

N

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DEL CUATERNARIO DEL ALTIPLANO BOLIVIANO  
ANALISIS PALINOLOGICO DEL CORTE HOLOCENO DEL RIO CHIARJAHUIRA

Jean-Pierre YBERT  
Mission O.R.S.T.O.M.  
Casilla 8714  
LA PAZ - BOLIVIA

7/2

bis

1

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 29 815

Cote : B

EX 1

## RESUMEN

El estudio palinológico del corte del Río Chiarjahuira, ubicado en el Altiplano boliviano, ha permitido poner en evidencia un clima seco y frío durante el principio del período Holoceno ( $\pm 10.000$  a 8.000 años B.P.). La interpretación climática esta basada esencialmente sobre la presencia de un conjunto de esporas y de pólenes de las plantas que se encuentran actualmente en las zonas de tundra a una altura comprendida entre 4.250 y 5.200 m. El género *Isoetes* para el cual la espora es muy característica, se muestra como un buen indicador ecológico para la región andina boliviana, por el hecho de tener su rango de altitud reducido.

## ABSTRACT

The palinological study of the geological section of the Chiarjahuira river located in the bolivian altiplano, has permitted to put in evidence a cold and dry climate during the beginning of the holocen period ( $\pm 10.000$  to 8.000 years B.P.). The climatic interpretation is based essentially over the presence of a group of spores and polens of plants which at the present are found in the tundra zones at an altitude between 4.250 m and 5.200 m. The *Isoetes* genus for which the spores are characteristic, shows as a good ecological indicator for the bolivian andean region for the fact that they have a reduced altitudinal range.

## INTRODUCCION

El Cuaternario del Altiplano boliviano y de los piedemontes andinos, ha sido el objeto de diversos estudios entre los cuales los más recientes han sido realizados por el Instituto de Geodinámica y Limnología de la Universidad de La Paz, con la participación de geólogos de la Misión O.R.S.T.O.M. Los únicos trabajos de palinología

efectuados sobre esas formaciones, son los de K. Graf (1975-1979), estos se han hecho sobre cortes o sondeos ubicados, en su mayor parte, a una altura superior a 4.000 m. El estudio presentado aquí es una contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario de Bolivia. Estará seguido de otros estudios que permitan un mejor conocimiento de las condiciones climáticas que han existido durante el curso de esta era.

Antes de presentar este trabajo, queremos agradecer a M. Servant quien descubrió este corte y colaboró a sacar las muestras; a J.C. Fontes quien ha efectuado la datación radiométrica y al Profesor Th. Van der Hammen quien aceptó tratar las muestras en su laboratorio.

#### SITUACION GEOGRAFICA

El corte del Río Chiarjahuira está situado al N-E de La Paz, en el Altiplano boliviano a una altura de 3.980 m, con coordenadas geográficas  $16^{\circ}27'20''$  de latitud Sur y  $68^{\circ}16'60''$  de longitud Oeste.

Desde un punto de vista ecológico este corte está situado en la región subtropical, Piso Montano (O. Unzueta, 1975). La temperatura media anual es de alrededor de  $9^{\circ}\text{C}$  y las precipitaciones de 550 mm.

La vegetación es del tipo Puna moderadamente húmeda (K. Graf, 1979), esta constituida principalmente de gramíneas y de compuestas. Entre estas últimas, los géneros más representados son : *Hypochoeris*, *Perezia*, *Aster*, *Baccharis*, *Gnaphalium*, *Senecio*, *Tagetes*.

Las otras familias de plantas, las más importantes son : las *Ophioglossaceae* con el género *Ophioglossum*, las *Ephedraceae* con *Ephedra*, las *Amaryllidaceae*, *Cactaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Cyperaceae*, *Gentianaceae*, *Geraniaceae*, *Iridaceae*, *Papilionaceae*, *Oxalidaceae*, *Plantaginaceae*, *Rosaceae* con *Polylepis* y *Tetraglochim*, *Scrophulariaceae*, *Umbelliferae* con *Azorella*, *Valerianaceae* y *Verbenaceae*.

Todas estas familias son moderadamente representadas, siendo las gramíneas fuertemente dominantes.

## COMPOSICION LITOLOGICA

La parte del corte estudiado representa un espesor de sedimentos de 3,25 m, de aquí hemos sacado 21 muestras repartidas de forma muy irregular en función de la litología.

Este corte descansa en un lecho de gravas de espesor desconocido, estando constituido esencialmente de arcillas más o menos turbosas y de limos y arcillas limosas que encierran a menudo restos de vegetales. Se encuentra recubierto por gravas y por arenas lenticulares (ver cortes litológicos, diagramas A y C).

Una datación por el método  $^{14}\text{C}$  efectuada sobre la muestra nº 2 (en la base del corte) a dado una edad de  $9.820 \pm 120$  años B.P.).

Las muestras han sido tratadas en el laboratorio de palinología de la Universidad de Amsterdam.

## INTERPRETACION DEL ANALISIS PALINOLOGICO

El rasgo más característico del espectro esporopolínico del corte del río Chiarjahuirá es la dominancia de las gramíneas (diagramas A y C) que en los niveles 2-3 y 6 a 21, presentan porcentajes comprendidos entre 60 y 92. Si a estas gramíneas asociamos las compuestas que, también, caracterizan más especialmente un clima regional seco, esta entidad (diagrama B) es dominante sobre todo el corte, a excepción del nivel 4 donde las esporas del tipo *Ophioglossum* representan cerca del 60% del contenido palinológico.

Las esporas de Pteridofitas (diagrama A) tienen un porcentaje que varía entre 1.5 y 10 en todo el corte, con un pico a 20% en el nivel 1 y a 13% en el nivel 19 debido esencialmente al género *Isoetes* y un pico a 60% en el nivel 4 correspondiente al tipo *Ophioglossum*.

La presencia constante de estas esporas indica un medio local húmedo permanente, lo que está confirmado por la presencia del conjunto *Plantaginaceae*, *Juncaceae* en todo el corte. La ausencia de *Isoetes* en los niveles 4 y 18 puede indicar una desecación parcial del medio, debido a que esta planta vive en los charcos permanentes y a orillas de lagunas. Las *Juncaceae* al contrario forman colchones por encima

del plano de agua y pueden desarrollarse cuando hay desecación parcial de los charcos.

Un grupo de ocho taxones han sido reunidos en el diagrama B bajo el término de "clima frío" en razón de su zona de vida actual, situada a una altura sensiblemente más elevada que el corte estudiado.

Se trata de :

- ISOETES : Esta pteridofita acuática es citada por K. Graf (1979) en el nivel subnival, es decir entre 4.500 y 5.300 m de altura. En su estudio sobre las macrofitas de algunos lagos andinos, D. Collot (1980) los ha encontrado entre 4.250 y 4.700 m de altura, pero en los charcos puede subir hasta 5.000 m. A. Raynal-Roques (1979) confirma este rango de altitud para esta planta que se encuentra en los charcos permanentes y a orillas de lagunas, bajo un espesor de agua comprendida entre 2 cm y 3.50 m.
- JUNCACEAE : Representada principalmente por el género *Distichia*, esta familia es abundante sobre todo en la zona de Puna húmeda y en el nivel subnival (K. Graf, 1979). O. Unzueta (1975) la cita en los niveles subalpinos y alpinos es decir entre 4.150 y 5.200 m.
- PLANTAGO SP : Este género es citado por O. Unzueta (1975) en medio de tundra húmeda en los niveles subalpino y alpino. entre 4.150 y 4.650 m. Para la ladera Oeste de la Cordillera Oriental, K. Graf (1979) lo cita entre 3.800 y 5.200 m.
- EPHEDRA : Esta Gymnosperma crece actualmente en las zonas de estepa y de tundra seca, expuesta al viento, entre 3.800 y 4.500 m, según Unzueta (1975).
- CHENOPODIACEAE : Esta familia es citada por O. Unzueta (1975) en la zona de tundra seca subalpina, entre 4.000 y 4.500 m. K. Graf (1979) la cita entre 3.800 y 4.500 m en la zona de Puna moderadamente húmeda. Los géneros principales son : *Chenopodium* y *Salicornia*.

- CARYOPHYLLACEAE**: Esta familia es representada principalmente por el género *Pycnophyllum*, el cual se encuentra actualmente en el nivel subnival, según K. Graf (1979), en los niveles subalpino y alpino, según O. Unzueta (1975), es decir entre 4.000 y 5.200 m.
- MALVACEAE** : El género *Nototriche* es el único representante de esta familia en la región del Altiplano, es citado en medio de tundra húmeda en el nivel alpino por O. Unzueta (1975), en el nivel subnival por K. Graf (1979), es decir entre 4.500 y 5.200 m.
- UMBELLIFERAE** : Muy poco abundantes, son representadas esencialmente por el género *Azorella* que se encuentra entre 3.700 y 4.500 m (K. Graf, 1979) por las formas terrestres, y los géneros *Lilaeopsis* y *Hydrocotyle* por las formas acuáticas.

En el diagrama B hemos agrupado bajo el término "Alóctonos", los géneros *Podocarpus* y *Alnus*. Estos dos géneros se encuentran actualmente en los valles tropicales húmedos (Yungas), entre 2.800 y 3.500 m. Su polen es fácilmente transportado por el viento y su presencia en proporción siempre inferior al 1% indica solamente el paso sobre el Altiplano de masas de aire húmedo de la ladera amazónica de la Cordillera.

En el grupo "Diversos" (diagrama B), han sido reunidos todos los taxones cuya presencia es irregular o cuya determinación ha sido efectuada a un nivel insuficiente para que tenga algún significado ecológico. Este grupo comprende a las *Cruciferae*, *Valerianaceae*, *Geraniaceae*, *Rosaceae*, *Gentianaceae*, *Crassulaceae*, *Papilionaceae*, *Cyperaceae*, *Myrica*, *Mimulus*, *Myriophyllum*, *Dicotiledóneas* y *Monocotiledóneas* indeterminados.

#### CONCLUSION

La asociación esporopolínica encontrada a lo largo del corte, principalmente a partir de la muestra nº 6 es característica de un clima seco, por la abundancia de las gramíneas. La importancia de los taxones de climá frío, principalmente *Isoetes* y *Juncaceae*, indican un clima equivalente al que se encuentra actualmente a una altura aproximadamente de 500 a 800 m más elevado, lo que corresponde a una tempe-

ratura media anual comprendida entre 3° y 6°, es decir una disminución de 3° a 6°, con relación a la temperatura actual al nivel del corte.

El estudio de las diatomeas realizado por S. Servant-Vildary (comunicación oral) en las mismas muestras permite llegar a resultados equivalentes. S. Servant-Vildary (1978) indica un clima relativamente frío por los depósitos de aluviones limosos del Holoceno antiguo del Altiplano.

La parte inferior del corte presenta variaciones relativamente importantes, entre otras cosas en la curva de gramíneas, las dicoledóneas son más importantes y los pólenes aloctonos más frecuentes. Estas variaciones podrían corresponder al final de la fase lacustre Tauca que se sitúa hacia 10.000 años B.P. (M. Servant et J.C. Fontes, 1978). La presencia casi constante de pólenes de *Podocarpus* y *Alnus* indicarían el paso frecuente de masas de aire tropical por encima de la Cordillera Oriental.

El depósito de turbas y el complejo polínico correspondiente (*Isoetes*, *Juncaceae*, *Plantago*...) siguiendo a un depósito de gravas, indica un cambio en las condiciones de desagüe de las aguas superficiales. Las precipitaciones en el curso de este período habrían sido más finas o de tipo de nieve. La ausencia de variaciones características entre los niveles 6 y 21, tanto desde el punto de vista litológico como palinológico, nos hace pensar que el período representado es bastante corto. M. Servant y J.C. Fontes (1978) mencionan un cambio importante en la sedimentación hacen 7.700 años B.P. que podría corresponder a los depósitos de gravas superpuestas al corte. Dataciones en curso sobre los niveles 8 y 16 deberían permitir verificar esta hipótesis.

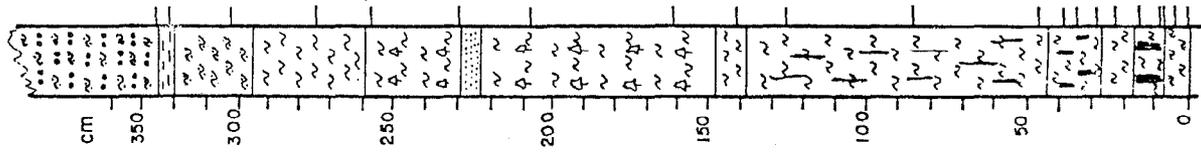
#### BIBLIOGRAFIA

- COLLOT (D.), 1980.- Les macrophytes de quelques lacs andins (Lac Titicaca, Lac Poopó, Lacs des Vallées d'Hichu-Kkota et d'Ovejhuulo). Rapport polygraphié, 115 p., 26 fig.
- GRAF (K.), 1975.- Estudios palinológicos en la cuenca de La Paz y regiones aledañas. *Anales de la IV Convención Nacional de Geología, Revista Técnica, Y.P.F.B.*, 4 (3) : 177-193, 5 fig.

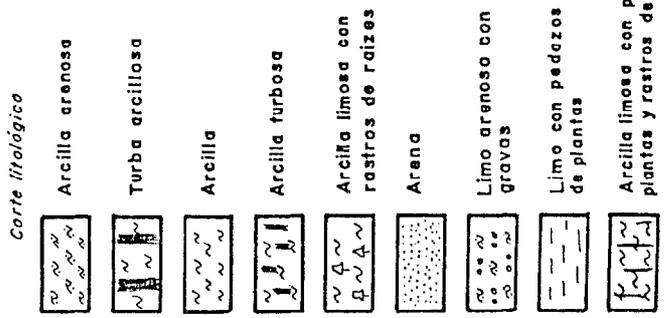
- GRAF (K.), 1979.- Untersuchungen zur rezenten Pollen und Sporenflora in der nördlichen Zentralkordillere Boliviens und Versuch einer Auswertung von Profilen aus postglazialen Torfmooren. These Zürich. 104 p., 11 fig., 24 pl.
- RAYNAL-ROQUES (A.), 1979.- Rapport de mission effectuée à La Paz (Bolivie), du 25 juillet au 20 août 1979. 6 p. manuscrit.
- SERVANT (M.) et FONTES (J.C.), 1978.- Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes. Premières interprétations paléoclimatiques. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géologie, 10 (1), 9-23, 9 fig., 1 tab.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1978.- Les diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géologie, 10 (1) : 25-35, 3 fig., 2 pl.
- UNZUETA (O.), 1975.- Mapa Ecológico de Bolivia, Memoria Explicativa. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. La Paz, 312 p., 79 fig., 3 mapas, 30 tab., 1 mapa adjunto.

# CORTE DEL RIO CHIARJAHUIRA

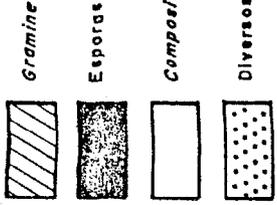
Altitud : 3980 m.



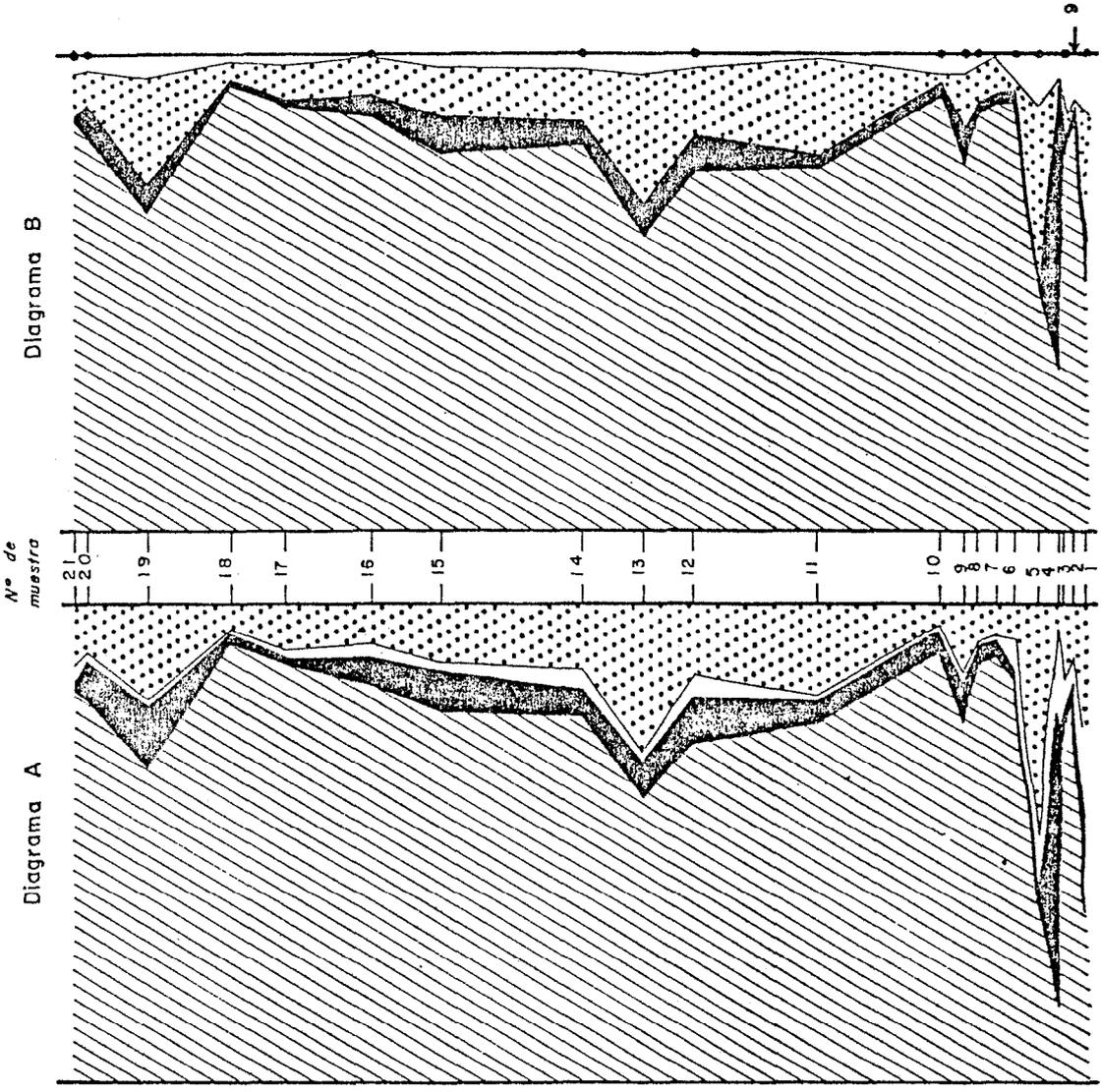
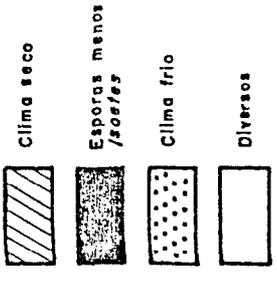
## Legendas



## Diagrama A



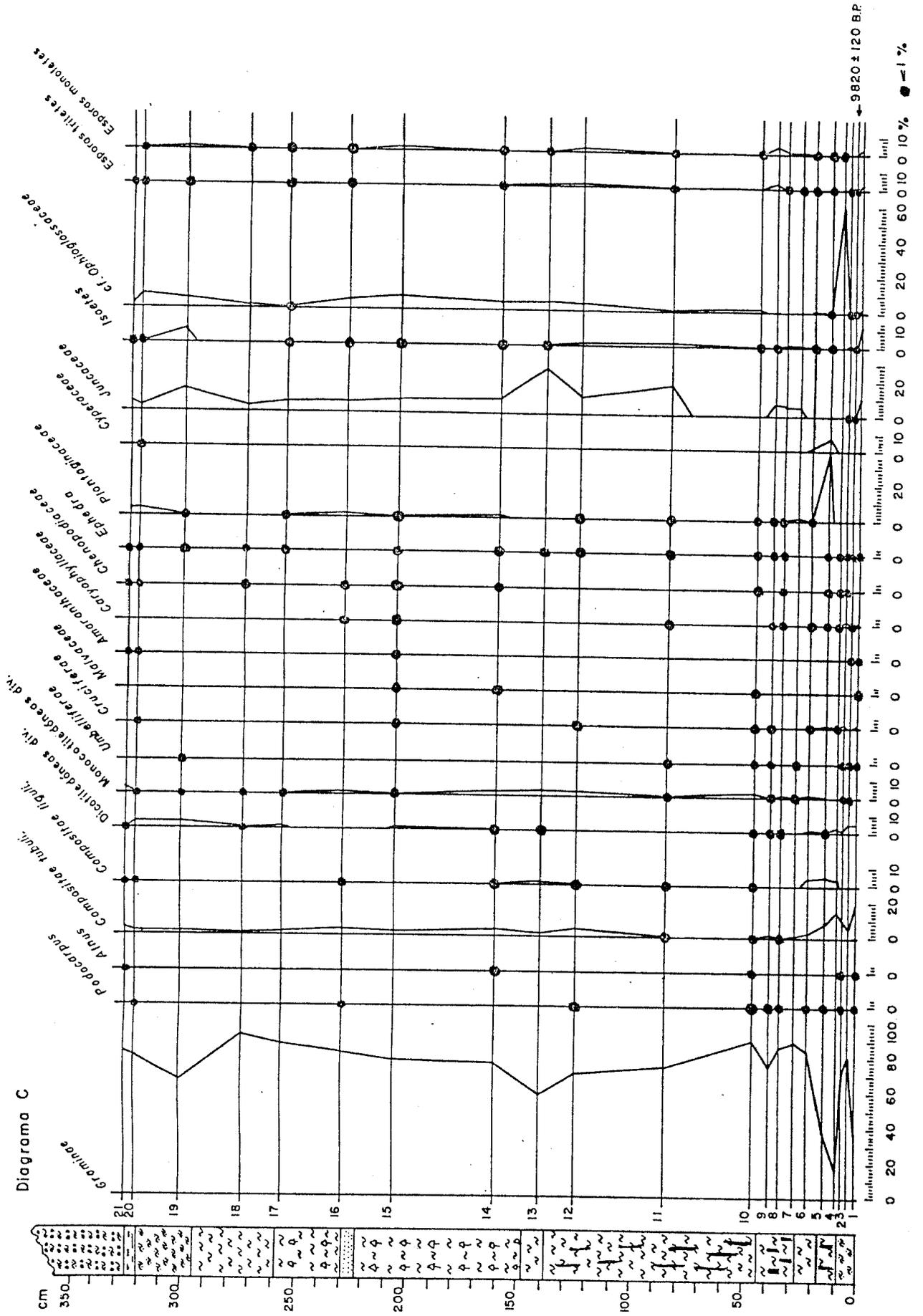
## Diagrama B



9820 ± 120 años B.P.

• Alóctonos

Diagrama C



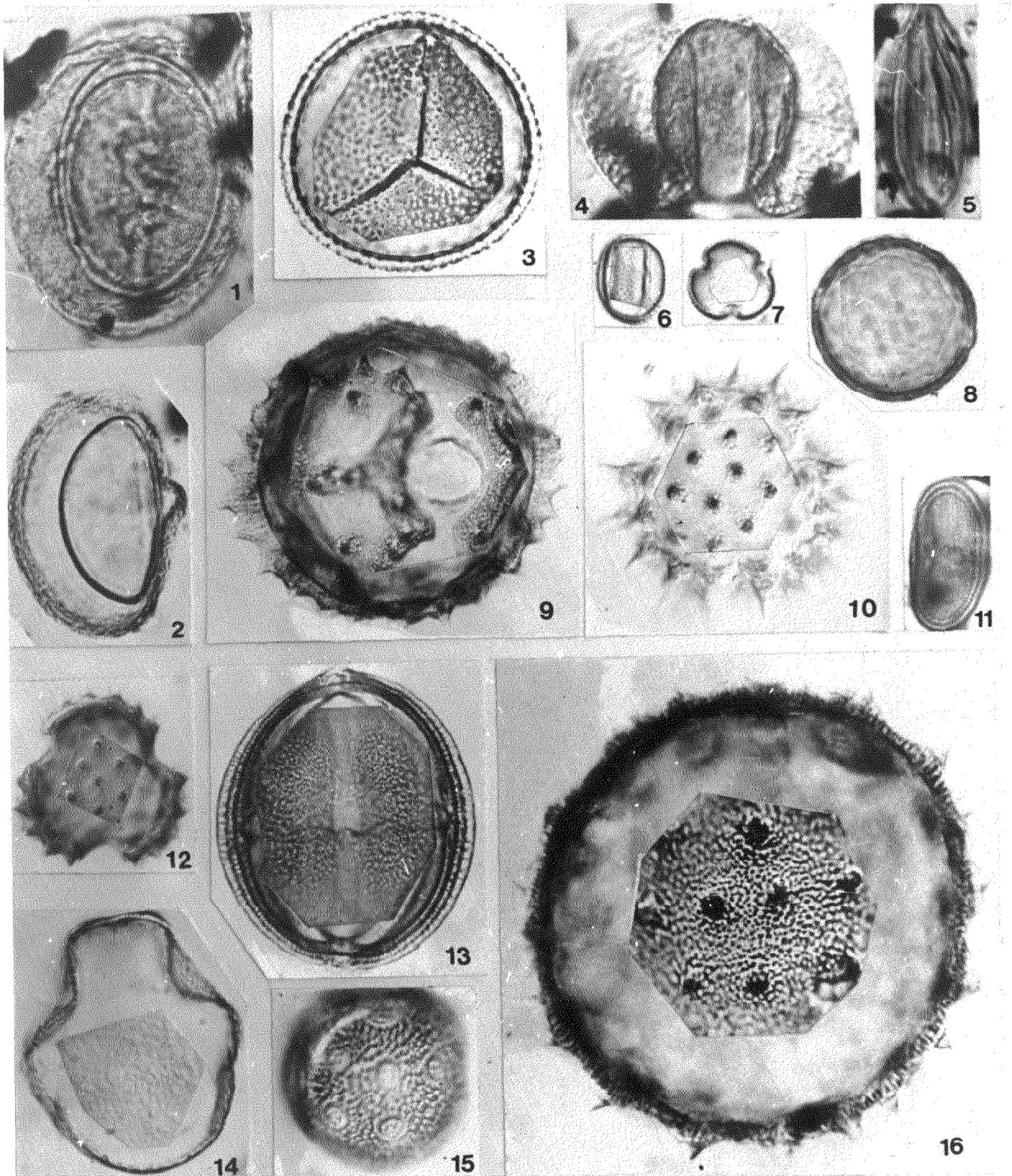


Lámina I

50  $\mu$ m.

1,2: *Isoetes* sp., Isoetaceae - 3: *Ophioglossum coriaceum*, Ophioglossaceae - 4: *Podocarpus* sp., Podocarpaceae - 5: *Ephedra* sp., Ephedraceae - 6,7: *Calceolaria* sp., Scrophulariaceae - 8: *Plantago australis*, Plantaginaceae - 9: *Hypochoeris meyenianus*; 10: *Tagetes ternifolia*, Compositae - 11: Umbelliferae - 12: *Gnaphalium cheiranthifolium*; 13: *Perezia pinnatifolia*, Compositae - 14: *Distichia macrocarpa*, Juncaceae - 15: *Arenaria lanuginosa*, Caryophyllaceae - 16: *Nototriche flabellata*, Malvaceae.



1  
Vegetación de tipo Puna en la zona del corte, sobre la planicie altiplánica.

Altitud : 3980 m.

2

Vegetación de tipo Puna Brava al norte de Milluni.

Altitud : 4800 m.



3

Vegetación de tipo Puna Brava al lado de la zona de tundra. Norte de Milluni.

Altitud : 4750 m.





1. Zona de tundra turbosa con *Distichia sp.* cerca a la laguna Jankho Kkota.

Altitud : 4690 m.

2. "Alfombra" de *Distichia sp.* encima del nivel de agua donde se encuentra *Isoetes sp.*, a la salida de un pequeño lago al pie del glaciar del cerro Wilo Llojeta.

Altitud : cerca 5000 m.



3. Vista tomada desde la cumbre del cerro Wilo Llojeta; mostrando el paso de las masas de aire amazónico por encima de la cordillera.



1  
Zona de turbera con *Distichia*  
*sp.*, *Plantago sp.* arriba del  
lago Khara Kkota.

Altitud : 4310 m.

2

Tundra turbosa con "alfom-  
bras" de *Distichia sp.* al  
norte de Milluni.

Altitud : 4750 m.



3

*Distichia sp.* al norte de  
Milluni.

Altitud : 4750 m.



Lámina 4