

## Estudios polínicos del Cuaternario en las regiones áridas del sur de Argentina

Frank SCHÄBITZ

Seminar für Geographie und ihre Didaktik, Universidad de Colonia, Gronewaldstr. 2, D-50931 Köln, Germany.  
frank.schaebitz@uni-koeln.de

**Abstract: Quaternary pollen studies in the southern dry lands of Argentina.** Up to 1980 Quaternary pollen analysis in the southern part of South America has mainly concentrated on bogs and lake sediments in humid regions, i.e. the Patagonian Andes. But the vast dry lands of eastern Patagonia covered with steppe type vegetation, dwarf-shrubs in the semi-deserts and xerophytic Monte in the north-eastern parts also offer paleoecological archives such as dry lakes and salt-lakes in closed basins. During the last 15 years the author studied many profiles in this region not only for pollen but also other sediment proxies as i.e. salt, organic material and grain-size. One aim of the studies is to reconstruct climate parameters quantitatively by using multivariate statistics on the basis of correlations between modern pollen spectra and recent climate data. Concentrating on North-Patagonia it is now possible to reconstruct the yearly amount of precipitation for the last c. 14 ka BP. These results were interpreted in terms of paleo-circulation patterns. Ongoing investigation in southern Patagonia (Volcanic Region of Pali Aike) and the dry lands in north-west Argentina (Provinces of Salta and Jujuy) will provide further information about climate changes in the past, which can be used for the "scaling" of future climate models.

**Key words:** Pollen, climate reconstruction, salt lakes, multiple regression analysis, modern analogues, Patagonia.

Las regiones áridas cubren una tercera parte del mundo y se correlacionan con el clima, en particular con los sistemas de vientos y de presión global. Existe una amplia discusión sobre la predominancia de condiciones más cálidas en el futuro cercano provocadas por el impacto humano o efecto invernadero (Schönwiese, 1995; von Storch *et al.*, 1999; Houghton, 2000). Para predecir las posibles tendencias climáticas futuras es necesario comprender tanto la dinámica del sistema actual como los cambios climáticos del pasado. El incremento de la temperatura global posiblemente provocará cambios en el balance de agua a escala global. Debido a que la precipitación es el principal componente del balance hídrico y el factor de control climático limitante en el desarrollo de la vegetación, de los suelos y de la agricultura en las regiones áridas, es imprescindible conocer la variabilidad de la precipitación en términos de cantidad. Los modelos de temperatura global propuestos para el futuro cercano son complejos y muy discutidos en cuanto a su confiabilidad (Schönwiese, 1995; von Storch *et al.*, 1999). Las predicciones de las futuras tendencias de la precipitación a escalas global y regional resultan complicadas de realizar debido al escaso conocimiento de sus componentes involucrados, como la nubosidad, el vapor de agua y la temperatura.

Sin embargo, la disponibilidad de una amplia base de paleodatos de los valores de la paleoprecipitación y paleotemperatura garantizará la comparación y la calibración de las tendencias climáticas futuras. Las mediciones directas de los valores de precipitación están sólo disponibles para cortos intervalos del pasado reciente. En general, no superan los últimos cien años y en algunas regiones sólo comprenden algunas décadas. Para interpretar las tendencias de largo tiempo en el pasado se utilizan *proxies*-datos que permiten inferir significativas correlaciones con la precipitación. En las regiones áridas, el polen y los sedimentos provenientes de archivos naturales son los *proxies*-datos más adecuados. El análisis y la cuantificación de los granos de polen preservados en muestras de sedimento constituye una excelente herramienta para realizar reconstrucciones paleoclimáticas cuantitativas, aún escasas para el sur de Sudamérica.

En este trabajo se presentan los resultados de diferentes proyectos de investigación basados en análisis polínico y en la aplicación de la metodología de los "análogos modernos" (Paez *et al.*, 2001) en las regiones áridas de Argentina. El principal objetivo es la reconstrucción cuantitativa de la precipitación anual durante el Cuaternario tardío en el norte de Patagonia. Esta región ofrece un escenario de significativa correlación natural

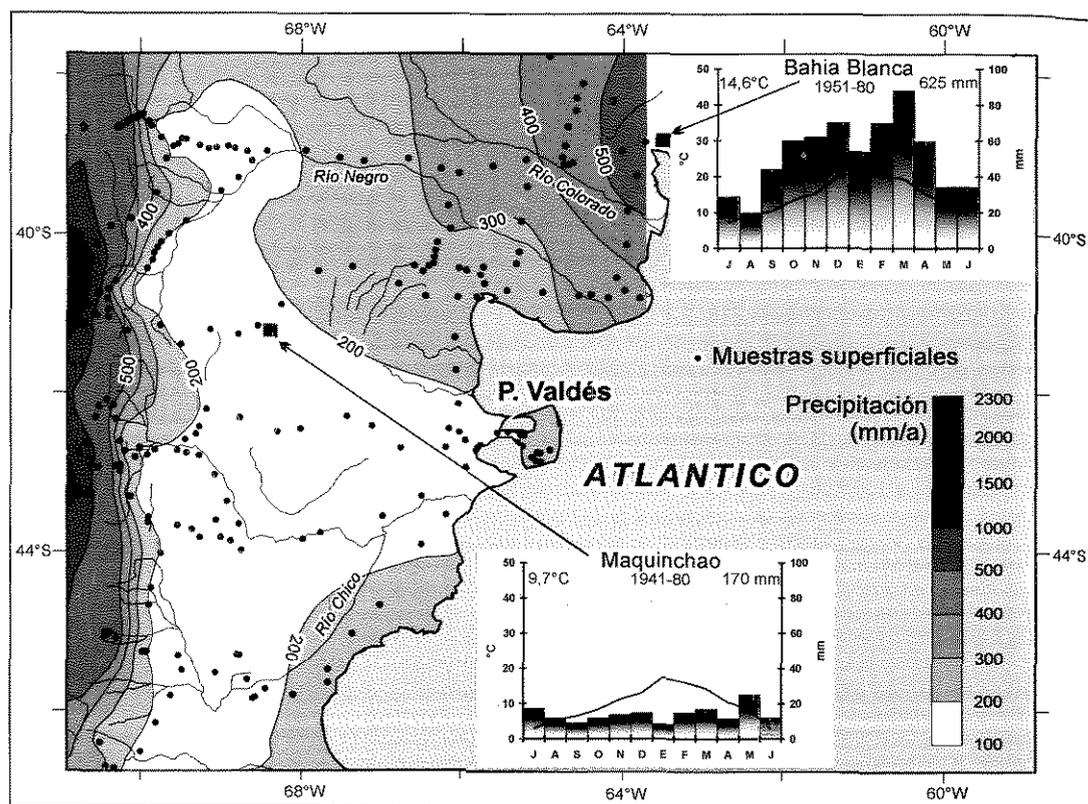


Fig. 1. Precipitación y localización de las muestras polínicas actuales en el norte y centro de Patagonia (modificado de Paez *et al.*, 2001).

entre la vegetación, los espectros polínicos actuales y los patrones de precipitación (Paez *et al.*, 2001). Debido a la estrecha relación entre la precipitación y el sistema de vientos dominantes, los datos de precipitación pueden ser utilizados para analizar los patrones de paleocirculación atmosférica en las regiones templadas del sur de Sudamérica.

#### ÁREA DE ESTUDIO

La extrema aridez del este de la Patagonia, con valores de 200 mm anuales o menores (Fig. 1), se relaciona con la dominancia del sistema de los vientos del O y la topografía del continente (Schwerdtfeger, 1976; Weischet, 1996). Los vientos contienen masas de aire húmedo originadas en el Pacífico, que las descargan al pasar las altas cumbres de la Cordillera de los Andes. Los Andes chilenos son húmedos, mientras que en Argentina predominan condiciones semiáridas y áridas que se acentúan hacia el este. Estas condiciones determinan uno de los más marcados gradientes

de precipitación del mundo. En dirección O-E, la precipitación anual menores de 3.000 mm en las cimas de la región del norte de la Cordillera Patagónica decrece abruptamente a valores menores de 400 mm en el piedemonte y altas mesetas del oeste y a 80-150 mm hacia el este de Patagonia.

Debido a que la localización hacia el norte de la banda extratropical de los vientos del O cambian su posición estacionalmente, las regiones áridas en O y centro de Patagonia norte reciben la mayor precipitación durante el invierno (Estación Maquinchao, Fig. 1). En verano, cuando el centro de los vientos del O está localizado más hacia el sur, muy poco aire húmedo atraviesa los Andes y los sectores oeste y central de Patagonia están sometidos a la aridez. En sentido opuesto, en la región costera del nordeste de la Patagonia la precipitación está principalmente afectada por las masas de aire de los vientos del este provenientes del Atlántico. Cuando los vientos del oeste y el Anticiclón Subtropical del Atlántico se debilitan, la precipitación ocurre durante la prima-

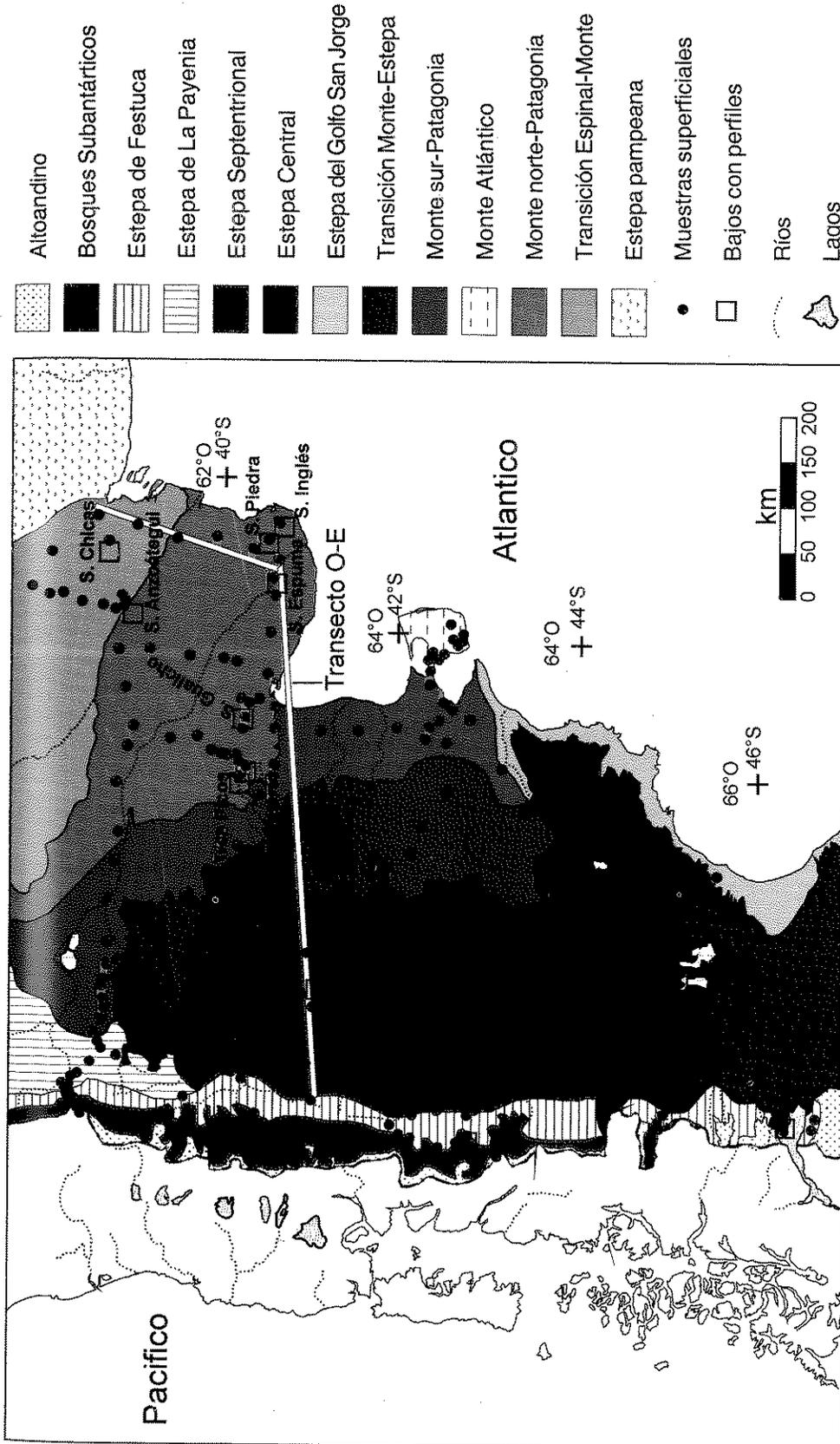


Fig. 2. Unidades de vegetación, muestras polínicas actuales y perfiles fósiles del norte y centro de Patagonia (modificado de Páez *et al.*, 2001; Hueck & Seibert 1981; Roig, 1998).

Precipitación (observada y estimada) y residuales absolutos

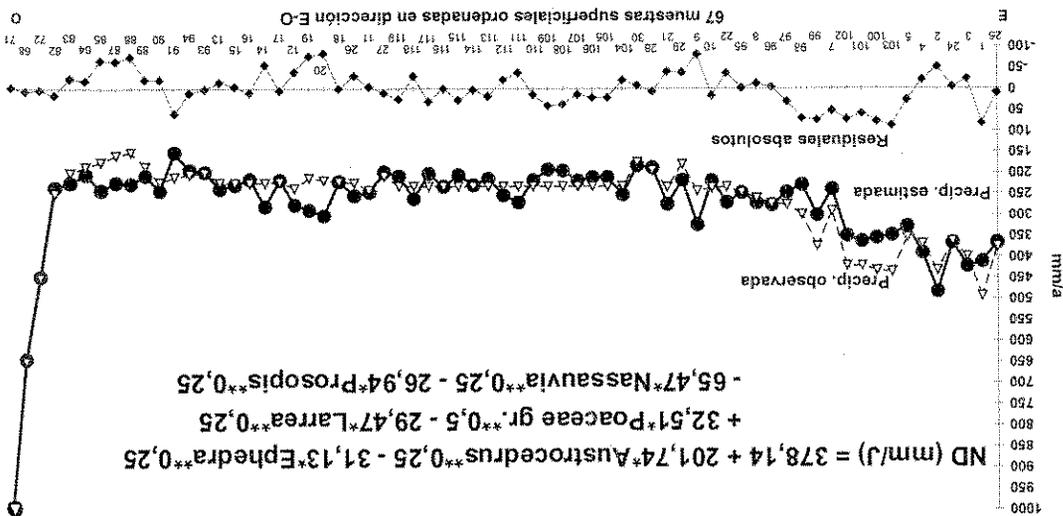


Fig. 3. Valores de precipitación observados y estimados para las 67 muestras polínicas actuales ubicadas en la transecta E-O en el norte de Patagonia.

vera y el otoño. La estación meteorológica de Bahía Blanca (Fig. 1) muestra altos valores de precipitación a comienzos y finales del verano.

La zonación de las formaciones vegetales (Fig. 198) es concordante con el gradiente de precipitación. La transición entre la estepa pampeana y el bosque xerófito del Espinal, con árboles de *Prosopis* y densa cobertura gramínea se desarrolla al sudoeste de Bahía Blanca hasta el río Colorado. Los matorrales xéricos del Monte, dominados por arbustos de *Larrea*, se extienden en las tierras áridas del sector nordeste de Patagonia norte y forman una transición con el Espinal entre los ríos Colorado y Negro. Hacia el oeste, el semidesierto de arbustos bajos de *Nassauvia* y de *Mulinum* son frecuentes y están asociados con una cubierta gramínea. Al pie de los Andes, donde se incrementan suavemente los valores de precipitación, domina la estepa patagónica constituida por varias especies de *Festuca* asociadas con *Austrocedrus* y hacia el oeste, con *Nothofagus*, formando el ecotono bosque-estepa asociado con una precipitación anual de 300-400 mm. Como lo demuestran los estudios polínicos previos en Patagonia (Schabitz, 1989, 1999; D'Antoni, 1991; Paéz *et al.*, 1997, 2001) existe una significativa correlación entre las formaciones vegetales, los conjuntos polínicos actuales y los valores de precipitación, particularmente en el norte de Patagonia. Esta alta correlación es el prerrequisito

Para realizar los análisis estadísticos se elaboró una base de datos de más de 250 espectros polínicos actuales provenientes de diferentes formaciones vegetales de Patagonia (Paéz *et al.*, 2001), las cuales incluyen el área de estudio (Fig. 2). En la primera aproximación realizada se seleccionaron, 110 muestras del nordeste de Patagonia según criterios ecológicos (D'Antoni & Schabitz, 1990; Schabitz, 1999). Estos datos se transformaron y correlacionaron con los valores de la precipitación anual derivados de datos climáticos disponibles (Servicio Meteorológico Nacional, 1969, 1985, 1986). Se utilizó análisis de regresión múltiple, con el programa SPSS, como una función para expresar los conjuntos polínicos en términos de valores de precipitación. Las muestras polínicas consideradas en este análisis de selección están basadas en una transecta E-O del norte de Patagonia (Fig. 2), e incluyen valores de precipitación que no superan los 1000 mm anuales (Schabitz, 1999). Los datos se sometieron a varios test estadísticos que permitieron obtener el

MATERIALES Y METODOS

terpretar el pasado. la reconstrucción climática cuantitativa para en el análisis de polen para aplicar la metodología de "los análogos modernos" (Paéz *et al.*, 2001) en

modelo más ajustado. Para estimar los valores de paleoprecipitación se utilizaron 11 perfiles fósiles provenientes de lagunas secas y salinas de la misma región (Fig. 2).

## RESULTADOS

Se presentan los resultados del análisis de regresión múltiple. Para conocer la interpretación "clásica" de los perfiles polínicos ver Schäbitz (1999). De una base de datos de más de 120 tipos polínicos sólo 15 se seleccionaron por procedimientos estadísticos estándar, los cuales señalaron una alta correlación con la precipitación, variable dependiente (Cuadro 1). Posterior a la transformación y correlación sólo ocho taxones (Cuadro 1) se usaron para el análisis de regresión múltiple como variables independientes.

El ajuste más apropiado del modelo, aplicando técnicas de regresión múltiple, con *software*-SPSS, proveyó la siguiente función (significación de \* y \*\* ver Cuadro 1):

Precipitación (mm/a):

$$378,14 + 201,74 * \text{Aus}^{**0,25} - 31,13 * \text{Eph}^{**0,25} + 32,51 * \text{Poac gr}^{**0,5} - 29,47 * \text{Lar}^{**0,25} - 65,47 * \text{Nas}^{**0,25} - 26,94 * \text{Pro}^{**0,25}$$

Comparando los valores de precipitación observados y estimados (Fig. 3) se observa que la fórmula revela resultados confiables que pueden aplicarse a lo largo de la transecta E-O. El cálculo de la media de los residuales presenta el 12% de variación. Los valores estadísticos de la fórmula presentados en Schäbitz (1999) han sido:  $R^2 = 0,90187$ , coeficiente de correlación múltiple:  $R = 0,94972$  y error estándar = 42,34208. Esta fórmula se utilizó para calcular los valores de paleoprecipitación de 11 perfiles ubicados en el oeste, centro y nordeste del norte de Patagonia (Fig. 2). Los resultados son graficados en una escala temporal de años radiocarbónicos convencionales de AMS, acumulando 29 datos confiables de todos los perfiles (Figs. 4-5). Para la discusión de los modelos temporales ver Schäbitz (1999).

Los valores de paleocirculación muestran claramente una diferenciación regional. En los perfiles ubicados en el nordeste, entre el río Negro y el sur de la estepa pampeana (Figs. 2 y 4), existe una marcada tendencia de incremento de los valores de la precipitación desde el Holoceno medio (comenzando hacia 6-7 ka AP) hasta la actualidad. El perfil de la Salina Anzóategui es el único que sugiere altos valores de precipitación para el Holoceno temprano. Sus sedimentos en la base que corresponden al periodo del fin de

Cuadro 1. Selección de taxones de las 67 muestras provenientes de la transecta E-O de Patagonia norte utilizados para el análisis de regresión múltiple. Trans.= Transformación; \*\*= potencia; ln= logaritmo natural; cn **negrita**= taxón, con coeficiente de correlación significativo de >0,1%; **subrayado**= taxón, con coeficiente de correlación significativo de >5%. Los taxones en **negrita** y **subrayados** se usaron para el análisis de regresión.

| Taxones y abreviación                   | Media | Máxima | Trans. | Coef. Corr. precip./a. |
|---|-------|--------|--------|------------------------|
| 1. Mutisieae p.p. (Mut)                 | 0,61  | 16,9   | **0,25 | -0,1625                |
| 2. <i>Chuquiraga</i> (Chuq)             | 0,86  | 27,7   | **0,25 | -0,1393                |
| 3. Poaceae (>40 µm) (Poac gr)           | 1,28  | 18,9   | **0,5  | 0,3120                 |
| 4. <b><i>Austrocedrus</i> (Aus)</b>     | 1,41  | 92,0   | **0,25 | <b>0,8016</b>          |
| 5. Apiaceae (Apia)                      | 1,49  | 57,0   | **2    | 0,1585                 |
| 6. <i>Nassauvia</i> (Nas)               | 1,63  | 36,9   | **0,25 | -0,3106                |
| 7. Anacardiaceae (Ana)                  | 1,93  | 21,5   | **0,25 | -0,1280                |
| 8. <i>Nothofagus t. ant./dom.</i> (Not) | 1,97  | 16,0   | no     | 0,1405                 |
| 9. <b><i>Ephedra</i> (Eph)</b>          | 2,34  | 14,2   | **0,25 | <b>-0,5888</b>         |
| 10. <i>Condalia</i> (Con)               | 4,20  | 30,4   | **0,25 | -0,2153                |
| 11. Asteraceae subf. Asteroideae (Ast.) | 6,66  | 38,2   | ln     | -0,1749                |
| 12. <b><i>Prosopis</i> (Pro)</b>        | 9,31  | 41,0   | **0,25 | <b>-0,4815</b>         |
| 13. <b><i>Larrea</i> (Lar)</b>          | 10,69 | 55,5   | **0,25 | <b>-0,5405</b>         |
| 14. Poaceae (<40 µm) (Poac kl)          | 23,51 | 84,8   | **2    | 0,3180                 |
| 15. Chenopodiaceae/Ama. (Che)           | 32,11 | 84,9   | **0,25 | -0,3593                |

### Paleo-precipitación en el nordeste de Patagonia

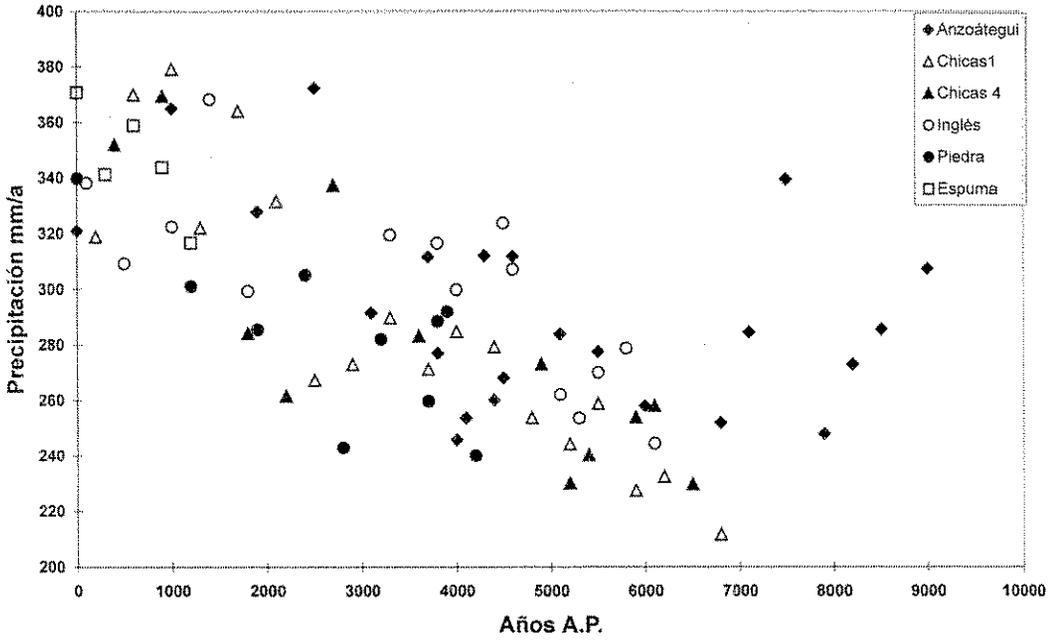


Fig. 4. Valores de paleoprecipitación para los seis perfiles polínicos ubicados en el extremo nordeste de Patagonia (región 2).

### Paleo-precipitación en el oeste y centro de Patagonia norte

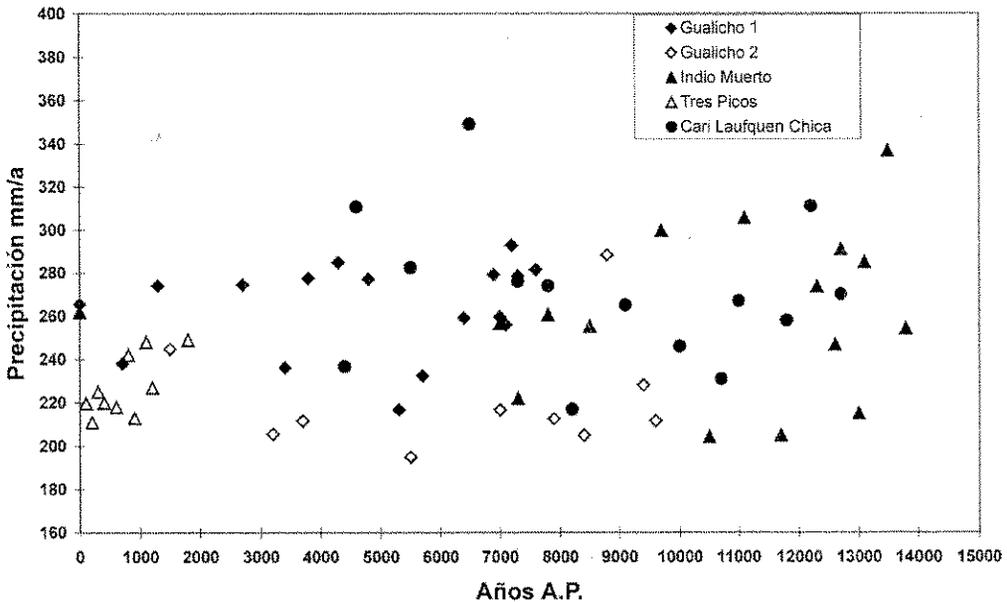


Fig. 5. Valores de paleoprecipitación para los cinco perfiles polínicos ubicados en los sectores oeste y central de Patagonia norte (región 1).

Cuadro 2. Patrón de paleocirculación en el norte de Patagonia durante el Cuaternario tardío.

| 10 <sup>3</sup><br>años<br>AP | Región 1:<br>oeste-centro<br>de Patagonia<br>norte | Región 2:<br>extremo<br>nordeste de<br>Patagonia | Posición de<br>los vientos<br>del oeste |
|-------------------------------|--|--|---|
| 0.5                           | Arido  | Semiárido  | 38-40° S<br>en invierno                 |
| 1                             |  |  |   |
| 1.5                           |  |  |   |
| 2                             |  |  |   |
| 2.5                           |  |  |   |
| 3                             |  |  |   |
| 3.5                           |  |  |   |
| 4                             | Transición   | Transición                                       | Transición                              |
| 4.5                           |  |  |   |
| 5                             |  |  |   |
| 5.5                           |  |  |   |
| 6                             | Semiárido  | Cálido y<br>árido                                | 38-40° S<br>durante todo<br>el año      |
| 6.5                           |  |  |   |
| 7                             |  |  |   |
| 7.5                           |  |  |   |
| 8                             |  |  |   |
| 8.5                           | Cálido<br>y<br>árido                               | Cálido y<br>semiárido                            | 38-40° S en<br>invierno                 |
| 9                             |  |  |   |
| 9.5                           |  |  |   |
| 10                            | Semiárido<br>y<br>frío<br>>12,7                    | Arido<br>y<br>frío                               | 38-40° S<br>durante todo<br>el año      |
| 10.5                          |  |  |   |
| 11                            |  |  |   |
| 11.5                          |  |  |   |
| 12                            |  |  |   |
| 12.5                          |  |  |   |
| 13                            |  |  |   |

Pleistoceno no contienen polen pero indican sedimentológicamente un clima arido (Schäbitz, 1999 y Cuadro 2). Por otro lado, los perfiles de los sectores oeste y central (Fig. 5) señalan pocas diferencias en la precipitación entre el Pleistoceno tardío y el Holoceno. Sin embargo, se evidencia una leve tendencia de disminución de la precipitación en el intervalo 14-12 ka A.P. y en los últimos 3 ka.

## DISCUSIÓN

En la figura 3 las muestras polínicas actuales, ordenados en dirección E-O, en relación con los valores de precipitación observados y estimados indican una calibración apropiada del modelo para el norte de Patagonia. La fórmula incluye variables independientes que tienen una significativa explicación ecológica (Schäbitz, 1999;

Paez et al., 2001). *Austrocedrus*, con signo positivo en la fórmula, presenta una alta correlación con la precipitación. El polen de este taxón no se dispersa a larga distancia y en el norte de Patagonia constituye un indicador más preciso del ecotono estepa-bosque comparado con *Nothofagus*. Ambos taxones son elementos arbóreos que crecen en regiones con valores de precipitación de menores a 400 mm anuales. El polen de Poaceae >40 μm también presenta coeficientes de signo positivo en la fórmula, pero con un valor menor comparados con *Austrocedrus*. Poaceae representa un importante elemento de las cubiertas vegetales gramíneas densas que se desarrollan en regiones con valores de precipitación entre 400-300 mm anuales. *Ephedra*, *Larrea*, *Prosopis* y *Nassauvia* presentan signos negativos, los cuales se relacionan con una distribución más amplia de estos arbustos en las regiones áridas del centro y del nordeste de Patagonia. Estos taxones se consideraron también indicadores en la interpretación "clásica" de esta región (Schäbitz, 1999). En síntesis, la significativa relación vegetación-polen-precipitación que se expresa en la fórmula propuesta en este trabajo es óptima para ser aplicada en la reconstrucción de los valores de la paleocirculación para el área de estudio.

Con respecto a los valores de la paleoprecipitación estimados se diferencian dos regiones con condiciones climáticas opuestas durante el Cuaternario tardío en el norte de Patagonia: región 1 (sectores oeste y central) y región 2 (extremo nordeste). En esta última región, ubicada entre el río Negro y el sur de la estepa pampeana, los perfiles (Fig. 4) muestran bajos valores de precipitación anual (210-290 mm) durante el Holoceno medio (ca. 7-5 ka AP). Estas condiciones se correlacionan con la fase del Hypsitermal, conocida en ambos hemisferios como los tiempos más cálidos del Holoceno (Schönwiese, 1995). La alta temperatura y baja precipitación también provocaron una disminución en el tamaño de las salinas y la removilización de arenas y dunas sobre las playas como ha sido señalado por Sage (1997) y Schäbitz (1999). Este escenario árido probablemente dependió de la dominancia de los vientos del oeste. Estos vientos pierden su humedad al atravesar los Andes y las altas mesetas del norte de Patagonia y penetran en la región entre el Río Negro y el sur de la estepa pampeana, como vientos secos. En este período, las masas de aire húmedo del océano Atlántico no pudieron penetrar al continente debido a la dominancia del sistema de vientos del oeste.

Posterior a ca. 5 ka A.P. y hasta 3 ka A.P. el clima cambió levemente hacia condiciones

semiáridas y la precipitación se incrementó a valores entre 240-320 mm anuales. En simultaneidad, comienzo el desarrollo de capas salinas en los bajos (Schäbitz, 1999) indicando una precipitación más estacional, probablemente causada por la deriva estacional de los vientos del oeste. Cuando la dominancia de los vientos del oeste y el centro del sistema se localizan más hacia el sur, el aire húmedo del Atlántico penetra en el nordeste de Patagonia. Este efecto acompañado por el comienzo de las precipitaciones provocaron una mayor disponibilidad de agua corriente en las laderas de los bajos. Este aporte de agua transportó sales disueltas de las rocas expuestas. En el verano, con condiciones más cálidas y secas, causadas por el Anticiclón del Atlántico, ocurrió la evaporación en los bajos y la formación de capas de sales. Durante los últimos ca. 3 ka estas condiciones comenzaron a manifestarse más regularmente, mientras que la precipitación se incrementó a los valores actuales, entre 260 y 380 mm anuales.

En los sectores oeste y central del norte de Patagonia (región 1, Fig. 5) las diferencias de los valores de precipitación durante la Transición Pleistoceno tardío-Holoceno y en el Holoceno no son tan marcadas como en el sector nordeste (región 2). Sin embargo, la influencia de los vientos del oeste ha sido probablemente el factor más importante que influyó en la precipitación. Cuando los vientos del oeste se ubican en una posición más septentrional durante todo el año, ocurre un aumento de precipitación. Así, durante el Pleistoceno tardío la precipitación estimada alcanza mayores valores (210-340 mm anuales) que durante el Holoceno medio (190-300 mm anuales) y el tardío (210-280 mm anuales). En el perfil de Cari-Laufquen, localizado en una alta meseta basáltica del sector oeste, se detectan dos excepciones, una ca. 6,5 ka AP. y otra a 4,5 ka AP. Ambas son sincrónicas con un abrupto aumento de sedimentos de grano fino, de arcillas, altos porcentajes de polen hidrófitas (Schäbitz, 1999) y altos niveles lacustres (Galloway *et al.*, 1988). Este último evento podría estar conectado con las fases glaciales del Holoceno registradas por Garleff & Stingl (1984) para la región de Domuyo, en los Andes del norte de Neuquén. Estas múltiples señales indican fluctuaciones de corto tiempo de los vientos del oeste aportando mayor precipitación al oeste de Patagonia norte. Durante los últimos 3-4 ka, el incremento de la aridez en los sectores oeste y central, también está evidenciada por la formación de dunas jóvenes y la removilización de arena en las proximidades de varios bajos, especialmente sobre los bordes de los mismos (Schäbitz, 1999).

## CONCLUSIONES

Los valores de paleoprecipitación estimados propuestos en el análisis de regresión múltiple, generados a partir de las muestras polínicas y los datos climáticos actuales, demuestran condiciones áridas a semiáridas para los últimos 13 ka en el norte de Patagonia. Las dos regiones diferenciadas señalan eventos más o menos sincrónicos pero de señal paleoclimática opuesta. Mientras que en los sectores oeste y central predominaba mayor precipitación, el extremo nordeste estaba sometido a la aridez y viceversa.

La explicación de este contraste climático ha sido posiblemente causada por la deriva estacional y/o estabilidad anual de la localización de la banda extratropical de los vientos del oeste (Cuadro 2). Si los vientos del oeste se localizan en una posición más septentrional durante todo el año, mayor influencia de las masas de aire húmedo penetran en los sectores oeste y central de Patagonia norte. Simultáneamente, en la región que se extiende al sur de la estepa pampeana hacia el río Negro (región 2) predominan condiciones áridas, dado que los vientos del oeste alcanzan este sector con ausencia total de humedad y las masas de aire del Atlántico no pueden penetrar en el continente. Al contrario, si consideramos la otra alternativa, si la deriva hacia el norte de los vientos del oeste ocurre sólo en invierno, bajos valores de precipitación anual resultan en los sectores oeste y central de Patagonia norte (región 1). Durante la primavera y el otoño, cuando el sistema de circulación comienza a cambiar y se ubica en su posición más meridional, el aire húmedo del este genera la precipitación en el extremo nordeste de Patagonia (región 2).

Por lo expuesto, la reconstrucción de la precipitación puede ser usada como una herramienta para la determinación de los patrones de paleoprecipitación de las regiones áridas de sur de Argentina. Estudios recientes basados en la misma metodología en la Región Volcánica de Pali Aike, extremo sur de Santa Cruz (Proyecto SALSA, Schäbitz *et al.*, 2003; Zolitschka *et al.*, en prensa) y en el Noroeste de Argentina (Schäbitz 2000; Schäbitz *et al.*, 2001) generarán información paleoambiental comparativa de regiones áridas y semiáridas de Argentina. Estos datos se utilizarán para calibrar los modelos paleoclimáticos y realizar predicciones de cambios climáticos futuros.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Marta M. Paez por la traducción de este trabajo y por la cooperación en

el análisis e interpretación de las muestras polínicas actuales de Patagonia. Estas investigaciones han sido financiadas por la Fundación Científica de Alemania (DFG), el Servicio de Intercambio Académica de Alemania (DAAD) y la Donación Volkswagen en diferentes proyectos de investigación durante los últimos dieciocho años.

## BIBLIOGRAFÍA

- D'Antoni, H.L. 1991. Modern pollen dispersal in southern Argentina. *Bamberger Geographische Schriften* 11:209-228.
- D'Antoni, H.L. & F. Schäbitz. 1990. Pollen analysis for the generation of environmental hypothesis. *Grana* 29:295-300.
- Galloway, R.W., V. Markgraf & J.P. Bradbury. 1988. Dating of shorelines of lakes in Patagonia, Argentina. *Journal of South America Earth Sciences* 1:195-198.
- Garleff, K. & H. Stingl. 1984. Neue Befunde zur jungquartären Vergletscherung in Cuyo und Patagonien. *Berliner Geographische Abhandlungen* 36:105-112.
- Houghton, J. 2000. *Global warming: the complete briefing*. Cambridge, 251 pp.
- Hueck, K. & P. Seibert. 1981. *Vegetationskarte von Südamerika*. Stuttgart, New York, 90 pp.
- Paez, M.M., F. Schäbitz & S. Stutz. 2001. Modern pollen-vegetation and isopoll maps in southern Argentina. *Journal of Biogeography* 28:997-1021.
- Paez, M.M., C. Villagrán, S. Stutz, F. Hinojosa & R. Villa. 1997. Vegetation and pollen dispersal in the Subtropical-Temperate climatic transition of Chile and Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 96:169-181.
- Roig, F.A. 1998. La vegetación de la Patagonia. En: M.N. Correa (ed.), *Flora Patagónica*. Colección Científica INTA 7(1), 174 pp.
- Sage, M. 1997. *Flugsande und Dünen in der Region von Bahía Blanca (Argentinien) zwischen 38-39°15' Süd und 61°-64°30' West: Untersuchungen zur Aussagekraft der sandig-ölischen Ablagerungen bezüglich der jungquartären ökologischen und klimatischen Entwicklung im Grenzraum von Pampe und Patagonien*. Universität Bamberg. 128 pp.
- Schäbitz, F. 1989. Untersuchungen zum aktuellen Pollenniederschlag und zur holozänen Klima- und Vegetationsentwicklung in den Anden Nord-Neuquén, Argentinien. *Bamberger Geographische Schriften* 8:131 pp.
- 1999. Paläoökologische Untersuchungen an geschlossenen Hohlformen in den Trockengebieten Patagoniens. *Bamberger Geographische Schriften* 17:239 pp.
- 2000. Vegetation and climate history of the eastern flank of the Sierra de Santa Victoria, Jujuy Province; NW-Argentina (first results). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1(1999):969-984.
- Schäbitz, F., L. Lupo, J. Kulemeyer & J. Kulemeyer. 2001. Variaciones de la vegetación, el clima y la presencia humana en los últimos 15.000 años en el Borde Oriental de la Puna, provincias de Jujuy y Salta, Noroeste Argentino. *Ameghinia* 8:155-162.
- Schäbitz, F., M.M. Paez, M.V. Mancini, F.A. Quintana, M. Wille, H. Corbella, T. Haberzettl, A. Lücke, A. R. Prieto, N. Maidana, C. Mayr, C. Ohlendorf, G. H. Schleser, B. Zolitschka. 2003. Estudios de pollen actual como clave para la reconstrucción del paleoambiente en el sur de Patagonia, Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s.*, 5:301-316.
- Schönwiese, C. 1995. *Klimaänderungen*. Berlin, Heidelberg, 224 pp.
- Schwerdtfeger, W. 1976. *Climates of Central and South America*. Amsterdam, 532 pp.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1969. *Estadísticas Climatológicas 1951-1960*. Buenos Aires, Publ. B1 (6).
- 1985. *Estadísticas Climatológicas 1961-1970*. Buenos Aires, Publ. 35.
- 1986. *Estadísticas Climatológicas 1971-1980*. Buenos Aires, Publ. 36.
- von Storch, H., S. Güss & M. Heimann. 1999. *Das Klimasystem und seine Modellierung*. Berlin u.a., 255 pp.
- Weischet, W. 1996. *Regionale Klimatologie. Teil 1. Die Neue Welt: Amerika, Neuseeland, Australien*. Stuttgart, 468 pp.
- Zolitschka, B., F. Schäbitz, A. Lücke, G. Clifton, H. Corbella, B. Ercolano, T. Haberzettl, N. Maidana, C. Mayr, C. Ohlendorf, G. Oliva, M.M. Paez, G.H. Schleser, J. Soto, P. Tiberi & M. Wille. En prensa. Palaeoecological potential of crater lakes in the Pali Aike Volcanic Field, southern Patagonia (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*.

Recibido: 16-VII-2003

Aceptado: 09-XI-2003