del agua superficial en el momento del muestreo.- 11) pH medio.- 12) Conductividad en  $\mu\text{S cm}^{-1}$  en 25°C en el momento del muestreo.- 13) Conductividad media. (Los valores medios se obtuvieron con unas cincuenta medidas efectuadas durante los días indicados en la línea 3a).



- *Amphora pediculus* (Kutz.) Grunow

Esta especie es abundante en la estación 44 y escasa en la estación 4. A pesar de su pequeño tamaño, se puede observar fácilmente la puntuación de las estrías. La forma predominante es idéntica a la descrita por KRAMMER (1980, lám. 6, fig. 42). Formas más alargadas y más estrechas, en las cuales la puntuación de las estrías es menos gruesa, son más raras. Esta especie vive en aguas corrientes bien oxigenadas y su presencia en esta estación puede explicarse por la proximidad de la desembocadura del río Suhez. En la estación 4, algunas formas más alargadas, con poros menos gruesos, podrían pertenecer a la especie *A. inariensis* KRAMMER (1980) la señala en aguas dulces, ligeramente ácidas (pH = 6.8). Aquí se encuentra en aguas de pH elevado (8.1). Sería una especie noralpina, pero es escasa.

- *Cocconeis titicacaensis* Frenguelli

Descubierta por FRENGUELLI en el lago Titicaca, no parece haber sido señalada hasta ahora en otros lugares y sería por lo tanto una de las raras especies endémicas "americanas". FRENGUELLI la señala muy abundante cerca de Puerto Guaqui y escasa en el lago Mayor. En nuestros muestreos, aparece también muy abundante en la estación 27 cerca de Guaqui, pero está presente también en los lavados de characeas proveniente de las estaciones 1 y 10 situadas en la parte norte del lago Menor. Observamos, así como FRENGUELLI, que las formas más pequeñas son redondeadas y el número de estrías de la valva inferior es elevado (25-30 en 10  $\mu\text{m}$ ) (fig. 20). Las formas más grandes son ovaladas y el número de estrías más bajo (entre 20 y 24). El espacio hialino de la valva inferior, que está situado a media distancia entre el rafe y el borde marginal, puede prolongarse según FRENGUELLI, más allá de los poros terminales del rafe por un espacio lineal hasta los ápices. Este carácter no ha podido ser puesto en evidencia a pesar del gran número de individuos observados (fig. 21). Por el contrario, hemos notado la presencia de refuerzos, repartidos irregularmente, de los espacios interestriados que forman como costillas cortas en el interior de la hipovalva.

- *Cyclotella andina* Theriot, Carney & Richerson

Los numerosos especímenes observados, precedentes de la parte boliviana del lago Titicaca, son morfológicamente próximos de aquéllos descritos por THERIOT *et al.*, 1985. Insistiremos solamente en tres diferencias. 1) - No existe anillo de sílice (fig. 9) en la base de las costillas del lado interno (THERIOT, fig. 13). 2) - El proceso labiado está efectivamente situado en la misma costilla que un proceso reforzado, pero no tiene la misma forma; según THERIOT (fig. 14) es un tubo alargado, un poco separado del proceso reforzado, mientras que es redondeado y parece estar unido a la costilla por unas especies de "rayos" (fig. 8). 3) - El cingulum (THERIOT, fig. 11) está compuesto de varias bandas cingulares (figs. 1 a 3). Algunos individuos poseen una estructura provista de ocho pedúnculos; sólo se ve 4 en la fig. 5. Esta estructura es desconocida y no sabemos si se trata de una especialización del manto, de una modificación del cingulum, o si se trata de otra estructura que estaría situada bajo el cingulum y por consecuencia invisible la mayor parte del tiempo.

Como lo indica THERIOT *et al.* (1985), sus dimensiones son muy variables, pero en la estación 1 donde representa 100 % de la flora diatómica, las formas de tamaño grande son las más frecuentes.

- El grupo de *Cyclotella esteligeroides*. Haworth y Hurley, 1986.

El género *Cyclotella* es el género más variado y el más abundante de la flora pelágica del lago Titicaca. El grupo de los esteligeroides está particularmente bien representado en las estaciones 44 y 48.



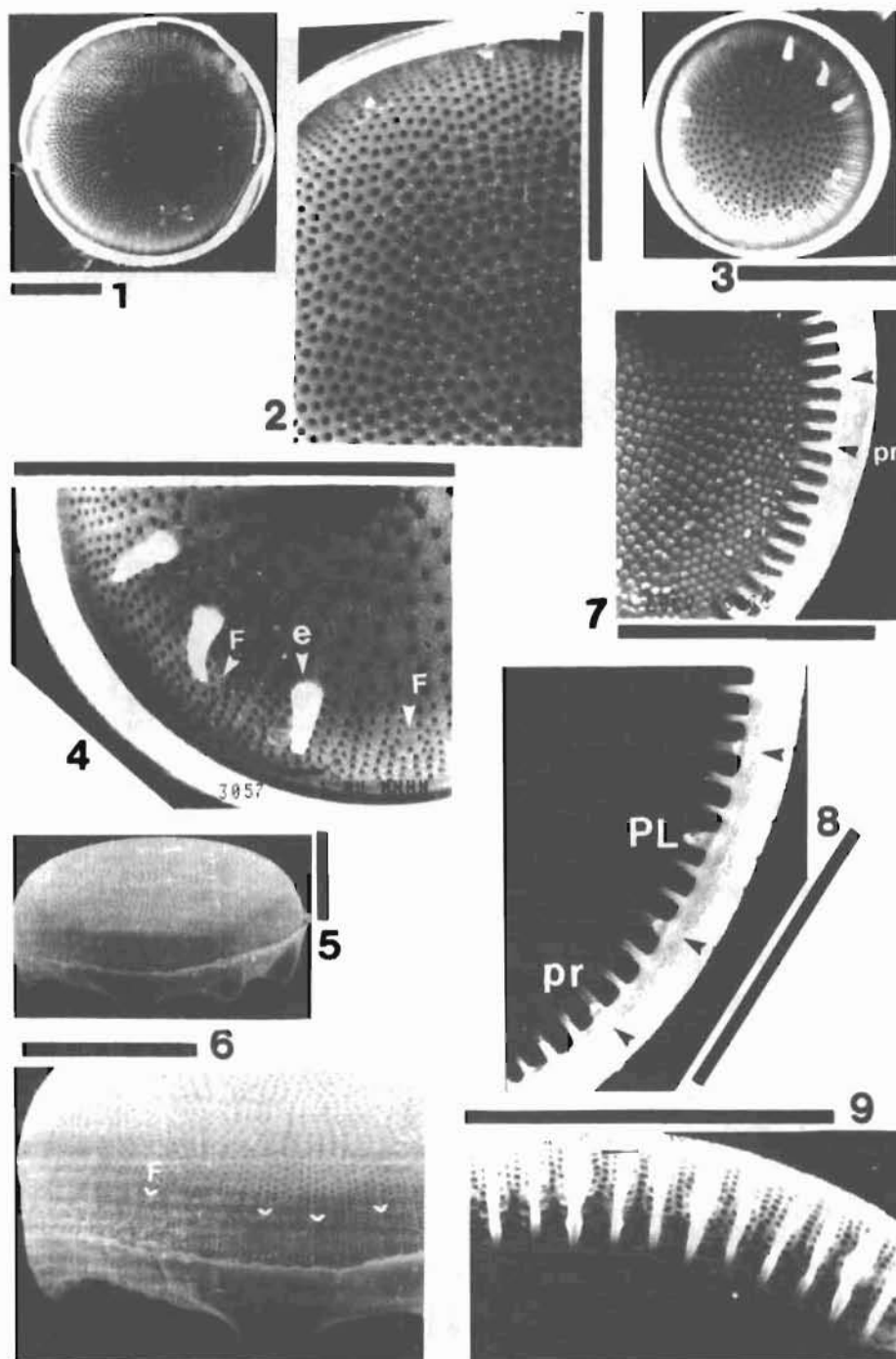


Lámina 1

Figs. 1 a 9. - *Cyclotella andina*

Figs. 1 y 2 (Estación 44). - Vista valvar externa. Diámetro  $27 \mu\text{m}$ , 15 aureolas en  $10 \mu\text{m}$ .

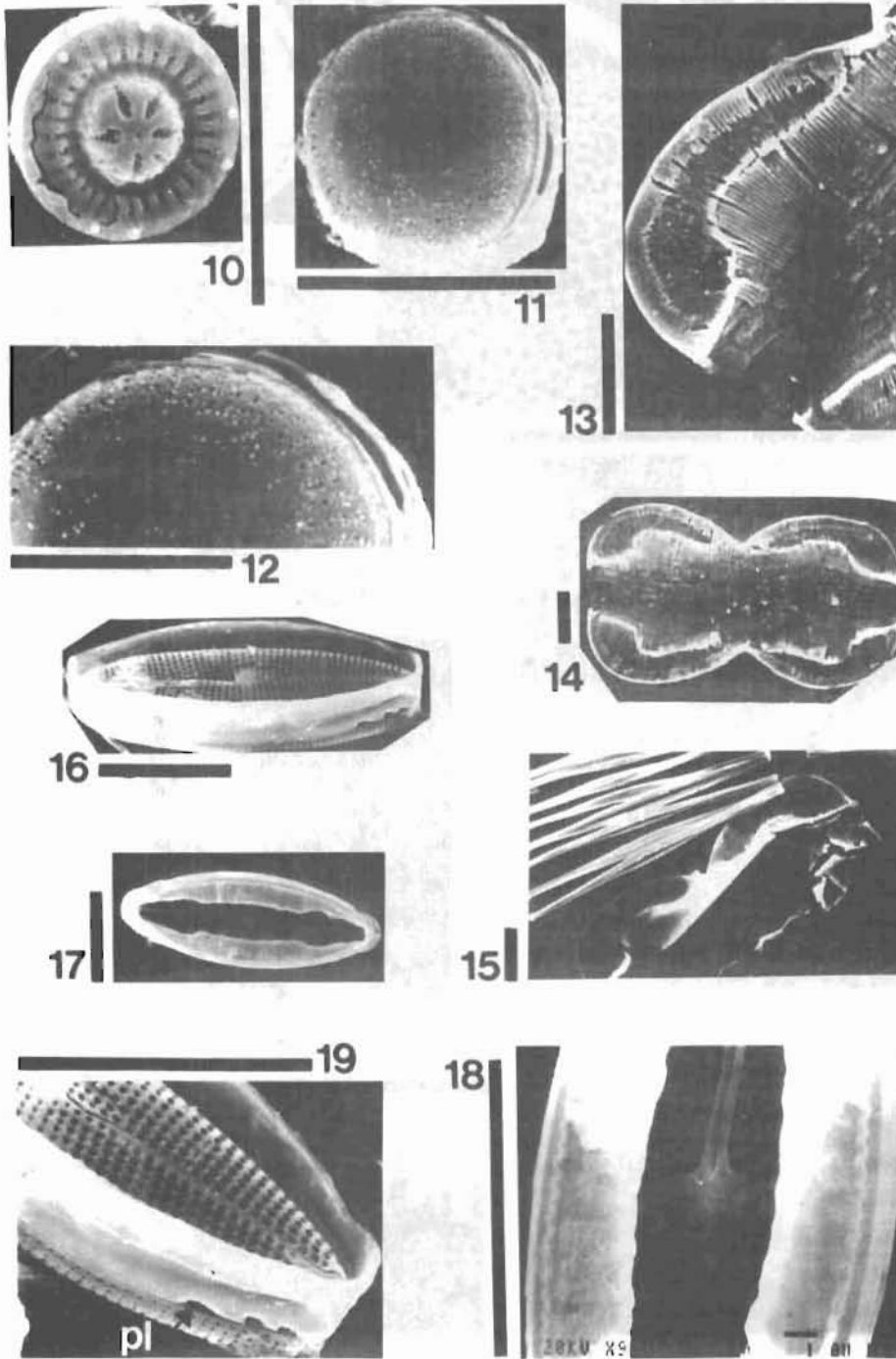
Figs. 3 y 4 (Estación 44). - Vista valvar externa. Diámetro  $15 \mu\text{m}$ , 20 aureolas en  $10 \mu\text{m}$ . f: foramen externo de los procesos reforzados marginales muy levemente sobreelevados. e: las espinas son grandes, irregularmente espaciadas.

Figs. 5 y 6 (Estación 5). - Vista latero-valvar externa. Diámetro  $33 \mu\text{m}$ . Estructura desconocida, provista en la base de 8 "pedúnculos".

Fig. 7. (Estación 1). - Vista valvar interna. Los procesos reforzados marginales (flechas) se localizan en la base de la hoja marginal interna, espaciados cada 2 ó 3 costillas; poseen 2 poros satélites. Interiormente, las aureolas están cubiertas de una hoja acribillada.

Fig. 8 (Estación 1). - El proceso labiado se sitúa justo por debajo del proceso reforzado; es de forma compleja.

Fig. 9 (Estación 1). - Bajo la hoja marginal interna erosionada, se distingue las estrías del manto, (4 ó 5 entre cada costilla) compuestas de pequeñas aureolas sin criba. Las aureolas situadas fuera de los alveolos (2 líneas) en el borde de la valva tienen la misma estructura que las aureolas grandes del lado valvar.



## Lámina 2

Fig. 10. - *Cyclotella stelligera*. (Estación 48). Diámetro  $7 \mu\text{m}$ .

Fig. 11. - *Cyclotella* sp. (Estación 44). Diámetro  $8 \mu\text{m}$ .

Figs. 13-14-15. - *Entomoneis paludosa* var. *subsalina* (Estación 5). L:  $73 \mu\text{m}$ , l en el centro  $25 \mu\text{m}$ , ancho con la carena:  $40 \mu\text{m}$ . 23 estrías y 38 aureolas en  $10 \mu\text{m}$ .

Figs. 16-17-18-19. - *Mastoglia smithii* (Estaciones 1 y 10). L:  $26 \mu\text{m}$ , l:  $8 \mu\text{m}$ , 16 estrías en  $10 \mu\text{m}$ .



2) *Fragilaria capucina* incluye : *Synedra sumpens* var. *familiaris* (L-B, fig. 50) en la estación 44. *Synedra rumpens rumpens* (L-B, figs. 61-62) en la estación 27. *Synedra vaucheriae* (L-B, figs. 121-116) y *Synedra rumpens* (L-B, fig. 42) en la estación 4.

3) *Fragilaria tabulata* incluye : *Fragilaria fonticola* (L-B, fig. 157), *Synedra tabulata* (L-B, figs. 160, 167, 168, 173) en la estación 44.

4) *Fragilaria ulna* incluye : *Synedra acus angustissima* (L-B, fig. 194) en la estación 4; *Fragilaria construens oregona* (L-B, fig. 193) en las estaciones 4 y 10.

#### - *Fragilaria capucina* Desm.

Hay que observar (figs. 24-25) la presencia de una estructura en forma de sierra que corresponde al borde interno de la valvocópula. Esta estructura recuerda aquélla descrita por KOBAYASI (1979) para *F. pseudogaillonii* (fig. 9); y es también muy parecida a la estructura encontrada en el género *Diploneis* en Charaña por SERVANT-VILDARY y BLANCO (1984), (lám. 1, fig. 9 y lám. 5, figs. 2 y 3) y por IDEI y KOBAYASI (1986), fig. 19. El espesamiento interno situado en la extremidad de la valva que se discierne sobre el espécimen central de la figura 24, podría estar asimilado a la lígula, descrita por IDEI y KOBAYASI (1968) en *Diploneis parma*. Estudios más minuciosos serían necesarios para describir esta estructura aún poco señalada en el género *Fragilaria*.

#### - *Fragilaria crotonensis* Kitton

Ningún carácter morfológico particular la distingue de las especies de otras regiones del mundo. Esta especie se presenta en cadenas largas (fig. 15). Abultado al centro en vista valvar, la conexión entre las células se efectúa sólo en este nivel (fig. 22), gracias a una adaptación morfológica de los dientes. Estos se ensanchan y toman la forma de una pala en el centro del frústulo, mientras que son pequeños, cortos y estrechos hacia las extremidades del frústulo (fig. 23) donde no representan un papel de cohesión entre los individuos.

Es extremadamente abundante en las estaciones 6 y 5 situadas al borde de la fosa de Chúa. Pudiendo vivir en zonas poco profundas, cerca de plantas acuáticas, también puede ser arrastrada a zonas de gran profundidad y flotar en la superficie de las aguas gracias a la formación de colonias.

#### - *Gomphonema* cf. *valentinica* Nik

De tamaño muy pequeño, estrecha y afilada, casi isopolar con vista valvar, esta especie presenta estrías muy gruesas. Pegada a las plantas por un tubo mucilaginoso particularmente resistente, su modo de fijación bien seguro la protege de la acción de depredadores. Su presencia en la muestra 10 indica que vive fijada a las characeas. La atribución a esta especie merecerá un estudio más detallado ya que algunos individuos no presentan el área hialina cuadrática que la caracteriza.

#### - *Mastoglia atacamae* Hustedt

Presente pero escasa en los lavados de characeas (estaciones 1 y 10), está asociada a *Mastoglia smithii* que predomina (figs. 16 a 19).

Esta especie pertenece al grupo de *M. elliptica* pero se diferencia por un número de estrías más elevado, muy oblicuas y por una diferenciación del área central más grande, caracterizada por la presencia de estrías alternativamente largas y cortas y por un número de cámaras más elevado.

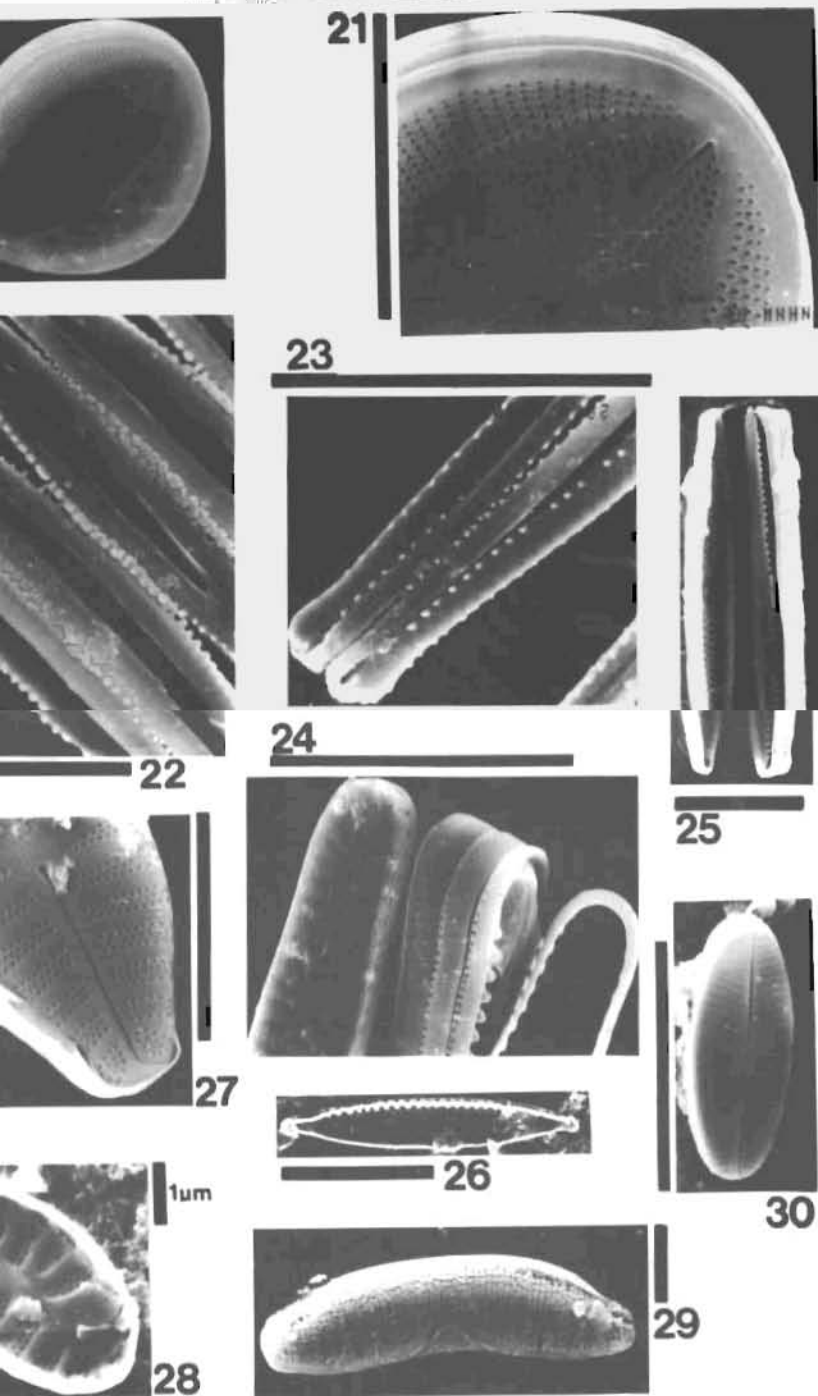


Lámina 3

- *Cocconeis titicacaensis* (Estación 27). L: 16  $\mu\text{m}$ , l: 15  $\mu\text{m}$ . 24 estrías, 20-25 poros en 10  $\mu\text{m}$ .  
 - *Fragilaria crotonensis* (Estación 5).  
 22. - Zona central: modificación de la forma y de las dimensiones de los dientes a fin de unir frústulos para formar cadenas.  
 23. - Extremidades: los dientes son cortos y estrechos.  
 - *Fragilaria capucina* (Estación 10). L: 28  $\mu\text{m}$ , l: 3.5  $\mu\text{m}$ , 16 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .  
 24. - A la izquierda vista valvar externa; a la derecha, vista lateral, con 2 pleuros, una valvocópula, y la "ligula".  
 25. - Vista interna de la valvocópula con una diferenciación interna de la valvocópula, en forma de sierra.  
 - *Fragilaria palea debilis* (Estación 44). L: 20  $\mu\text{m}$ , l: 3  $\mu\text{m}$ , 16 fibulas y 30 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .  
 - *Fragilaria delicatula* (spp. *hauckiana*). Hipovalva inferior externa (Estación 44). L: 23  $\mu\text{m}$ , l: 10  $\mu\text{m}$  en 10  $\mu\text{m}$ .  
 - *Fragilaria delicatula* (spp. *delicatula*). Epivalva interna (Estación 44). L: 5  $\mu\text{m}$ , l: 2.5  $\mu\text{m}$ , 15 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .  
 - *Epithemia zebra* (Estación 44). L: 50  $\mu\text{m}$ , l: 12  $\mu\text{m}$ , 19 estrías y 16 aureolas en 10  $\mu\text{m}$ .  
 - *Navicula subrotundata* (Estación 44). L: 10  $\mu\text{m}$ , l: 4  $\mu\text{m}$ , 30 estrías en 10  $\mu\text{m}$ .

- Figs. 20-21. - *Cocconeis titicacaensis*.  
 Figs. 22-23. - *Fragilaria crotonensis*.  
 Fig. 22. - Zona central: modificación de la forma y de las dimensiones de los dientes a fin de unir frústulos para formar cadenas.  
 Fig. 23. - Extremidades: los dientes son cortos y estrechos.  
 Figs. 24-25. - *Fragilaria capucina*.  
 Fig. 24. - A la izquierda vista valvar externa; a la derecha, vista lateral, con 2 pleuros, una valvocópula, y la "ligula".  
 Fig. 25. - Vista interna de la valvocópula con una diferenciación interna de la valvocópula, en forma de sierra.  
 Fig. 26. - *Fragilaria palea debilis*.  
 Fig. 27. - *Fragilaria palea debilis*.  
 Fig. 28. - *Fragilaria palea debilis*.  
 Fig. 29. - *Epithemia zebra*.  
 Fig. 30. - *Navicula subrotundata*.

Ha sido encontrada al estado fósil (SERVANT-VILDARY, 1984) en la formación Charaña de edad presunta Plioceno terminal, en un paleoambiente de fuerte concentración salina. HUSTEDT (1927) la describió en la formación Loa asociada a numerosas especies de medios ricos en sales disueltas. La presencia de esta especie en aguas relativamente dulces indica así que, como muchas especies del género *Mastoglia*, *M. atacamae* se adaptaría a concentraciones en sales muy diferentes.

## Conclusiones

Además de la pobreza relativa de la flora en el número de taxones presentes ya señalada más arriba, la composición de la flora diatómica del Titicaca se caracteriza por una fuerte tasa de cosmopolitismo. Con la excepción de tres taxones (*Cocconeis titicacaensis*, *Cyclotella andina*, *Mastoglia atacamae*), que pueden ser considerados hasta la fecha como endémicos, todos los otros tienen una extensa repartición geográfica. Por ahora no podemos comparar esta florula con aquella que se desarrolla en otros medios acuáticos de Bolivia; los principales estudios realizados hasta ahora sobre este grupo algal en este país han tratado sobre sedimentos superficiales o cuaternarios de turberas de montaña o de lagos salados del sur del Altiplano; estos medios que sólo tienen una fina capa de agua son más favorables a las diatomeas "Pennatae" de agua poco profunda que a las especies pelágicas. No obstante, gracias a sondeos en algunos lagos profundos de altura de la cordillera boliviana, PIERRE y WIRRMANN (1986) han mostrado que estos lagos presentaban en el cuaternario reciente una flora caracterizada por la alternancia de poblaciones de *Cyclotella stelligera* o de *Fragilaria construens* y *F. pinnata*, especies que pertenecen a los dos géneros más abundantes actualmente en el lago Titicaca.

Las observaciones parciales efectuadas en este estudio, además, evidencian una variedad bastante grande de poblaciones según su repartición espacial. Los escasos elementos disponibles sobre las condiciones del medio a la época de los muestreos como ser la química de las aguas, pH, temperatura, conductividad eléctrica no permiten interpretar las variaciones observadas particularmente con una densidad tan reducida de recolecciones. Sin embargo es posible suponer que la profundidad, la presencia o la ausencia de vegetación acuática enraizada, el nivel de la transparencia relacionado a la proximidad de la desembocadura de los afluentes están entre los elementos que más intervienen en la composición de los diferentes conjuntos diatómicos existentes.