

LA ULTIMA TRANSICION GLACIAR / INTERGLACIAR DE LOS ANDES SUD TROPICALES (BOLIVIA)

J. ARGOLLO¹ y M. SERVANT²

INTRODUCCION

Estudios previos sobre el Cuaternario tardío de los Andes bolivianos (Servant y Fontes, 1978) revelaron una importante subida del nivel del Lago (fase Tauca) durante la última transición glacial/interglacial. La fase Tauca que tiene una distribución regional se extiende desde 23°S, Norte chileno (Messerli *et al.*, 1993); a 16°S en la cuenca del lago Titicaca (Wirrmann *et al.*, 1992, Ybert, 1992). Nuestro objetivo es establecer una cronología detallada para la fase Tauca. La respuesta del lago y el glaciar a cambios climáticos es discutida comparando las fluctuaciones del nivel del lago y el glaciar. Los Andes bolivianos están compuestos por las Cordilleras Occidental y Oriental, separados por una amplia cuenca endorréica (Fig. 1). En el Norte del Altiplano, relieves muy altos son ocupados por grandes glaciares, cuyas aguas drenan al Lago Titicaca y fluyen através del río Desaguadero. La parte Sur está ocupada por el lago Poopó y por los salares de Uyuni y Coipasa, alimentados por el río Desaguadero y el drenaje en el Sur del área estudiada.

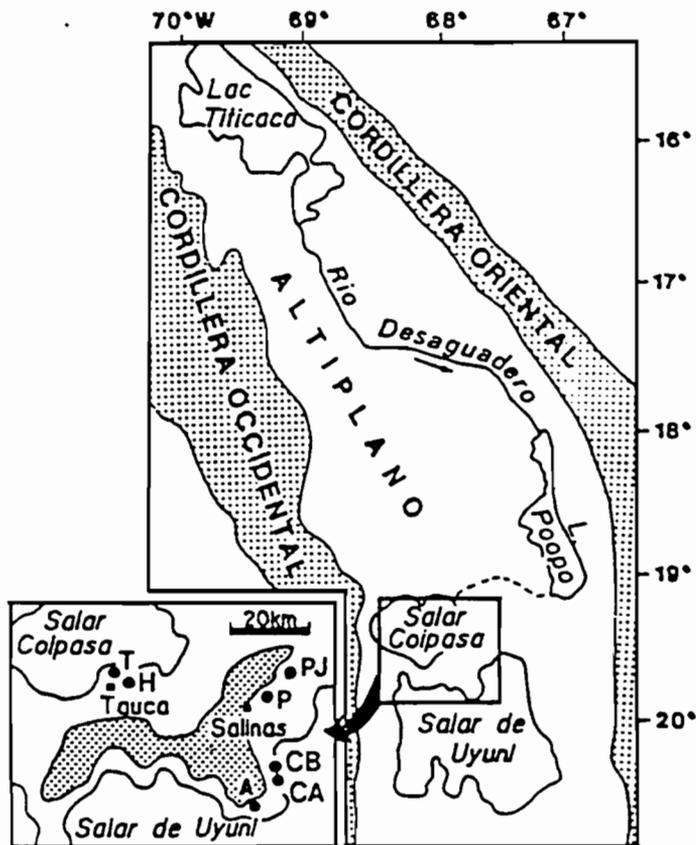


Figura 1. Localización de los sitios estudiados. PJ: Pakollo Jahuirra, T: Ticaña, CB: Chuarari Bajo, CA: Churacari Alto, A: Alianza, H: Huacuyo, P: Pisalaque.

¹ UMSA, IIG, La Paz-Bolivia.

² ORSTOM, Francia

FLUCTUACIONES LACUSTRES

Los depósitos Tauca fueron estudiados sobre afloramientos situados en el borde de las cuencas de Uyuni y Coipasa (Fig. 1). Los afloramientos PJ y T están compuestos por tres unidades sucesivas: 1) diatomitas arcillosas en la base (T), 2) arenas fluviales (F), 3) costras calcareas con biohermas de algas en el tope (C). A 3690 ± 5 m solamente aparece la unidad T: compuesta por diatomitas laminadas (T1/T2) con una flora de diatomeas de aguas de nivel poco profundo. En el tope diatomitas (T3) con diatomeas plactónicos que indican un incremento en el nivel del agua. La unidad T3 se extiende en muchos otros sitios (CA por ejemplo) cerca de 3745 m de altura. Muchas dataciones de radiocarbono (Cuadro 1) son interpretados, tomando en cuenta el contexto geológico regional, la composición isotópica y mineralógica de los carbonatos y la consistencia con la estratigrafía local. Los depósitos transgresivos Tauca fueron datados a diferentes alturas y en varios sitios. Las edades radiocarbono se hacen sucesivamente más recientes a medida que la distancia y la altura respecto del fondo de la cuenca incrementa: 15.4 ka BP a 3657 ± 3 m, 13.5 ka BP a 3690 ± 5 m, 13.0 ka BP a 3735 ± 5 m y 12.2 ka BP a 3745 ± 5 m de elevación. Estas edades indican de manera muy coherente las etapas sucesivas de la subida del nivel de las aguas, el más alto está indicado por biohermas situados a 3740-3760 m. La máxima extensión lacustre está caracterizada por sedimentos retrabajados que contienen una mezcla de diatomeas plactónicos y flora acuática superficial (restos de Characeas). Las edades radiocarbono correspondientes a este máximo lacustre están agrupados en un corto lapso de tiempo (13-11.8 ka BP). Las arenas fluviales (F) indican una descenso del nivel del agua de 100 m, hasta por lo menos 3660 m de elevación. Conchillas de gastrópodos no retrabajados en las arenas fueron datados en 11.9 ka BP. La costra calcarea con biohermas (C) contiene diatomeas de aguas superficiales que indican una moderada elevación del nivel del lago entre 11.3-10.4 ka BP. Asumimos que el lago se secó después de 10.4 ka BP ya que el lago Titicaca estaba bajo antes de 9.6 ka BP (Ybert, 1992).

FLUCTUACIONES GLACIALES

Los valles glaciales de la Cordillera oriental tienen una serie de morrenas terminales M1, M2, M3, localizadas respectivamente a 15, 9, 6, km (promedio) respecto a los glaciares actuales (Gouze *et al.*, 1986). Estas morrenas también fueron observadas en las mismas posiciones morfológicas en el Sur del Perú (Mercer in Seltzer, 1990). Las morrenas M1 representan el último período de la máxima extensión de los glaciares; los depósitos orgánicos fueron datados en 23 ka BP (Herail, 1991). En el río Kollpaña ($17^{\circ}18'S$; $65^{\circ}45'W$) existe nueva evidencia de un retroceso glacial temporal dentro del período M1. Este retroceso está datado en 18.2 a 15.5 ka BP (Servant *et al.*, en prensa). Las morrenas M2 y M3 indican dos nuevos reavances glaciares. En Bolivia no existen dataciones, pero por comparación con lo observado en el Sur de Perú estas se ubican un poco después de 13.9 y 11 ka BP. Un depósito de turba datado en 9.9 ka BP, localizado cerca de los hielos actuales indica un fuerte retroceso glacial cerca del límite Pleistoceno/Holoceno.

DISCUSION Y CONCLUSION

Los avances de los glaciares M1b, M2 y M3 corresponden probablemente a la subida del nivel del Lago (pasos I, II y III respectivamente de la Figura 2). Estos resultados comprobaron el escenario de Hastenrath y Kutzbach (1985) el cual relata que los avances glaciares y fases lacustres fueron debidos a una mayor precipitación.

		N°	Lab.	Site (fig. 2)	Altitude (m)	Matériel	$\delta^{18}\text{O/PDB}$ (‰)	Agés ^{14}C (corrigeés 1.3)	
Evénement lacustre «Coipasa» (C)	T5	42	Orsay (*)	C	-3660	(4)	-	10450 ± 160	
		92/11	OBDY 1055	PJ	-3657	(4)	-9,38	10580 ± 50	
		91/5	OBDY 927	PJ	-3657	(4)	-9,57	10760 ± 50	
		92/3	OBDY 1046	T	-3660	(4)	-10,20	10810 ± 50	
		126	Orsay	PJ	-3660	(4)	-	10830 ± 180	
		92/10	OBDY 1045	PJ	-3660	(4)	-9,65	11020 ± 60	
		92/3	OBDY 1057	T	-3660	(4)	-10,39	10960 ± 50	
		91/1	OBDY 925	PJ	-3660	(4)	-9,46	11390 ± 50	
Phase sèche (F)		T4	93/17	OBDY1290	T	-3657	(1)	-	11980 ± 50
Phase lacustre «Tauca» (T)	T3	230	Orsay(*)	H	-3695	(1)	-	11730 ± 350	
		92/8	OBDY 1035	CB	-3690	(2)	-12,16	11860 ± 60	
		92/8	OBDY 1025	CB	-3690	(1)	-11,53	12880 ± 70	
		91/13	OBDY 911	H	-3700	(1)	-11,82	11920 ± 40	
		91/13	OBDY 914	H	-3700	(2)	-12,57	12090 ± 40	
		876	OBDY 364	A	-3745	(1)	-10,65	12100 ± 370	
		86/113	OBDY 257	H	-3720	(1)	-10,85	12210 ± 270	
		876	OBDY 997	A	-3745	(2)	-11,99	12870 ± 50	
		92/2	OBDY 1049	H	-3740	(3)	-11,31	12290 ± 50	
		93/22	OBDY 1214	M	-3745	(3)	-	12270 ± 50	
		91/7	OBDY 919	CB	-3690	(1)	-10,96	12380 ± 50	
		91/7	OBDY 916	CB	-3690	(2)	-11,91	12990 ± 40	
		91/14	OBDY 918	H	-3690	(1)	-10,48	12390 ± 50	
		90/13	OBDY 700	CB	-3690	(2)	-11,82	12490 ± 80	
		90/13	OBDY 681	CB	-3690	(1)	-11,39	12830 ± 80	
		91/10	OBDY 929	CA	-3735	(2)	-11,75	12560 ± 160	
		91/10	OBDY 923	CA	-3735	(1)	-11,01	12930 ± 50	
	40	Orsay(*)	C	-3720	(1)	-	12790 ± 120		
	91/9	OBDY 926	CA	-3735	(1)	-10,63	13030 ± 80		
		T2	92/9	OBDY 1007	P	-3690	(2)	-11,56	13620 ± 60
	T1	91/6	OBDY 879	CB	-3690	(2)	-11,26	13530 ± 50	
		91/4/B	Beta 73088	PJ	-3657	(5)	-	15430 ± 80	

CUADRO 1. DATACIONES POR RADIOCARBONO SOBRE CARBONATOS

El retroceso glaciario a 18.2 ka BP coincide con los niveles de aguas bajas en el Lago Titicaca. La tendencia general del retroceso glaciario en los Andes Sur Tropicales está en relación con el incremento de la temperatura global después del último máximo glaciario global. Además, el reavance glaciario a 15 ka BP y el retroceso glaciario a 14,5 ka BP son sincrónicos con eventos comparables observados en latitudes altas en el Norte (36-48°N) y en el Sur (40°S) del continente americano (Broecker y Denton, 1989). Sin embargo, las fluctuaciones glaciales en Bolivia han sido complicadas por precipitaciones, en particular el retroceso glaciario a 18 ka BP durante el último máximo glaciario global y los reavances glaciales durante el último tardiglaciario temprano. El pequeño reavance glaciario que culmina después de 11 ka BP (MS) asociado además a una fase lacustre positiva puede ser correlacionado con el Dryas reciente.

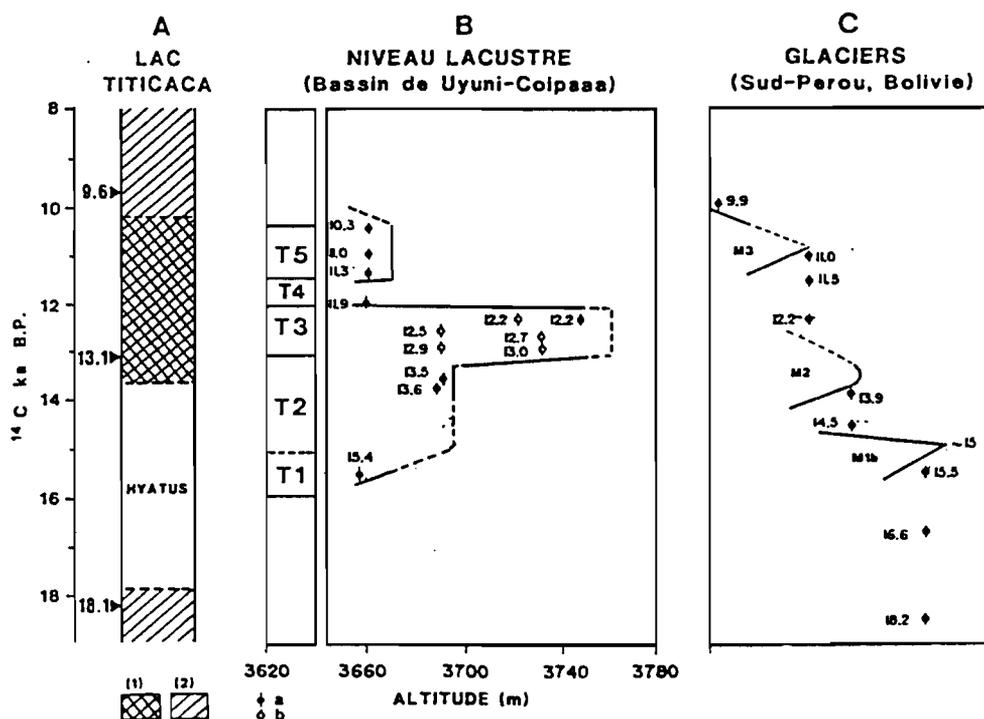


Figura 2. Comparación entre : A) las grandes etapas de la evolución del lago Titicaca, B) las variaciones de los niveles lacustres en la cuenca de Uyuni - Coipasa, y, C) las fluctuaciones glaciares del Sur del Perú y de Bolivia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BROECKER, W. S. and DENTON, G.H., 1989. The role of ocean atmosphere reorganizations in glacial cycles, *Geochim. Cosmoch. Acta*, 53, p. 2465-2501.
- GOUZE, Ph., ARGOLLO, J., SALIEGE, J.P. et SERVANT, M., 1986. Interprétation paléoclimatique des oscillations des glaciers au cours des 20 derniers millénaires dans les régions tropicales; exemple des Andes boliviennes, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 303, série II, p. 249-256.
- HASTENRATH, S and KUTZBACH, J.F., 1985. Late Pleistocene Climate and water budget of the South American Altiplano, *Quaternary Research*, 24, p. 219-256.
- HERAIL, G., FORNARI, M., VISCARRA, G., RUIZ, J.A. POZO, L. et DUMONT, J.F. 1991. Les placers d'or de Bolivie: milieux de formation et structure géologique, *Actes Symp. Intern. Gisements Alluviaux d'Or*, La Paz, 3-5 juin 1991, Colloques et Séminaires, ORSTOM, p. 115-143.

- MESSERLI, J.B., GROSJEAN, M., BONANI, G. BURGI, A., GEYH, M.A., GRAF, K., RAMSEYER, K., ROMERO, H., SCHRTERER, U., SCHREIR, H. and VUILLE, M., 1993. Climate change and natural resource dynamics of the Atacama Altiplano during the last 18,000 years: a preliminary syntesis, *Mountain Research and development*, 13 (2), p. 117-127.
- MOURGUIART, Ph., WIRRMANN, D., FOURNIER, M. et SERVANT, M. 1992. Reconstruction quantitative des niveaux du petit lac Titicaca au cours de l'Holocene, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 315, série II, p. 875-880.
- SELTZER, G.O., 1990. Recent glacial history and paleoclimate of the Peruvian-Bolivian Andes, *Quaternary Science reviews*, 9, p. 137-152.
- SERVANT, M. et FONTES, J.Ch., 1978. Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes: premières interprétations paléoclimatiques, *Cahiers ORSTOM, série Géologie*, 10,p. 5-23.
- WIRRMANN, D., YBERT, J.P. and MOURGUIART, Ph., 1992. A 20,000 years paleohydrological record from Lake Titicaca. In: *The Lake Titicaca. A Synthesis of Limnological Knowledge*, DEJOUX, C. & ILTIS,A. (eds.), Kluwer Acad. Publishers, p. 40-48
- YBERT, J.P., 1992. Ancient lakes enveronments as deduced from pollen analysis, lake Titicaca. In: *The Lake Titicaca. A Synthesis of Limnological Knowledge*, DEJOUX, C. & ILTIS,A. (eds.), Kluwer Acad. Publishers, p. 49-62.