

III.1 Una evaluación paleohidrológica de 20.000 años

DENIS WIRRMANN, JEAN-PIERRE YBERT, PHILIPPE MOURGUIART

El Altiplano boliviano es una cuenca endorreica que se extiende entre 16° y 20° de latitud sud y entre 65° y 69° de longitud oeste, con altitudes escalonadas entre 3.500 y 4.500 metros, abarcando 200.000 km² entre las cordilleras oeste y este, que culminan a 6.500 metros (fig. 1). Del norte al sur, se pueden distinguir tres zonas lacustres en esta altiplanicie :

- el lago Titicaca, a 3.809 metros sobre el nivel del mar, abarcando 8.562 km²,
- el lago Poopó, a una altitud de 3.686 metros, abarcando 2.530 km²,
- un grupo de lagos salados (Coipasa-Uyuni), abarcando 11.000 km², a una altitud de 3.653 metros.

Desde hace 1.800.000 años estas cuencas han registrado episodios de gran extensión. Según LAVENU *et al.* (1984) y SERVANT y FONTES (1978, 1984), las fluctuaciones de nivel del lago Titicaca pueden resumirse de la siguiente manera.

- A principios del Pleistoceno se establece el paleolago MATARO, a unos 140 metros sobre el nivel actual. Esta fase se relaciona con el fin de la glaciación Calvario (SERVANT, 1977), y los depósitos correspondientes se reconocen principalmente al límite N.O. de la cuenca.

- El paleolago CABANA se instala durante el Pleistoceno medio, con un nivel de agua de 90 metros sobre el del Titicaca. Los sedimentos asociados a esta fase están presentes en las orillas este y oeste de la cuenca.

- Luego, en relación con la regresión de la glaciación Sorata (SERVANT, 1977), la fase BALLIVIAN se caracteriza por un paleolago cuyo nivel se sitúa a 50 metros sobre el actual. Sus depósitos se localizan en las orillas sud y oeste de la cuenca.

- Una terraza lacustre situada a 15 metros sobre el nivel del actual lago Titicaca es atribuida al paleolago MINCHIN (Pleistoceno superior, entre 27.000 y 21.000 B.P.), según correlaciones establecidas con el Altiplano central.

- El último episodio lacustre del Pleistoceno, situado aproximadamente alrededor de los años 10.500 B.P., corresponde a la fase TAUCA, originando un paleolago ligeramente más extenso que el lago Titicaca. Según HASTENRATH y KUTZBACH (1985) y KESSLER (1985), esta fase se debería a un aumento de 50 a 30 % de las lluvias que caen en el Altiplano.

En las siguientes líneas, analizaremos las oscilaciones del nivel del lago Titicaca durante el Holoceno y la última fase del Pleistoceno superior. Se han obtenido estos resultados en el marco del programa GEOCIT (Geodinámica del Clima Intertropical) desarrollado por el ORSTOM y realizado en Bolivia, en colaboración con la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz.

Material y metodología

En relación con las variaciones batimétricas y las diferentes zonas reconocidas en los lagos Chucuito y Huiñaimarca (cap. II.1), varias muestras fueron colectadas utilizando diferentes tipos de sacatestigos (fig. 2).

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 36628, ex 2

Cote : A

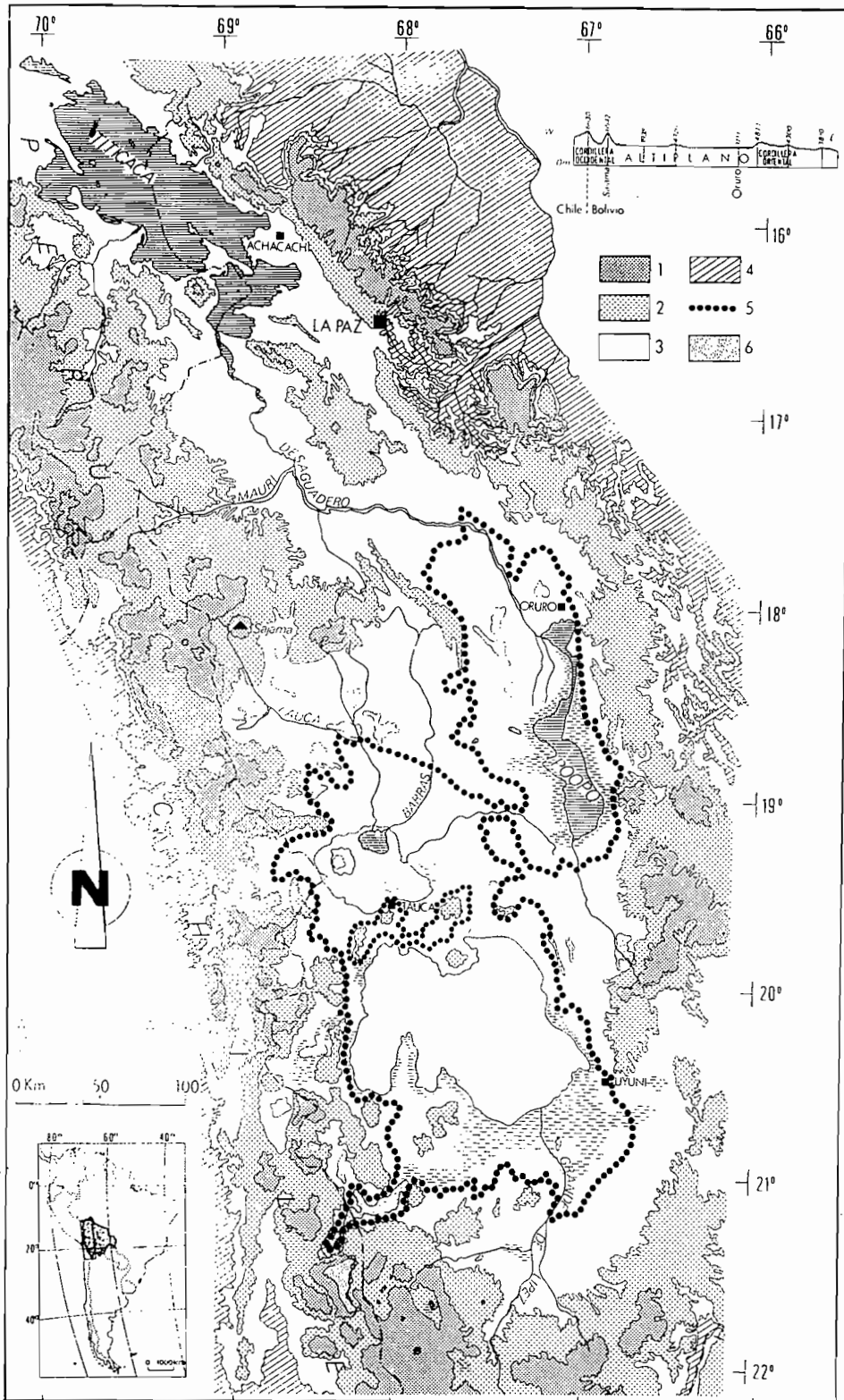


Fig. 1. - El Altiplano boliviano y la extensión de la fase lacustre TAUCA (modificado según SERVANT y FONTES, 1978) :

- | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 - sobre 4.500 m | 3 - 3.500 - 4.000 m | 5 - Extensión TAUCA |
| 2 - 4.000 - 5.000 m | 4 - debajo de 3.500 m | 6 - Lagos salados desecados |

Primeramente, diferentes transectas han sido estudiadas utilizando un sacatestigo Züllig (longitud máxima de los testigos 180 cm, con un diámetro de más de 33 mm). En función de los resultados preliminares (VARGAS, 1982 ; WIRRMANN, 1982), 17 muestras fueron luego colectadas utilizando un sacatestigo Mackereth de 6 metros (BARTON y BURDEN, 1979), con el fin de obtener un material sedimentológico que cubra un período de tiempo más largo. Posteriormente, una caracterización de la distribución actual de la fauna de Ostrácodos (véanse también cap. VI-5), así como también de los polenes de sedimentos superficiales y de la interfase agua-sedimento (YBERT, 1988 ; y en preparación) fueron obtenidos por análisis de muestras colectadas con el sacatestigo Mondsee (longitud máxima 80 cm, diámetro 60 mm). Un total de 56 testigos fueron así colectados en 1981-1983 y 1986-1988.

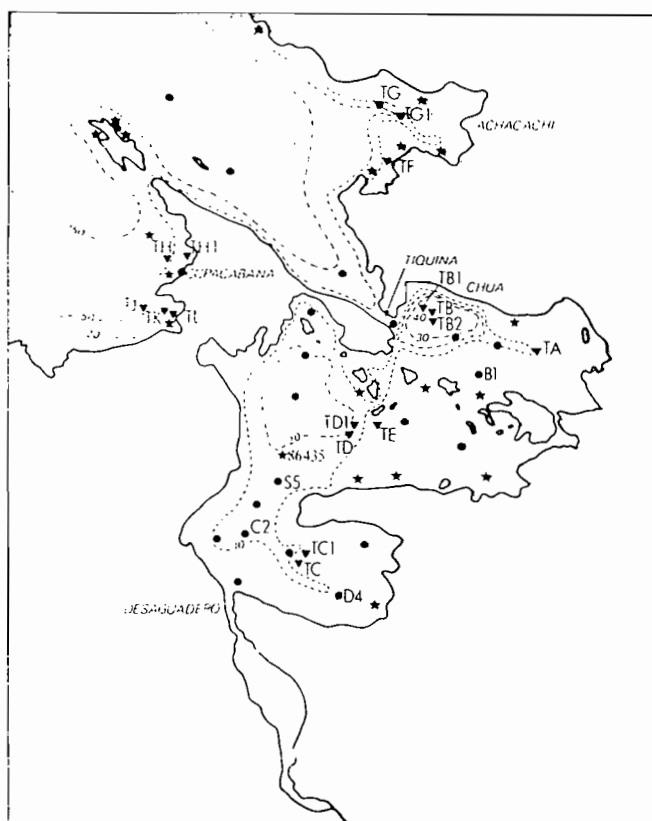


Fig. 2. - Localización de los testigos en el lago Titicaca.

Testigos obtenidos con el sacatestigo Mackereth : ▼

Testigos obtenidos con el sacatestigo Züllig : ●

Testigos obtenidos con el sacatestigo Mondsee : *

Los resultados del análisis sedimentológico se basan en una descripción litológica minuciosa de las diferentes secciones de los testigos (textura, color según las tablas de color de suelos de MUNSELL, edición 1975 ; contenidos faunísticos) y sobre una determinación cuantitativa y/o cualitativa de los principales constituyentes (geoquímica, rayos X, microgranulometría, observaciones con lupa binocular o con microscopio). Una descripción exhaustiva de las muestras estudiadas es disponible en ALMEIDA (1986), WIRRMANN (1987) y WIRRMANN *et al.* (1988).

Los datos paleontológicos relativos a las faunas de Ostrácodos son dadas en el trabajo de MOURGUILART (1987) y los datos concerniendo la distribución de los polenes en dos muestras colectadas con ayuda del sacatestigo Mackereth (TD y TD1) están detallados en YBERT (1988).

Las interpretaciones paleoambientales se efectuaron por referencia a los cambios cualitativos en las muestras de sedimentos, la composición de las faunas de Ostrácodos y de polenes, y por comparación con la distribución actual de estos elementos.

Presentamos aquí datos paleohidrológicos remontando a 20.000 años B.P., basándonos en una radiocronología obtenida por datación de la materia orgánica total, o de las valvas de Ostrácodos (método del C^{14} en espectrometría de masa acelerada), o del sedimento completo (método clásico al C^{14}).

Resultados

El análisis comparativo de los datos sedimentológicos y paleontológicos de esta cronología, con el postulado de la ausencia de perturbaciones internas de los testigos, permite proponer la interpretación gráfica de las siguientes variaciones del nivel del lago (fig. 3).

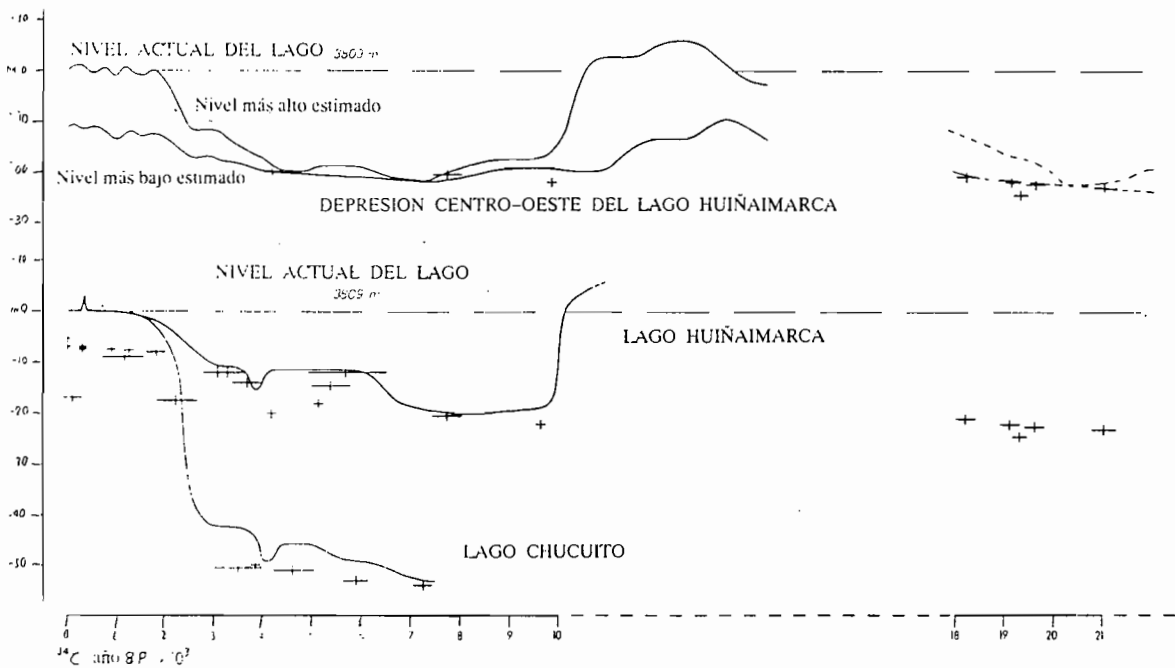


Fig. 3. - Curvas sintéticas de las fluctuaciones del nivel del lago. De la superficie al fondo :
 - Según la palinología para la depresión del centro oeste del Lago Menor ; los valores extremos empíricos del nivel del agua están marcados.
 - Según la sedimentología y las asociaciones de ostrácodos para el Lago Menor y el Lago Mayor.
 - Dataciones al C^{14} con intervalo de error : ±

El Pleistoceno Superior

Sólo el testigo TD1 permite una radiocronología parcial para este período. Las edades obtenidas se extienden en un intervalo de tiempo comprendido entre 18.000 y 21.000 años B.P. (WIRRMANN, 1991), pero la base del testigo puede corresponder muy aproximadamente a una edad estimada a 24.000 años B.P., si se considera un índice de sedimentación regular.

El contenido palinológico atestigua un nivel lacustre muy bajo comparado al nivel actual.

- Antes de 21.000 años B.P. los polenes son equivalentes a los de la zona con Isoetas de los lagos glaciales de altura del valle de Hichu Khota (ver el siguiente capítulo). Corresponden a una batimetría comprendida entre 0,4 y 4 metros.

- De 21.000 a 20.000 años B.P. aproximadamente se establece una fase de agua poco profunda (menos de 0,2 m), como lo indican las cantidades muy bajas de algas presentes.

- De 19.100 a 18.000 años B.P. aproximadamente, la profundidad del agua se estima entre 3 y 15 metros.

La evolución global de los sedimentos (i.e. depósitos muy finos con 71 a 47 % de arcilla, azoicos hasta 18.000 años B.P., conteniendo algunos granos de vivianita, greigita y pirita framboidal, desde la base del testigo hasta el tope de esta sección y con un contenido medio de carbonatos de 10 %), no permite identificar variaciones del nivel del lago durante este intervalo de tiempo. Además estos depósitos no tienen equivalentes actuales en el lago Titicaca o en los lagos glaciales. La ausencia de evaporitas durante la fase de nivel lacustre muy bajo, que significa que la efluencia por el Desaguadero no funcionaba, no se explica aún. De todas maneras es muy difícil explicar con precisión el ambiente paleobatimétrico por la sedimentología.

Entre 18.185 años B.P. y 7.700 años B.P., ninguna cronología se revela en el análisis del testigo TD1. Las características palinológicas de la sección de muestra correspondiente (solamente 54 cm de largo) atestiguan en favor de un nivel lacustre más alto que durante el período precedente, pero más bajo que el nivel actual, y luego más alto. La presencia de diatomeas de agua dulce y de medio profundo (SERVANT-VILDARY, comun. pers.) en la parte superior de esta sección confirma el nivel elevado del lago al final de esta fase. Según las correlaciones efectuadas con cuencas lacustres del Altiplano central, este período se atribuye a la fase TAUCA. Pese a la ausencia de aberraciones litológicas un hiato de sedimentación parece observarse. Sólo una cronología más detallada permitirá precisar la fecha exacta de este evento.

La base del testigo TD (porción de muestra yendo de 300 a 483 cm) corresponde al final del Pleistoceno Superior, según la edad obtenida para el nivel 291,5 - 195,5 cm. Estos sedimentos arcillosos, azoicos y no carbonatados, conteniendo pirita framboidal, son atribuidos a un nivel lacustre establecido entre 5 y 10 metros para la sección 483-420 m, luego casi similar al actual y levemente más alto desde 380 cm, de acuerdo con el estudio palinológico. El tope de esta sección de testigo puede representar la fase lacustre TAUCA que es definida con más precisión en el Altiplano central, sin estar totalmente relacionada (SERVANT y FONTES, 1978, 1984).

Los testigos TB y TB2, extraídos de la fosa de Chúa, en el Huíñaimarca, registraron este período al nivel de su litología, pero no han proporcionado resultados radiocronológicos hasta ahora. Desafortunadamente, sus condiciones específicas ambientales en el Lago Menor vuelven difícil proponer correlaciones sedimentológicas con los testigos TD y TD1. En este caso también, más dataciones al C¹⁴ serían necesarias para clarificar la cronología de la evolución paleobatimétrica.

El Holoceno

Para este período, la cronología está documentada con más precisión : 8 edades se distinguen para el Lago Mayor y 16 edades para el Lago Menor. Cinco estados principales son definidos.

- Desde hace aproximadamente 10.500 B.P. hasta 7.700 B.P.; un período de descenso lacustre se establece, sucediendo al episodio TAUCA. El lago Titicaca registra una fuerte baja de nivel, al principio de manera progresiva y luego volviéndose cada vez más intenso. Esta disminución está bien indicada en el testigo TD ; a 9.600 años B.P., el nivel de agua se establecía a cerca de 15

- De 7.250 años B.P. a 4.000 años B.P. se establece un período de nivel lacustre muy bajo, entre 10 y 45 metros por debajo del nivel actual, con el mantenimiento de cuencas individualizadas que acabamos de ver. Primeramente la concentración en sales se eleva hasta más de 40 g l^{-1} en la depresión del centro oeste del Lago Menor, si se juzga por la fauna de los Ostrácodos y por las asociaciones de diatomeas. Posteriormente, la presencia de especies de Ostrácodos oligohalinos o de agua dulce, así como los contenidos polínicos, traducen un aumento lento y progresivo del nivel de agua. Los sedimentos pertenecen al facies carbonatado, incluyendo cantidades más o menos importantes de conchas de moluscos y de restos de Characeas. En el Lago Mayor, así como en la fosa de Chúa, las aguas eran oligohalinas.

- De 4.000 años B.P. a 2.000 B.P. aproximadamente, después de una fase de disminución de nivel corta pero notable, ocurre una fase de aumento progresivo y el nivel se establece a alrededor de 10 metros debajo del actual. Se notan aportes notables de aguas enriquecidas en NA^+ y Cl^- , pero las aguas son dulces desde hace 3.600 años B.P.. La comunicación entre el Lago Mayor y el Lago Menor se restablece al final de este período.

- Después de 2.000 años B.P. y antes de 1.000 años B.P., el lago Titicaca adquiere su estado actual y el Desaguadero tiene su rol de efluente. Se notan oscilaciones de nivel de 5 a 10 metros. Alrededor de 350 años B.P., según las crónicas históricas (RAMOS GALIVAN, 1621) un leve aumento del nivel tuvo lugar. Este evento no está marcado en todas las muestras colectadas con el sacatestigos Mackereth, ya que la mayoría fueron colectados por debajo de la profundidad que permite el registro de tales fluctuaciones interanuales de nivel. Es solamente en 4 de ellos (TC, TC1, TE y TF) y en dos muestras con el sacatestigo Züllig (B1 y D4) que este evento se reconoce.