

## **PATRONES DE VARIACIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL CUATERNARIO TARDÍO EN LA COSTA DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA, CHILE**

*Gabriel VARGAS\*, Luc ORTLIEB\*\**

### **Resumen**

A partir de estudios geomorfológicos y estratigráficos de depósitos continentales en el área de Antofagasta (23°40'S; 70°23'W), se han interpretado variaciones climáticas durante los últimos 125.000 años. El período interglacial correspondiente al estadio isotópico 5 (125 000 años AP), estuvo caracterizado por un clima tan árido como el actual. Fases de mayor frecuencia de lluvias ocurrieron durante los episodios glaciales o tardiglaciales que siguieron a este período. El clima árido que caracteriza actualmente a este tramo de la costa del norte de Chile se instaló en el Holoceno, después de los 9 400 años AP.

**Palabras claves:** *Paleoclima, Cuaternario tardío, Desierto de Atacama.*

## **MODÈLES DE VARIATIONS CLIMATIQUES DURANT LE QUATERNAIRE RÉCENT SUR LA CÔTE DE LA RÉGION D'ANTOFAGASTA, CHILI**

### **Résumé**

Des variations climatiques pendant les derniers 125 000 ans sont interprétées sur la base des études géomorphologiques et stratigraphiques des dépôts continentaux de la zone d'Antofagasta (23°40'S ; 70°23'W). La période interglaciaire du stade isotopique 5 (125 000 ans BP) a été caractérisée par un climat très aride, semblable au climat actuel. Des phases caractérisées par une plus grande fréquence de pluies ont eu lieu pendant les épisodes glaciaires ou tardiglaciaires postérieurs au dernier interglaciaire. Le climat très aride caractérisant aujourd'hui ce segment de la côte du nord du Chili s'est installé pendant l'Holocène, après 9 400 ans BP.

**Mots-clés :** *Paléoclimatologie, Quaternaire Supérieur, Désert d'Atacama.*

## **PATTERNS OF CLIMATIC CHANGES DURING THE LATE QUATERNARY IN THE COASTAL REGION OF ANTOFAGASTA, CHILE**

### **Abstract**

Climate variations in the last 125 000 years have been interpreted on the basis of geomorphological and stratigraphical studies of continental deposits in the Antofagasta area (23°40'S; 70°23'W). The interglacial-period of the isotopic stage 5 (125.000 years BP), was

---

\* Departamento de Geología, Universidad de Chile. Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile.

\*\* UR1, Programme PVC, IRD (ex-ORSTOM), 32 Avenue Henri-Varagnat F-93143 Bondy-Cedex, France.

characterized by an arid climate similar to the present climat of this region. Episode of wetter climate, with frequent rains, occurred during the subsequent glacial and interglacial periods. Present climate of this segment of the coast of northern Chile was set up during the Holocene, shortly after 9.400 years BP.

**Key words:** *Palaeoclimatology, Late Quaternary, Atacama Desert.*

## INTRODUCCIÓN

El desierto de Atacama es considerado como una de las regiones más áridas del planeta. Su extrema condición de sequedad se debe a la escasez de humedad proveniente del océano Pacífico y al bloqueo de las masas de aire húmedo provenientes del Atlántico. Esta situación se atribuye a una combinación de factores orográficos, atmosféricos y oceanográficos. Por una parte, la cordillera de los Andes, con alturas superiores a los 4 000 m.s.n.m., constituye una barrera para la humedad proveniente del este, mientras que por otro lado, el anticiclón del Pacífico Sur refuerza este bloqueo y favorece la inversión térmica de la franja litoral, fenómeno inducido por los efectos combinados de la corriente de Humbolt y de los vientos alisios.

Estudios paleoclimáticos sugieren que la aridez del desierto de Atacama no ha sido igualmente intensa durante todo el Cuaternario. Trabajos desarrollados en el Altiplano y Norte Chico de Chile han sugerido la ocurrencia de períodos de mayor pluviosidad, o sequedad, durante el Cuaternario tardío. En la costa del Norte Grande (Fig. 1), hasta hace poco carente de estudios paleoclimáticos propiamente tales, trabajos recientes han sugerido la ocurrencia de cambios climáticos y oceanográficos en el Pleistoceno tardío y Holoceno. En este trabajo se muestran algunos resultados referidos a la ocurrencia de cambios climáticos en esta última zona, y se cotejan con datos referidos al Norte Chico y Altiplano chileno.

### 1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA COSTA DEL NORTE GRANDE DE CHILE

El clima de la costa del norte de Chile está fuertemente influenciado por la presencia del anticiclón del Pacífico Sur y la corriente fría de Humbolt, factores que en conjunto condicionan un régimen de aridez prevaleciente durante todo el año. Este clima está caracterizado por precipitaciones anuales prácticamente nulas (3 a 4 mm total anual típico), y por escasas tormentas asociadas a perturbaciones invernales provenientes de la región de los "vientos oeste". Tales tormentas, susceptibles de generar flujos aluviales, se caracterizan por precipitar cantidades de agua relativamente importantes en unas cuantas horas (hasta 40 mm en 3 hrs, en dos oportunidades durante el siglo XX) (Hauser, 1991; Vargas, 1996; Vargas & Ortlieb, 1997). La ocurrencia de estas precipitaciones excepcionales, que afectan a gran parte del Norte Grande, ha sido en alguna medida asociada a fases negativas "El Niño" de la Oscilación del Sur (Ortlieb, 1995; Garreaud & Ruttant, 1996).

Por otra parte, en la zona del Altiplano chileno, y de manera estacional en los meses de verano, se produce un núcleo de baja presión que genera las "lluvias altiplánicas" o "invierno boliviano". Estas precipitaciones llegan a afectar a la costa del extremo norte de Chile, especialmente Arica, pero sólo de manera débil y en muy raras ocasiones.

En este contexto climático, que limita seriamente la erosión, la preservación de registros de escorrentía aluvial resulta excepcional y, de manera indirecta, favorece el estudio de variaciones de regímenes hidrológicos en el pasado.

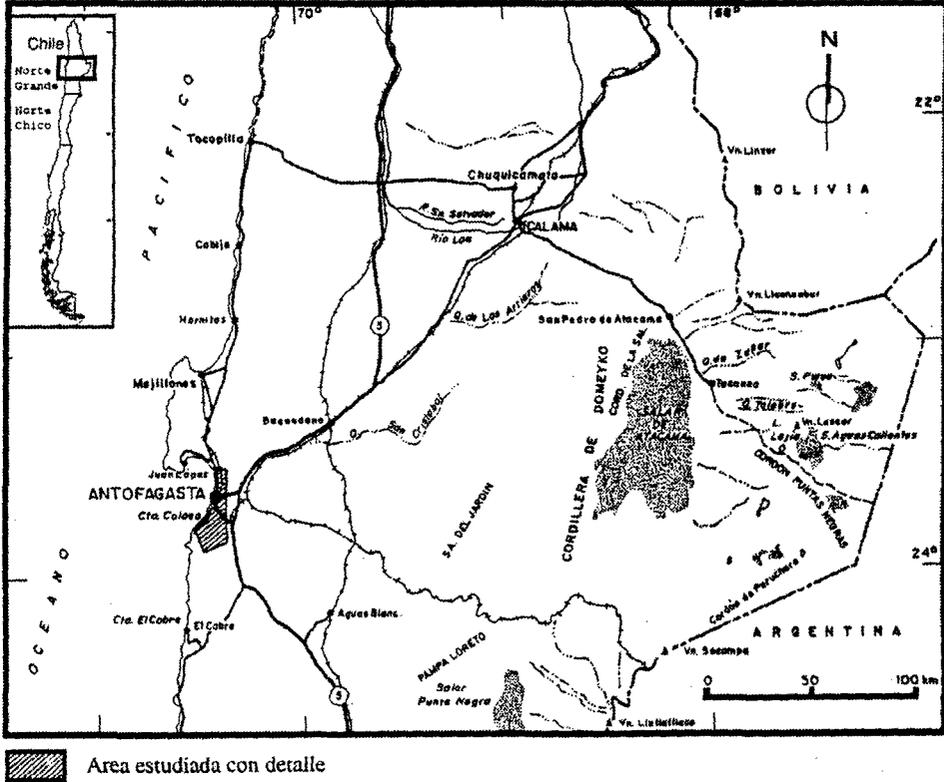


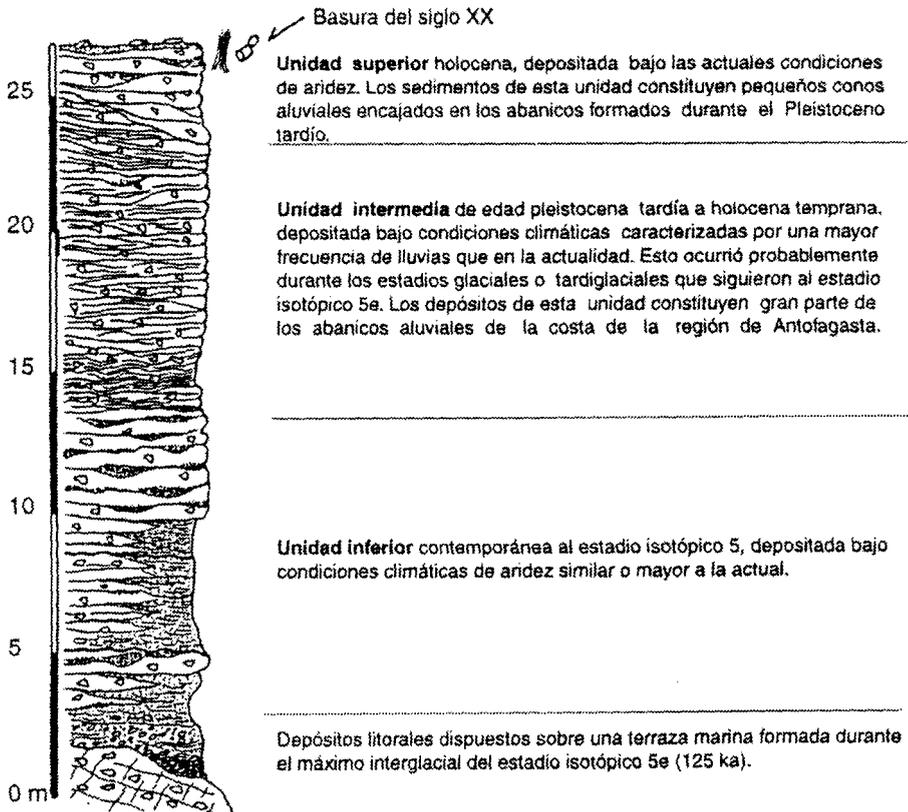
Fig. 1 - Mapa de la región de Antofagasta y ubicación del área estudiada con detalle.

## 2. REGISTROS PALEOCLIMÁTICOS DE LA COSTA EN EL ÁREA DE ANTOFAGASTA

En base a evidencias geomorfológicas relacionadas con la construcción y disección de conos aluviales en la costa del Norte Grande, Paskoff (1978) y luego Flint *et al.* (1991) sugirieron la ocurrencia de períodos de mayor pluviosidad durante el Cuaternario. Un estudio detallado de la sedimentología, estratigrafía y disposición morfológica de los depósitos continentales cuaternarios, en el área cercana a Antofagasta (23°40'S; 70°23'W) (Fig. 1), ha permitido precisar la evolución de las condiciones hidrológicas en esta región (Vargas, 1996). En la franja costera de esta zona se interpretó la ocurrencia, durante el Pleistoceno tardío, de un período de aridez similar al actual, seguido de una fase de mayor pluviosidad, para finalmente, durante el Holoceno temprano, instalarse el clima de aridez que caracteriza actualmente a esta área.

La sección de depósitos aluviales de Caleta Coloso, ubicada a 12 km al sur de Antofagasta, esquematiza las principales unidades estratigráficas de la zona (Figura 2). Esta sección recorta una secuencia de sedimentos continentales dispuestos directamente sobre los depósitos litorales de una terraza marina formada en el máximo interglacial del estadio isotópico 5, es decir 125 000 años atrás (Radtke, 1989; Ortlieb *et al.*, 1993; 1995). Los depósitos continentales que componen la secuencia han sido agrupados en tres unidades, cuyas variaciones sedimentológicas y de disposición morfológica se han interpretado como producto de cambios climáticos. La correlación detallada de estas tres unidades con otras secciones en el área de Antofagasta, así como su comparación con otras secuencias más al norte en la costa, permiten asignarles un significado regional.

Los sedimentos de la unidad inferior fueron depositados por flujos aluviales bajo un clima de aridez similar a la actual (Fig. 2). Esta interpretación se basa en la semejanza entre las características de los sedimentos que componen esta unidad y aquellos de la parte superior de la sección, depositados en la actual fase de aridez. En cambio, las características de los sedimentos de la unidad intermedia, junto con el mayor número de



**Fig. 2 - Columna estratigráfica de Caleta Coloso. Se muestran las principales unidades definidas en el área, cuyas variaciones texturales y sedimentológicas se atribuyen a cambios climáticos durante el Cuaternario tardío.**

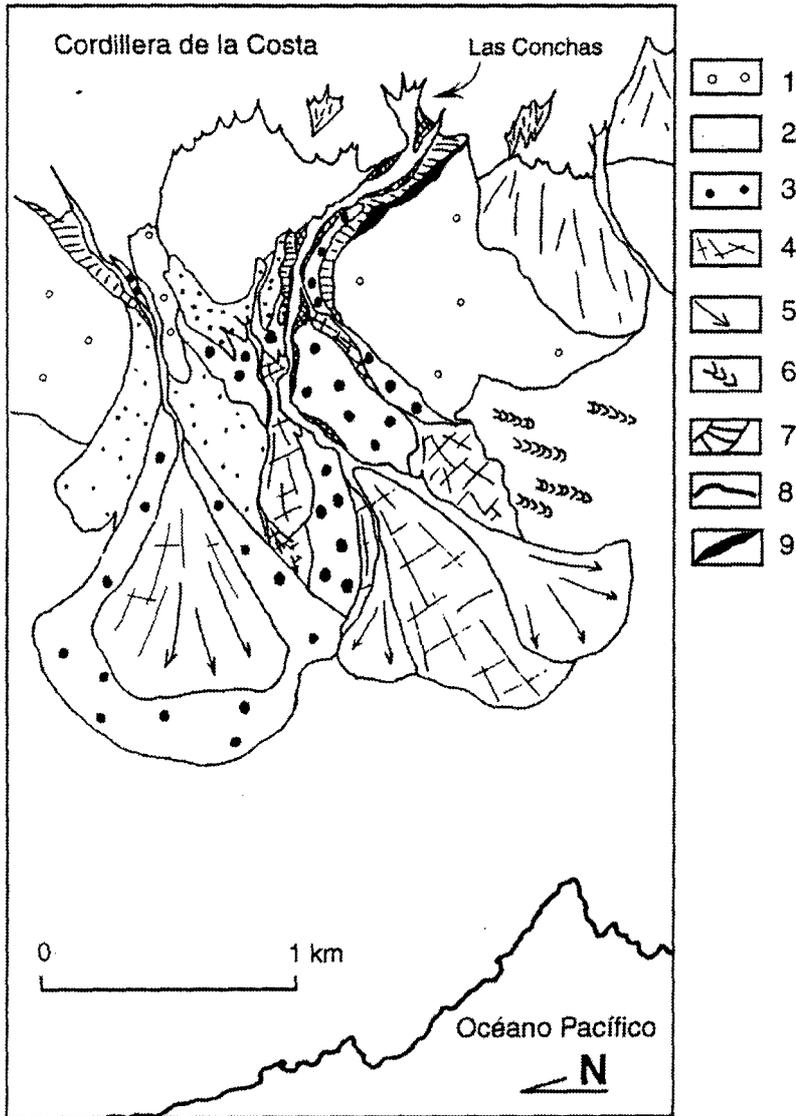
depósitos que la constituyen, sugieren condiciones hidrológicas diferentes compatibles con un clima tipificado por una mayor frecuencia de precipitaciones que en la actualidad. Estas características tienen relación con el mayor grado de orden de los clastos en la matriz, menor espesor y menor definición de los límites espaciales de los depósitos que constituyen esta unidad. El comienzo de esta fase de mayor pluviosidad, o de disminución de la aridez, no ha sido aún claramente determinado. Tampoco ha sido posible precisar si la unidad intermedia corresponde a uno o a varios períodos de mayor pluviosidad. A pesar de ello, la disposición estratigráfica de la secuencia indica que la depositación de esta unidad ocurrió durante el último, o los dos últimos períodos glaciales o tardiglaciales (estadios isotópicos 2 y/o 4).

El comienzo de la aridez actual ha sido inferido a partir del contexto geomorfológico del sitio arqueológico Las Conchas (Llagostera, 1979; 1994), ubicado al norte de Antofagasta. Tanto la disposición morfoestratigráfica de los sedimentos eólicos que albergan este yacimiento arqueológico, así como su ubicación geográfica (Fig. 3), sugieren que durante la transición Pleistoceno-Holoceno prevalecieron condiciones caracterizadas por una pluviosidad relativamente elevada, junto con una intensificación de los vientos capaces de formar dunas (Vargas, 1996). El sitio Las Conchas fue abandonado después de los 9 400 años AP, y probablemente poco tiempo después de esta fecha se instaló la aridez que prevalece hasta la actualidad. A diferencia de gran parte del Pleistoceno tardío, durante el cual prevaleció una agradación en los abanicos aluviales de la costa, la nueva fase de aridez dio inicio a una erosión del ápice de los abanicos anteriores, y a la construcción de los pequeños conos encajados del litoral, que actualmente siguen activos.

De este modo, los estudios en el área de Antofagasta sugieren la ocurrencia, durante los períodos glaciales o tardiglaciales, de una o más fases de mayor pluviosidad que culminaron durante el Holoceno temprano, después de los 9 400 años AP. Es probable que estas lluvias hayan estado asociadas a perturbaciones invernales provenientes del suroeste, tal como sucede en la actualidad. Posteriormente, la frecuencia de precipitaciones disminuyó hasta llegar a la actual condición de aridez.

### 3. COMPARACIÓN CON LA EVOLUCIÓN CLIMÁTICA DEL ALTIPLANO Y NORTE CHICO

Los datos paleoclimáticos disponibles del Altiplano y Norte Chico de Chile permiten esbozar un esquema de evolución climática durante el Cuaternario tardío. Los altos niveles lacustres del Altiplano, así como evidencias geomorfológicas del Norte Chico (Garleff *et al.*, 1991; Veit, 1993), sugieren un período de máxima pluviosidad cerca de los 30 000 años que podría concordar (si se confirmaran las dataciones) con ciertas evidencias geomorfológicas de la Depresión Central de la región de Antofagasta, referidas a la existencia de un antiguo lago Chiuchiu en parte de la hoya hidrográfica del río Loa (Ochsenius, 1974a; 1974b). Para el máximo glacial, alrededor de 18 000 años atrás, resultados de diversos tipos indican que las condiciones climáticas, en ambas zonas, estuvieron caracterizadas por una mayor aridez que en el período anterior (Garleff *et al.*, 1991; Grosjean *et al.*, 1991; Villagrán, 1993; Messerli *et al.*, 1993).



- 1- Dunas del Pleistoceno medio 2- Dunas y abanicos aluviales del Pleistoceno medio  
 3- Abanicos aluviales del Pleistoceno tardío 4- Abanicos aluviales del Holoceno  
 5- Escurrimiento aluvial actual 6- Dunas actuales (vientos del suroeste) 7- Laderas  
 8- Línea de costa 9- Ubicación del sitio arqueológico Las Conchas.

**Fig. 3 - Marco geomorfológico del sitio arqueológico Las Conchas, ubicado algunos kilómetros al norte de Antofagasta. La ubicación de este sitio, en la desembocadura de una quebrada sin escurrimiento perenne y a cerca de 3 km de la actual línea de costa, sugiere que al momento de su ocupación podría haberse dado una mayor disponibilidad de agua en el lecho del cauce. Esta interpretación es sustentada, también, por relaciones morfoestratigráficas entre los abanicos aluviales del Pleistoceno tardío y del Holoceno (Vargas, 1996).**

En el Altiplano del norte de Chile, variadas evidencias geológicas sugieren un período de intensificación de las precipitaciones de verano durante el tardiglacial y Holoceno temprano (Markgraf, 1989; Grosjean *et al.*, 1995a; Grosjean *et al.*, 1995b). Según Grosjean *et al.* (1995a), el máximo de la fase húmeda del tardiglacial habría ocurrido entre los 13 500 y 10 400 años AP. Fases sincrónicas se han detectado en el borde del salar de Uyuni, en Bolivia, entre los 15 000 y 10 000 años AP (Servant & Fontes, 1978; Kessler, 1983, Servant *et al.*, 1995). Según algunos autores, estas condiciones habrían favorecido una vegetación más densa, sentando las bases para el arribo de los primeros cazadores-recolectores al Altiplano de Atacama, ocurrido alrededor de 10 800 años AP (Núñez, 1983; Núñez & Santoro, 1988; Lynch, 1990). En la zona de San Pedro, Fritz *et al.* (1979), interpretaron que la última recarga de aguas subterráneas ocurrió entre los 10 000 y 9 000 años AP, asociada a mayores precipitaciones que en la actualidad. Messerli *et al.* (1993); sin embargo, han sugerido que un período más largo, entre 11 000 y 7 000 años, sería responsable de la última recarga de aguas subterráneas del desierto de Atacama en general. Durante el Holoceno medio, entre 8 400 y 3 000 años AP, habrían prevalecido condiciones áridas en el Altiplano de Atacama, tal como sugieren evidencias geológicas en la Laguna Miscantí (Grosjean *et al.*, 1995a; Valero-Garcés *et al.*, 1996). Este incremento de la aridez habría sido responsable de la extinción, en esta zona, del caballo americano y otros grandes animales (Fernández, 1984-1985; Markgraf, 1983; Ochsenius, 1985). Lo anterior concuerda, además, con la ausencia de registros arqueológicos para el período entre 8 500 y 4 800 años AP (“silencio arqueológico”), y con una disminución de la profundidad del lago Titicaca, ocurrida entre los 7 700 y 3 650 años AP (Núñez, 1983; Oliveira-Almeida, 1986; Lynch, 1990). El clima actual del Altiplano de Atacama dominaría a partir de 3 000 ó 2 200 años atrás (Lynch, 1990; Grosjean *et al.*, 1995a; Valero-Garcés *et al.*, 1996).

En los Andes del Norte Chico de Chile, estudios geomorfológicos realizados por Veit (1993; 1996a; 1996b), sugieren mayores precipitaciones invernales durante el Holoceno temprano, hasta los 7 300 años AP, asociadas a una mayor influencia de los vientos oeste en esta zona. Esta influencia habría sido mayor en las tierras altas de Los Andes, por sobre los 2 000 m.s.n.m., que en la región costera. Situaciones similares se habrían repetido entre los 5 000 y 3 700 años, desde los 3 000 a los 1 800 años y alrededor de 270 años atrás (equivalente de la “Pequeña Edad Glacial”).

#### 4. DISCUSIÓN

A partir de los nuevos datos paleoclimáticos de la costa de la región de Antofagasta, resumidos en este trabajo, se interpreta que el último máximo interglacial (125 ka) estuvo caracterizado por una intensa aridez, comparable a la actual. Si bien es posible afirmar que entre estos dos episodios interglaciales ocurrió al menos un período de mayor pluviosidad, caracterizado por una mayor frecuencia de tormentas, aún no existen suficientes datos para dilucidar si hubo una o más fases, como tampoco para estimar su duración de manera más precisa. Sin embargo, a partir de una comparación con los datos del Altiplano y Norte Chico, es posible suponer, al menos tentativamente, que algunos de ellos podrían haber ocurrido alrededor de los 30 ka y en el tardiglacial y Holoceno temprano. En este último caso, la hipótesis se ve mejor sustentada por

algunas dataciones y relaciones morfoestratigráficas con respecto al sitio arqueológico Las Conchas, las cuales sugieren que la aridez actual se habría instalado en algún momento después de los 9 400 años.

Los datos del Altiplano y Norte Chico de Chile concuerdan en señalar que el Holoceno temprano se caracterizó por mayores precipitaciones que en la actualidad, hasta cerca de los 8 400 ó 7 300 años, respectivamente. En el caso del Altiplano se ha señalado que una intensificación de las lluvias de verano sería responsable de las mayores precipitaciones en este período (Markgraf, 1989; Messerli *et al.*, 1993; Grosjean *et al.*, 1995a; 1995b). En el Norte Chico, en cambio, las lluvias habrían estado asociadas con una mayor penetración hacia el norte de la influencia de los vientos oeste (Caviedes, 1972; Lauer & Frankenberg, 1983; Hastenrath & Kutzbach, 1985; Villagrán, 1993; Veit, 1993; Clapperton, 1994; Veit, 1996a). Por otra parte, algunos autores han señalado que una mayor influencia de los vientos oeste sería responsable también de mayores precipitaciones de invierno, durante este período, en el Altiplano (Servant & Fontes, 1984; Argollo *et al.*, 1987). Independientemente de esta controversia, las mayores precipitaciones en el Altiplano y Norte Chico, junto con una mayor frecuencia de tormentas en la costa del Norte Grande, pueden sustentar la hipótesis de un estrechamiento de la "diagonal árida" de América del Sur durante al menos el tardiglacial y Holoceno temprano, tal como lo ha señalado Veit (1996b). En este último sentido, los datos paleoclimáticos de la costa del desierto de Atacama pueden aportar importantes antecedentes para dilucidar las variaciones pasadas de los distintos regímenes climáticos que afectan al Norte Grande, como también a gran parte de América del Sur.

### Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco de dos convenios de cooperación científica entre el ORSTOM (UR12, Programa AIMPACT-PVC) y las Universidades de Chile (Departamentos de Geología y Geofísica) y Antofagasta (Facultad de Recursos del Mar). Los autores agradecen a Pierre Pourrut, así como al resto de los organizadores, su invitación a participar en el Coloquio Internacional "El Recurso Agua en Los Andes: su Gestión en la Segunda Región de Chile", realizado en Antofagasta, en junio de 1997. También agradecen la colaboración y los intercambios que les brindaron numerosos colegas, entre los cuales destacan José Rutllant, Patricio Aceituno, Carolina Villagrán, Philippe Mourguiart y Pierrick Roperch.

### Referencias citadas

- ARGOLLO, J., FOURNIER, M. & SERVANT M., 1987 - Dépôts fluviatiles en Bolivie, variations du régime des écoulements au cours du Quaternaire récent. *in: Semin. Paleolacs-Paleoclimats*: 19-23; Bondy: ORSTOM, abstr. vol.
- CAVIEDES, C., 1972 - Paleoclimatology of the Chilean littoral. *The Iowa Geographer Bulletin*, 29: 8-14.
- CLAPPERTON, CH., 1994 - The Quaternary glaciation of Chile: a review. *Rev. Chilena de Historia Natural*, 67: 369-383.
- FERNÁNDEZ, J., 1984-1985 - Reemplazo del Caballo Americano (*Perissodactyla*) por camélidos (*Artiodactyla*) en estratos del límite pleistocénico-holocénico de Barro Negro, puna de Jujuy, Argentina: implicancias paleoambientales, faunísticas y arqueológicas. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 16: 137-152.

- FLINT, S., TURNER, P. & JOLLEY, E.J., 1991 - Depositional architecture of Quaternary fan-delta deposits of the andean fore-arc: relative sea-level changes as a response to aseismic ridge subduction. *Spec. publ. int. Ass. Sediment.*, **12**: 91-103.
- FRITZ, P., SILVA, C.H., SUZUKI, O. & SALATI, E., 1979 - Isotope hydrology in northern Chile. *IAEA-SM. 228*, **26**: 525-543.
- GARLEFF, K., SCHÄBITZ, F., STINGL, H. & VEIT, H., 1991 - Jungquartäre Landschaftsentwicklung und Klimageschichte beiderseits der Ariden Diagonale Südamerikas. *Bamberger Geographische Schriften*, **11**: 359-394.
- GARREAUD, R. & RUTLLANT, J., 1996 - Análisis meteorológico de los aluviones de Antofagasta y Santiago de Chile en el período 1991-1993. *Atmósfera*, **9**: 251-271.
- GROSJEAN, M., MESSERLI, B. & SCHREIRER, H., 1991 - Seenhochstände, Bodenbildung und Vergletschung im Altiplano Nordchiles: Ein interdisziplinärer Forschungsbeitrag zur Klimageschichte der Atacama. Erste Resultate. *Bamberger Geographische Schriften*, **11**: 99-108.
- GROSJEAN, M., MESSERLI, B., AMMANN, C., GEYH, M., GRAF, K., JENNY, B., KAMMER, K., NÚÑEZ, L., SCHREIER, H., SCHOTTERER, U., SCHWALB, A., VALERO-GARCÉS, B. & VUILLE, M., 1995a - Holocene environmental changes in the Atacama Altiplano and paleoclimatic implications. *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines*, **24**(3): 585-594.
- GROSJEAN, M., GEYH, M., MESSERLI, B. & SCHOTTERER, U., 1995b - Late-glacial and early Holocene lake sediments, ground-water formation and climate in the Atacama Altiplano 22-24°S. *Journal of Paleolimnology*, **14**: 241-252.
- HASTENRATH, S. & KUTZBACH, J., 1985 - Late Pleistocene climate and water budget on the South American Altiplano. *Quaternary Research*, **24**: 249-256.
- HAUSER, A., 1991 - Aluviones que afectaron a la ciudad de Antofagasta, II Región, el día 18 de Junio de 1991. Servicio Nacional de Geología y Minería, 90p.; Santiago: informe inédito.
- KESSLER, A., 1983 - The Paleohydrology of the Late Pleistocene Lake Tauca on the Bolivian Altiplano and recent Climatic Fluctuations. in: *Late Cenozoic Paleoclimates of the Southern Hemisphere* (J.C. Vogel ed.): 115-122; Balkema: Rotterdam.
- LAUER, W. & FRANKENBERG, P., 1983 - Late Glacial Glaciation and the Development of Climate in Southern South America. in: *Late Cenozoic Paleoclimates of the Southern Hemisphere* (J.C. Vogel ed.): 103-114; Balkema, Rotterdam.
- LLAGOSTERA, A., 1979 - 9700 years of maritime subsistence on the Pacific: an analysis by means of bioindicators in the North of Chile. *American Antiquity*, **44**(2): 309-323.
- LLAGOSTERA, A., 1994 - Caza y pesca marítima (9 000 a 1 000 a.C.). in: *Prehistoria: desde sus orígenes hasta los albores de la Conquista* (J. Hidalgo, V. Schiappacasse, H. Niemeyer, C. Aldunate & I. Solimano eds.): 57-79; Santiago: editorial Andrés Bello.
- LYNCH, TH., 1990 - Quaternary climate, environment, and human occupation of the South-Central Andes. *Geoarchaeology*, **5**(3): 199-228.
- MARKGRAF, V., 1983 - Late and postglacial vegetation and paleoclimatic changes in subantarctic, temperate, and arid environments in Argentina. *Palynology*, **7**: 43-70.
- MARKGRAF, V., 1989 - Palaeoclimates in climates in Central and South America since 18,000 BP based on pollen and lake-level records. *Quaternary Science Reviews*, **8**: 1-24.
- MESSERLI, B., GROSJEAN, M., BONANI, G., BÜRGI, A., GEYH, M.A., GRAF, K., RAMSEYER, K., ROMERO, H., SCHOTTERER, U., SCHRIER, H. & VUILLE, M., 1993 - Climate change and natural resource dynamics of the Atacama Altiplano during the last 18,000 years: a preliminary synthesis. *Mountain Research and Development*, **13**(2): 117-127.
- NÚÑEZ, L., 1983 - Paleoindian and archaic cultural periods in the arid and semiarid regions of Northern Chile. *Adv. in World Archaeology*, **11**: 161-203.
- NÚÑEZ, L. & SANTORO, C.M., 1988 - Cazadores de la puna seca y salada del área centro-sur Andina (Norte de Chile). *Estudios Atacameños*, **9**: 161-203.

- OCHSENIUS, C., 1974a - Acerca del contenido macropaleontológico de las calizas del Loa, Desierto de Atacama, Chile. *Rev. Geogr. de Chile "Terra Australis"*, **22/23**: 191-193.
- OCHSENIUS, C., 1974b - Relaciones paleobioestratigráficas y paleoecológicas entre los ambientes lénticos de la puna y altiplano boliviano, trópico de Capricornio. *Boletín de Prehistoria de Chile*, **7/8**: 100-138.
- OCHSENIUS, C., 1985 - Pleniglacial desertization, large-animal mass extinction and Pleistocene-Holocene boundary in South America. *Rev. de Geogr. Norte Grande*, **12**: 35-47.
- OLIVEIRA-ALMEIDA, L.F., 1986 - Estudio sedimentológico de testigos del lago Titicaca: implicaciones paleoclimáticas. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- ORTLIEB, L., 1995 - Eventos El Niño y episodios lluviosos en el Desierto de Atacama: el registro de los dos últimos siglos. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **24(3)**: 519-537.
- ORTLIEB, L., GHALEB, B., HILLAIRE-MARCEL, C. & PICHET, P., 1993 - Deformación de la línea de costa del último interglacial en la región de Antofagasta, Norte de Chile. in: *International Workshop on the Quaternary of Chile, abstract volume*: p. 25; Santiago.
- ORTLIEB, L., GOY, J.L., ZAZO, C., HILLAIRE-MARCEL, CL. & VARGAS, G., 1995 - Late Quaternary coastal changes in northern Chile, guidebook for a fieldtrip, 175p.; Antofagasta: ORSTOM, IGCP 367, 1995 annual meeting.
- PASKOFF, R., 1978 - Sobre la evolución geomorfológica del gran acantilado costero del Norte Grande de Chile. *Norte Grande*, **6**: 7-22.
- RADTKE, U., 1989 - *Marine Terrassen und Korallenriffe. Das Problem der Quartären Meeresspiegelschwankungen erläutert an Fallstudien aus Chile, Argentinien und Barbados*. 245p.; Düsseldorf geographische Schriften, Heft 27.
- SERVANT, M. & FONTES J.C., 1978 - Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes: premières interprétations paléoclimatiques. *Cahiers ORSTOM, Série Géologie*, **10**: 5-23.
- SERVANT, M. & FONTES, J.C., 1984 - Les basses terrasses fluviales du Quaternaire récent des Andes boliviennes. *Cahiers ORSTOM, Série Géologie*, **14(1)**: 15-28.
- SERVANT, M., FOURNIER, M., ARGOLLO, J., SERVANT-VILDARY, S., SYLVESTRE, F., WIRRMANN, D. & YBERT, J.P., 1995 - La dernière transition glaciaire/interglaciaire des Andes tropicale sud (Bolivie) d'après l'étude des variations des niveaux lacustres et des fluctuations glaciaires. *C.R. Académie des Sciences*, **320**: 729-736; Paris.
- VALERO-GARCÉS, B., GROSJEAN, M., SCHWALB, A., GEYH, M., MESSERLI, B. & KELTS, K., 1996 - Limnogeology of Laguna Miscanti: evidence for mid to late Holocene moisture changes in the Atacama Altiplano. *Journal of Paleoclimatology*, **16**: 1-21.
- VARGAS, G., 1996 - Evidencias de cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario en la zona de Antofagasta, Segunda Región, Chile. Tesis Ms. Cs., Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, 174p.
- VARGAS, G. & ORTLIEB, L., 1997 - *Registro de aluviones históricos en Antofagasta*. Resumen expandido, enviado al VIII Congreso Geológico Chileno; Antofagasta, octubre de 1997.
- VEIT, H., 1993 - Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico (Northern Chile): an overview. *Mountain Research and Development*, **13(2)**: 139-144.
- VEIT, H., 1996a - Southern Westerlies during the Holocene deduced from geomorphological studies in the Norte Chico, northern Chile (27-33°S). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **123**: 107-119.
- VEIT, H., 1996b - Holocene landscape and climate evolution of the Central Andes. *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, **7/8**: 887-895.
- VILLAGRÁN, C., 1993 - Una interpretación climática del registro palinológico del último ciclo glacial-postglacial en Sudamérica. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **22(1)**: 243-258.

1998

# BULLETIN

de l'INSTITUT FRANÇAIS  
d'ÉTUDES ANDINES

Tome 27  
N° 3



*Variations climatiques et ressources en eau  
en Amérique du Sud: Importance et  
conséquences des événements  
El Niño*



COLOMBIE  
ÉQUATEUR  
PÉROU  
BOLIVIE

IRD

Institut de recherche  
pour le développement

CINQUANTENAIRE  
1948  
1998

IFEA