

## Paleoecología del Cuaternario Tardío en el Sur de la Patagonia (46°-52° S), Argentina

María V. MANCINI

Laboratorio de Paleoecología y Palinología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3250, 7600 Mar del Plata, Argentina.  
mvmancin@mdp.edu.ar.

**Abstract: Late Quaternary Paleoecology in Southern Patagonia (46°-52° S), Argentina.** This article is a review of pollen studies from stratigraphical sequences of Pleistocene and Holocene age with the aim to reconstruct changes in the different types of vegetation and, by inference, of paleoclimatic conditions between 46° and 52° S (Argentina). The paleoenvironmental interpretation is based on comparison of the fossil pollen data with modern pollen data and their relation to the vegetation and the climatic conditions of the study area. Most of the records are of postglacial (Holocene age), only two sequences represent the Middle and Late Pleistocene; the former from the upper valley of the Santa Cruz River and the latter from the area of the Straits of Magellan. Due to the different stratigraphical and sampling resolution of the sequences, the vegetational changes are not evident in all the records. However, the comparison of the sequences at regional scale permitted to evaluate the response of the plant communities to the climate change. The history of the vegetation inferred from these records reflects different processes such as climate change, forest dynamic and human impact. From the interpretation of the available records, the presence of a vegetation without modern analogues is found during the Middle Pleistocene represented by forest dominated by *Podocarpus* and during the Late Glacial with its dry steppe. Modern vegetation became established at the beginning of the Holocene with the expansion of open forests of *Nothofagus*. Modern vegetation distribution only developed during the Late Holocene.

**Key words:** pollen sequences, vegetation, Pleistocene, Holocene, Patagonia.

La reconstrucción del paleoclima del sur de Sudamérica constituye un significativo aporte al conocimiento de los procesos y patrones del cambio climático mundial. La posición geográfica del área ofrece excelentes oportunidades para comprender los patrones de circulación atmosférica y oceánica permitiendo calibrar modelos de circulación general. Los registros paleoecológicos (Heusser, 1989, 1993, 1998; Markgraf, 1993; Markgraf & Kenny, 1997; Paez *et al.*, 1999; Markgraf *et al.*, 2000; Mancini, 2002, entre otros) junto con los registros de las fluctuaciones de los campos de hielo de la Patagonia austral (Caldenius, 1932; Mercer, 1976; Aniya & Sato, 1995; Marden & Clapperton, 1995; Wenzenz, 1999; Benn & Clapperton, 2000; entre otros) permiten una mejor comprensión de los mecanismos y forzantes del cambio climático y de la dinámica de la vegetación de esta región.

Este trabajo es una revisión de los estudios palinológicos realizados en secuencias estratigráficas del Pleistoceno y del Holoceno con el objetivo de reconstruir los diferentes tipos de vegetación y consecuentemente, las condiciones paleoclimáticas

entre los 46° y 52° S. Los cambios paleoambientales se interpretaron comparando los datos polínicos fósiles con datos polínicos actuales de superficie y su relación con la vegetación y el clima actual del área.

### Ambiente actual

En el oeste de la región se extiende la Cordillera de los Andes y hacia el este el relieve incluye mesetas y planicies con elevaciones hasta de 1500-2000 m snm que disminuyen a 300-500 m snm hacia la costa atlántica, surcadas por depresiones y cañadones. Hacia el sur, entre los ríos Coyle y Gallegos se encuentra un relieve volcánico reemplazado por formas glaciales hacia la costa atlántica.

El clima de la región es frío-templado. Las temperaturas medias anuales varían de 8° en el sector noreste a 4° en el sudoeste y están afectadas por factores locales como la topografía y el viento. El patrón de precipitación está determinado por el desplazamiento estacional hacia el Ecuador del anticiclón semipermanente del Pacífico y del cinturón de baja presión subpolar y de las corrientes oceánicas. Las masas de aire provenientes desde el

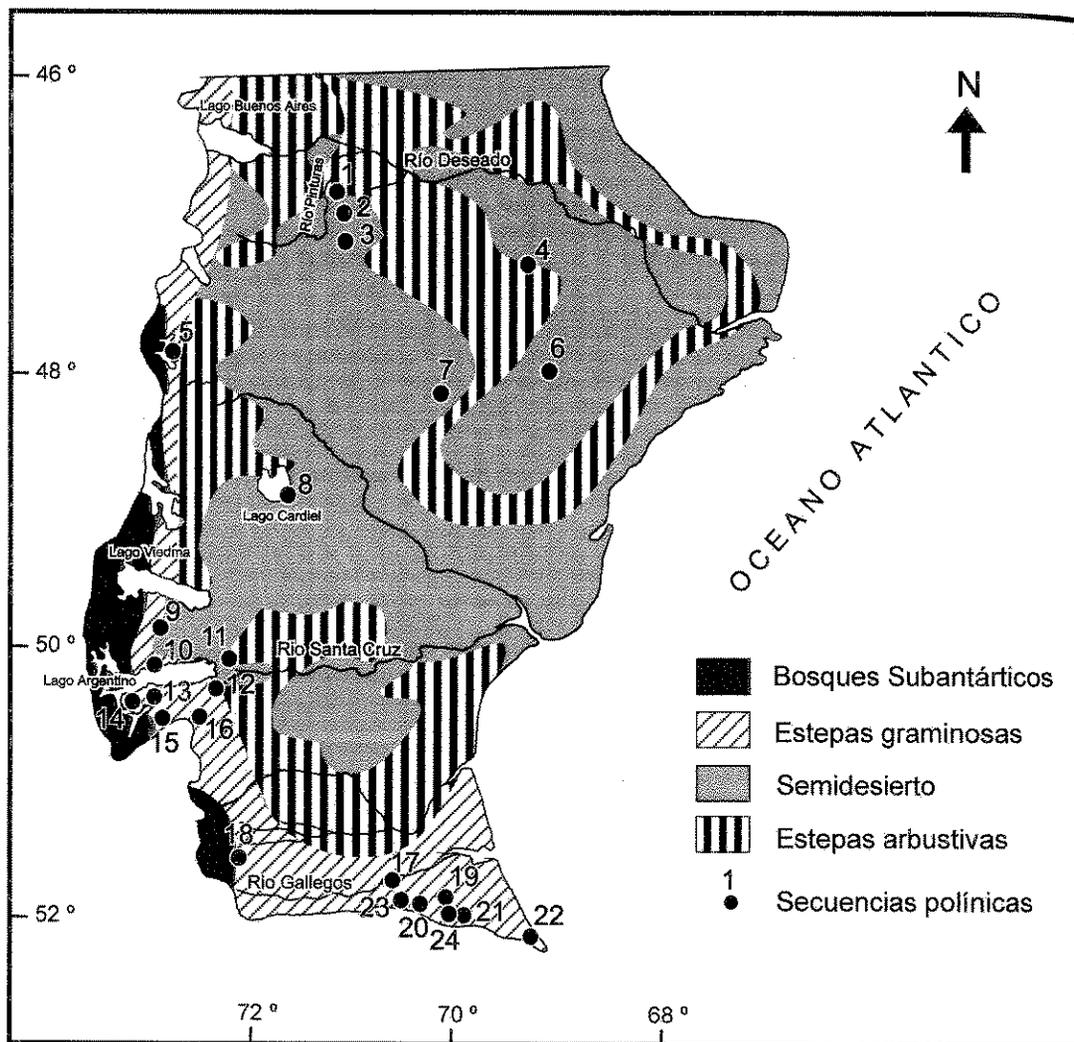


Fig. 1. Mapa de distribución de las unidades de vegetación y ubicación de los sitios mencionados en el texto.

Atlántico influyen en el sur de la región. Los patrones generales de circulación y la barrera de los Andes determinan un fuerte gradiente O-E de la precipitación que se relaciona con un gradiente de tipos de vegetación (Fig. 1). Las precipitaciones se concentran en los meses más fríos del año (abril a septiembre); son máximas en la zona andina donde llegan a 800 mm, disminuyen a 300 mm al este de los Andes y a menos de 200 mm en la meseta central. La mayor parte de la región tiene un marcado déficit de agua en primavera y verano, por lo cual, la aridez es otra característica importante del área (Paruelo *et al.*, 1998a).

El bosque ocupa una zona angosta entre las isohietas de 800 y 400 mm y está formado por

especies caducifolias de *Nothofagus*. La estepa patagónica se extiende desde el límite del bosque hasta la costa atlántica y presenta diferentes tipos fisonómicos en relación con la humedad y con las condiciones del suelo, siendo los dominantes: estepas gramíneas al oeste y al sur, semidesierto y estepas arbustivas en el centro y este de la región. Las estepas gramíneas constituyen el contacto de los bosques caducifolios con la Patagonia semiárida e ingresan en el sector de los bosques en un amplio ecotono en forma de parches o mosaico. Frecuentemente, se encuentran en paisajes de modelado fluvio-glacial, como en los lagos Belgrano y Argentino y también en altiplanicies, como las ubicadas al sur del río Santa Cruz. En una estrecha faja al

Cuadro 1. Secuencias polínicas analizadas entre los 46° y 52° S.

Sitio	Localización	Autor
1. Cueva Grande del Arroyo Feo	46° 57'S; 70° 32'O	Trivi de Mandri, 2003
2. Alero Charcamata	47° 03'S; 70° 24'O	Trivi de Mandri <i>et al.</i> , 1994
3. Alero Cárdenas	47° 18'S; 70° 26'O	Mancini & Trivi de Mandri, 1994; Mancini, 1998
4. Los Toldos	47° 22'S; 68° 58'O	Paez <i>et al.</i> , 1999, 2000; Prieto <i>et al.</i> , 2002a, 2002b
5. Parque Nacional Perito Moreno	47° 42'S; 72° 12'O	Mancini <i>et al.</i> , 2002
6. Piedra Museo	47° 53'S; 67° 52'O	Borromei, 2000
7. La Martita	48° 24'S; 69° 15'O	Mancini, 1998
8. Lago Cardiel	48° 48'S; 71° 13'O	Markgraf <i>et al.</i> , 2003
9. Sección Río Guanaco	49° 55'S; 72° 55'O	Schäbitz, 1998
10. El Sosiego	50° 09'S; 72° 33'O	Mancini, 2002
11. El Mosquito	50° 11'S; 71° 20'O	Schäbitz & Schellmann, 1999
12. Charles Fuhr	50° 16'S; 71° 52'O	Mancini, 2002
13. Cerro Frías	50° 26'S; 72° 43'O	Mancini, inédito.
14. Glaciar Perito Moreno	50° 28'S; 72° 58'O	Mercer & Ager, 1983
15. Chorrillo Malo	50° 30'S; 72° 40'O	Mancini, 1999, 2002
16. Alero Verlika	50° 36'S; 72° 16'O	Mancini, 2001, 2002
17. Las Buitreras	51° 07'S; 70° 16'O	Prieto <i>et al.</i> , 1998
18. Meseta Latorre	51° 31'S; 72° 03'O	Schäbitz, 1991
19. Markatch Aike	51° 53'S; 69° 37'O	Borromei, 2000
20. Cueva Don Ariel	52° 00'S; 70° 09'O	Borromei, 2000
21. Maar Magallanes	52° 07'S; 69° 16'O	Corbella <i>et al.</i> , 2000
22. Cabo Virgenes	52° 19'S; 68° 23'O	Mancini, inédito.
23. Laguna Potrok Aike	51° 50'S; 70° 10'O	Schäbitz <i>et al.</i> , 2003
24. Laguna Azul	52° 03'S; 69° 30'O	Schäbitz <i>et al.</i> , 2003

este de los bosques, con precipitaciones mayores a 300 mm, están dominadas por *Festuca pallescens* (St. Ives) Parodi; en el sector Magallánico se dividen en una estepa más húmeda, hacia el oeste, con precipitaciones mayores a 250 mm y una estepa xérica, con precipitaciones menores, en la cuenca baja del río Gallegos. La especie dominante es *F. gracillima* Hook asociada con *Empetrum rubrum* Vahl ex Willdenow y *Chilotrichum diffusum* (G. Forster) O.K. en el oeste y con *Nardophyllum bryoides* (Lam.) Cabrera en el sector este (Boelcke *et al.*, 1985; León *et al.*, 1998).

En el centro y este de Santa Cruz se extiende el semidesierto, dominado por *Stipa humilis* Cavanilles, *S. speciosa* Trinius & Ruprecht, *S. ibari* Philippi, con arbustos bajos en cojín de *Nassauvia glomerulosa* (Lag.) Don, *Ephedra frustillata* Miers y *Azorella caespitosa* Cav (Movia *et al.*, 1987). Al sur y al norte del valle del río Santa Cruz se extiende la estepa arbustiva de *Junellia tridens* (Lag.) Moldenke acompañada por *Stipa ibari*, *S. speciosa*, *Nassauvia darwinii* (Hook. & Arn.), *Acaena poeppigiana* Gay y *Azorella caespitosa*; en el sector oeste se encuentran las estepas arbustivas de *Nardophyllum obtusifolium* Hooker & Arnott y *N. bryoides* con *Festuca pallescens*; en el área central (llano de inundación del río Chico), se encuentra una estepa arbustiva de altura media o alta con *Lycium chilense* Miers ex Bertero, *Berberis heterophylla* Juss, *Schinus polygamus* (Cav.) Cabr.

y *Senecio filaginoides* de Candolle. En el noreste de la provincia, en las laderas de las mesetas y en cañadones se encuentra una estepa arbustiva alta con *Colliguaja integerrima* Gillies & Hooker ex Hooker asociada a *S. filaginoides*, *Baccharis darwinii* Hooker & Arnott, *Nassauvia ulicina* Hook. f. y gramíneas del género *Stipa* (León *et al.*, 1998; Paruelo *et al.*, 1998b).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos polínicos provienen de secuencias de lagos, turberas y sitios arqueológicos (Cuadro 1) y la mayoría son registros postglaciales. Las secuencias del Pleistoceno se presentan en diagramas integrados en porcentajes, modificados a partir de los diagramas publicados (Schäbitz & Schellmann, 1999; Corbella *et al.*, 2000) con los taxones dominantes en cada sitio (Fig. 2). Los principales tipos de vegetación en distintos sectores del área de estudio durante el Glacial Tardío y el Holoceno se sintetizan en las secuencias presentadas en la figura 3. Las zonas polínicas y la interpretación de las secuencias corresponden a las publicadas por los diferentes autores. La reconstrucción de la vegetación se realizó comparando los registros fósiles con los registros polínicos de superficie (Mancini, 1993, 1998, 2002; Prieto *et al.*, 1998; Schäbitz *et al.*, 2003) y con la vegetación y el clima actuales. La información paleoambiental se pre-

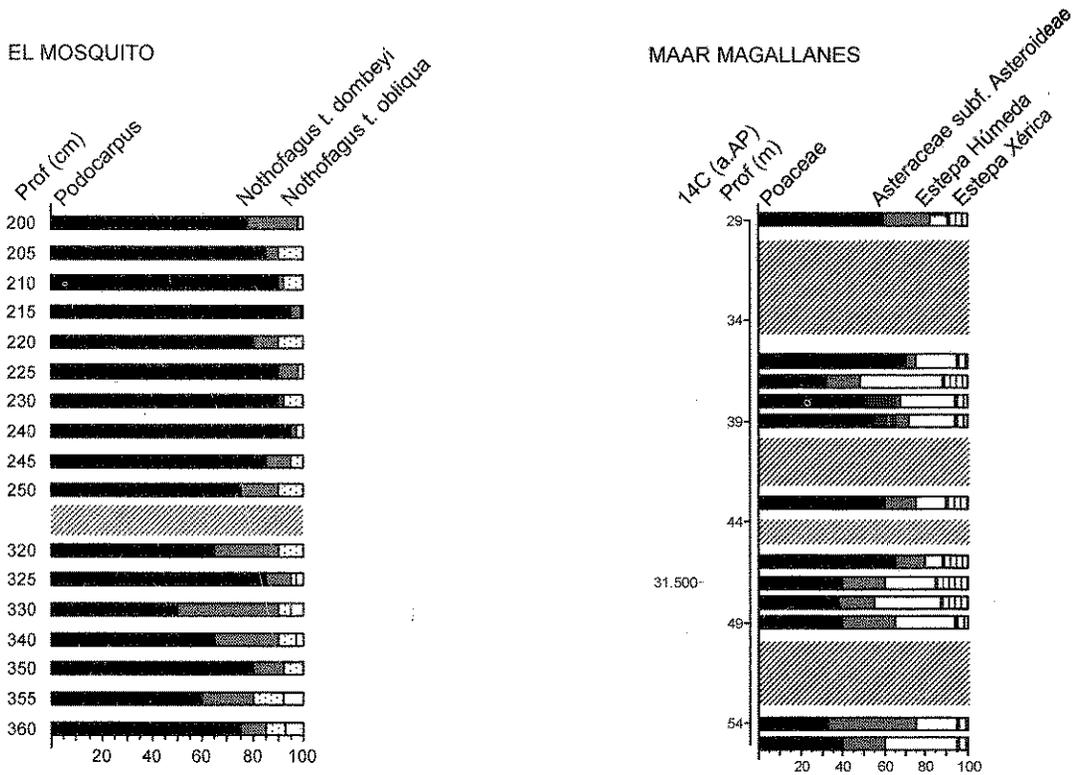


Fig. 2. Diagramas polínicos integrados de las secuencias del Pleistoceno (sitios 11 y 21).

sentada para el Pleistoceno medio, Pleistoceno tardío, Glacial Tardío, Holoceno temprano, Holoceno medio y Holoceno tardío.

#### REGISTROS DEL PLEISTOCENO

##### Pleistoceno medio

La historia de las glaciaciones y del clima durante el Pleistoceno para el área de estudio son menos conocidos que los ocurridos a partir del Máximo Glacial. A partir de la información disponible (Strelin & Malagnino, 1996; Schellmann, 1998, 2000) se conoce que las extensiones de las glaciaciones ocurridas en el Pleistoceno temprano y medio a ca. 1,8-2,1 Ma (Meghlioli, 1992) fueron más extendidas hacia el este que las glaciaciones posteriores. Las áreas glaciales han sido localizadas no sólo en la Cordillera sur sino también en mesetas subandinas y sierras con altitudes superiores a 1400 m snm. La mayor expansión de estas glaciaciones puede ser un resultado de condiciones climáticas más húmedas (Schellmann *et al.*, 2000). En un área cubierta por estas glaciaciones, en el Cañadón El Mosquito, en el Alto Valle del Río Santa Cruz, se obtuvo una secuencia polínica de un depósito de turba

(sitio 11) que se corresponde estratigráficamente al Interglacial M3/M4 (ca. 500.000 a. AP) (Schäbitz & Schellmann, 1999). El contenido de polen arbóreo (> 90%) así como altos valores de concentración en los espectros polínicos sugieren la presencia de un bosque denso dominado por *Podocarpus* (Fig. 2). Este taxón y *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. indican un bosque que hoy no existe en Patagonia, y que probablemente requirió un clima más húmedo y más cálido que el actual. De acuerdo a datos paleopedológicos y palinológicos al menos los períodos interglaciales del Pleistoceno fueron más húmedos y probablemente más cálidos comparados con el período reciente (Schellmann, 2000). Actualmente *N. obliqua* se desarrolla en los bosques del norte de Patagonia (38°-40° S); *Podocarpus nubigenus* Lindl crece en Chile entre 40° y 44° S (Quintanilla, 1983) y a los 41° S en Argentina junto con *N. betuloides* (Mirb.) Oerst., *N. dombeyi* (Mirb.) Blume y *Fitzroya cupressoides* (Molina) Johnston (Dimitri, 1972; Cabrera, 1976). En muestras de sedimento actual de Santa Cruz, los valores polínicos máximos de *Podocarpus* se encuentran en el sector oeste a los 47° S y no superan el 5% (Mancini, *m.s.*).

### Pleistoceno tardío

La secuencia polínica pertenece a un testigo de 59 m del maar volcánico conocido como Pali-Aike (52°07' S, 69°16' O). La sección analizada de este perfil (30 a 56 m) (sitio 21) presenta un fechado radiocarbónico deca. 31.500 a. AP a los 47 m (Corbella *et al.*, 2000). Los registros polínicos permiten inferir un ambiente de estepa gramínea con Asteraceae subf. Asteroideae y comunidades arbustivas bajas de *Empetrum* (agrupado en estepa húmeda; Fig. 2) con diferentes asociaciones que indican cambios en la humedad efectiva. En la parte basal de la secuencia la concentración polínica y la diversidad de taxones son bajas e indican una estepa gramínea asociada con Asteraceae subf. Asteroideae que se desarrolló bajo condiciones áridas. Con anterioridad a 31.500 a. AP Poaceae acompañada de distintos taxones herbáceos (*Acaena*, Caryophyllaceae, Apiaceae, Ranunculaceae, Fabaceae y Rubiaceae) señalan un período de mayor humedad; Cyperaceae y Juncaginaceae indican extensión de ambientes palustres. Después de 31.500 a. AP el aumento en los valores de *Nassauvia* (entre los taxones de estepa xérica; Fig. 2) y la disminución de *Empetrum* y *Acaena* indican un pulso de aridez seguido por un período con taxones representativos de la estepa húmeda (*Acaena*, Apiaceae, Fabaceae, Valerianaceae) señalando nuevamente aumento de humedad. La secuencia termina con un momento seco evidenciado por los taxones de la estepa xérica *Nassauvia* y *Ephedra*. Para este momento los mayores valores de *Nothofagus* pueden indicar aumento de los vientos de oeste (Corbella *et al.*, 2000).

Los avances glaciares en el área del estrecho de Magallanes entre 28.000 y 14.000 a. AP sugieren un ambiente frío con temperaturas medias anuales 7-8° C más bajas que las actuales y precipitaciones menores a las presentes (Benn & Clapperton, 2000). La aridez al este de los Andes estuvo incrementada por el efecto de barrera producido por la altura de la masa de hielo que alcanzó su máxima extensión al sur de los 40° S. Durante este momento predominaba un ambiente sin árboles con excepción del área al oeste de los Andes entre los 41° y 45° S donde había bosques abiertos de *Nothofagus* (Markgraf, 1991; Villagrán & Armesto, 1993; Markgraf *et al.*, 1995). Estepas y matorrales de *Empetrum* caracterizaban a los ambientes a ambos lados de la cordillera al sur de 50° S. A ca. 16.000 a. AP el registro de polen de *Nothofagus* en Puerto del Hambre (53° S), probablemente derive de pequeñas comunidades abiertas (Heusser, 1995).

### GLACIAL TARDÍO

La vegetación característica a ambos lados de Los Andes estaba representada por estepas

arbustivas y matorrales de *Empetrum* indicando temperaturas y precipitaciones bajas. El cambio en estas condiciones climáticas comenzó a los 14.000 a. AP con la retracción de los glaciares y la expansión episódica de los bosques de *Nothofagus* a altas latitudes (Heusser, 1995) sugiriendo aumento de la temperatura y de la precipitación. Sin embargo, al este de los Andes persistía una vegetación dominada por *Empetrum* lo cual implica que el aumento de temperatura no fue acompañado por un aumento de la precipitación.

Los registros disponibles para el área de estudio (sitios 4 y 6) indican condiciones áridas previo a los 11.000 a. AP. La secuencia de Los Toldos (sitio 4) muestra una estepa arbustiva dominada por *Ephedra* que no tiene análogos actuales y que permite postular un clima extremadamente árido con precipitación inferior a 200 mm y condiciones frías (Paez *et al.*, 1999). Hacia el sudeste (sitio 6) domina una estepa arbustiva de Asteraceae subf. Asteroideae con vegetación halófila (Borromei, 2000). Después de 11.000 a. AP los registros polínicos del área indican una estepa dominada por Poaceae que permite inferir aumento de la humedad efectiva con precipitación de 200 mm y condiciones frías. Entre 12.500 y 10.000 a. AP el aumento en los valores de Poaceae en un registro de turbera, en Tierra del Fuego (54° S) puede ser interpretado como aumento de la humedad efectiva relacionado con temperaturas más bajas (Markgraf & Kenny, 1997; Pendall *et al.*, 2001). Registros de isótopos de hidrógeno a partir de fragmentos de musgos preservados en esta turbera sugieren que entre 14.000 y 10.000 a. AP las temperaturas fluctuaron con un rango hasta de 8° C (Markgraf & Kenny, 1997; Pendall *et al.*, 2001).

Durante el Glacial tardío, en el sur de Sudamérica ocurrió un aumento de la temperatura con oscilaciones climáticas inferidos en algunos registros durante el período Younger Dryas. Registros polínicos del sur de Chile y de Argentina a los 41° S permiten inferir una disminución de la temperatura entre 11.400 y 9.800 a. AP (Heusser, 1989, 1993, 1998; Ariztegui *et al.*, 1997; Moreno *et al.*, 2001). Sin embargo, Markgraf (1991, 1993) sostiene que las variaciones en los registros se relacionan con condiciones más secas y no con un período más frío. Bennett *et al.* (2000), a partir de registros cronológicos, sedimentológicos y paleoecológicos de pequeños lagos, sostienen que no hubo un enfriamiento en el sur de Chile y que el período Younger Dryas en el Atlántico norte tuvo una extensión regional más que global.

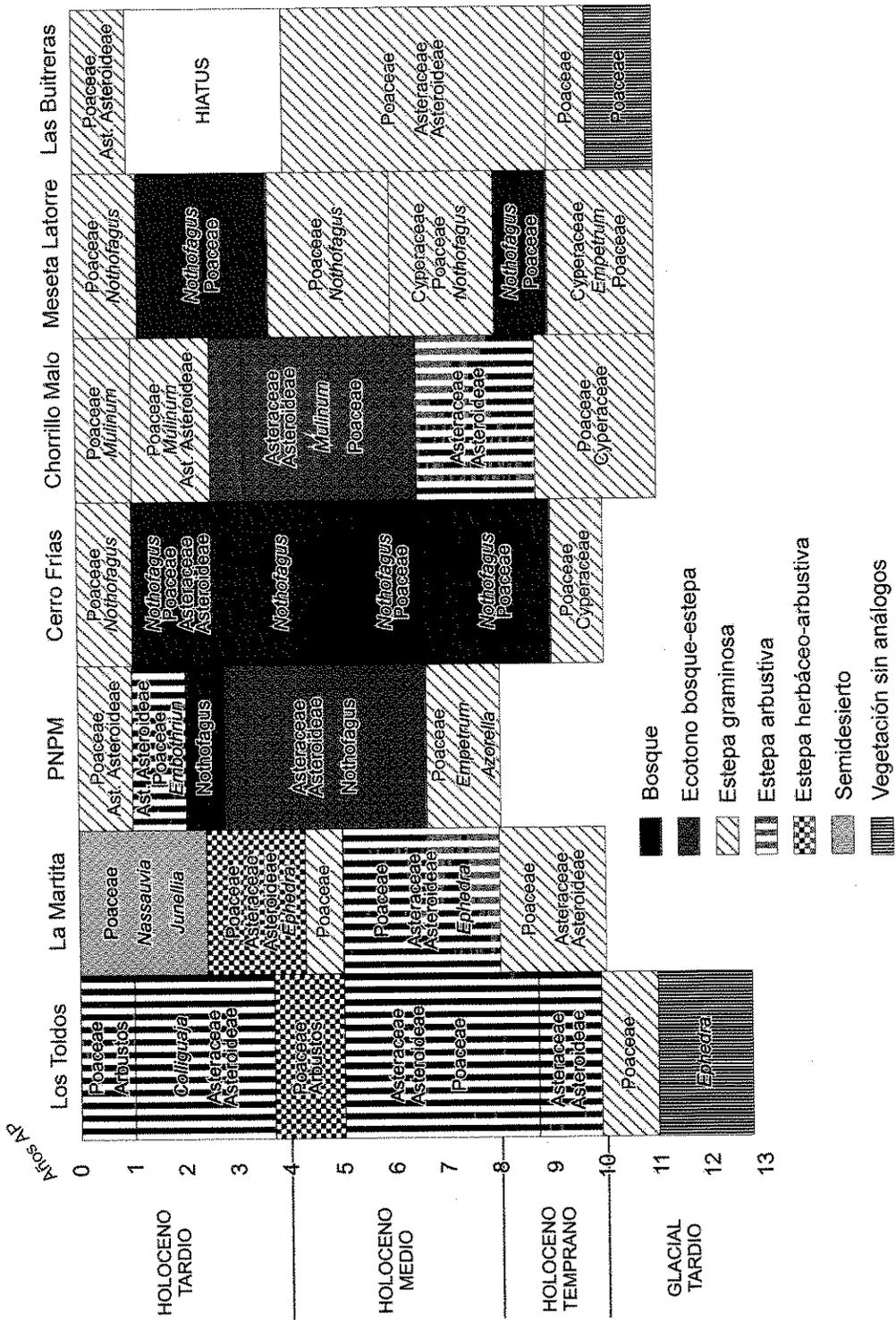


Fig. 3. Comparación de las secuencias polínicas del Glacial Tardío (sitio 4) y del Holoceno (sitios 4, 5, 7, 13, 15, 17 y 18) y vegetación representada por los conjuntos polínicos de cada zona.

## REGISTROS DEL HOLOCENO

**Holoceno temprano**

En el sector noreste (sitios 4 y 6) comienza a dominar una estepa arbustiva sugiriendo aumento de la temperatura y disminución en la disponibilidad de agua, aunque las precipitaciones continuaron similares al período anterior. En la Altiplanicie central (sitio 7) así como en el sudoeste y sur (sitios 8, 13, 14, 15 y 17) se desarrolla una estepa dominada por Poaceae con bajos valores de arbustos, indicando condiciones húmedas. A los 50°-51° S (sitios 13, 14 y 18) altos valores de Cyperaceae señalan el comienzo de la formación de turberas. Bajas temperaturas y sustratos recientemente deglaciados no permitieron la expansión de los bosques pero, fueron efectivos para el crecimiento de pastos. Estas comunidades vegetales indican un clima frío y con precipitación inferior a la actual. La edad basal de estos testigos coincide con la edad mínima sugerida para el comienzo del intervalo postglacial en la región (Strelin & Malagnino, 2000). A partir de ca. 9.000 a. AP aumentan los valores de *Nothofagus* (sitios 13 y 18) sugiriendo la colonización de este taxón y la expansión de bosques abiertos. Al norte del lago Argentino, en el valle de río Guanaco, los valores de *Nothofagus* a ca. 7.400 a. AP indican esta primera fase de expansión luego del retiro de los hielos en el valle a ca. 8.000 a. AP (Schäbitz, 1998; Wenzens, 1999).

La precipitación fue similar a la actual y la temperatura mayor que en el período anterior. El aumento de la temperatura también fue registrado en Antártida, Georgias del Sur e Islas Malvinas, indicando fluctuaciones climáticas casi sincrónicas a lo largo del eje Sudamérica-Antártida (Wilson *et al.*, 2002). Para este momento se registran altos niveles del lago Cardiel que culminaron entre 9.000 y 8.000 a. AP (Stine & Stine, 1990). Durante el Holoceno temprano los vientos del oeste deben haber estado localizados entre los 45° y 50° S, y las áreas al norte y al sur de estas latitudes fueron más secas que hoy (Markgraf, 1993; Grimm *et al.*, 2001; Prieto *et al.*, 2002b; Markgraf *et al.*, 2003; Mancini *et al.*, en prensa).

**Holoceno medio**

En mesetas y cañadones, entre los 46° y 48° S, con anterioridad a ca. 5.000 a. AP dominaba una estepa arbustiva de Asteraceae subf. Asteroideae con Poaceae (sitios 2, 3, 4 y 7) asociada a *Ephedra* y otros arbustos (sitio 4) y a taxones de semidesierto (*Ephedra*, *Anarthrophyllum* y Solanaceae, sitio 7). Esta estepa arbustiva es similar a la que se encuentra actualmente en los cañadones e indica aumento de la temperatura y precipitación de ca. 200 mm.

A los 47° S (sitio 5) a ca. 6.500 a. AP se registra el cambio de una estepa gramínea con cojines de *Empetrum rubrum*, *Azorella* y *Acacena* hacia condiciones de ecotono bosqueestepa arbustiva que se extienden hasta ca. 2.700 a. AP y sugiere aumento de la temperatura de verano asociado a una mayor disponibilidad hídrica (Mancini *et al.*, 2002). Entre 7.700 y ca. 2.500 a. AP niveles más bajos del lago Cardiel (Stine & Stine, 1990), ubicado a 110 km al sudeste del Parque Nacional Perito Moreno (PNPM) sugieren condiciones secas, con excepción de un intervalo húmedo coincidente con una etapa transgresiva del lago, registrado hacia 5.100 años AP. Este intervalo no está indicado en la secuencia polínica del PNPM, pero coincide con cortos períodos de expansión de Poaceae en el centro y este de la meseta (sitios 4 y 7).

A los 50° S entre ca. 7.000 y 5.000 a. AP los valores polínicos de *Nothofagus* (sitio 13) y de Poaceae asociado con Asteraceae subf. Asteroideae y *Mulinum* (sitio 15) señalan bosques abiertos y hacia el este, el ecotono bosqueestepa, indicando condiciones más húmedas que en período anterior. A los 51° S (sitio 17) se desarrolla la estepa húmeda de Poaceae (Prieto *et al.*, 1998), mientras que en Meseta Latorre (sitio 18) el aumento de *Nothofagus* sugiere un desplazamiento del límite superior del bosque (Schäbitz, 1991).

En este momento la influencia de los vientos del oeste está restringida a la zona andina y extremo sur de la Patagonia; en la región extrandina prevalecen condiciones semiáridas (Mancini *et al.*, en prensa).

**Holoceno tardío**

Los secuencias polínicas ubicadas al norte de la región sugieren la extensión de estepas arbustivas dominadas por Asteraceae subf. Asteroideae (sitio 3) y por *Colliguaja* (sitio 4) y herbáceo-arbustivas en la Altiplanicie central (sitio 7). A ca. 2.000 a. AP esta última es reemplazada por una estepa con mayor proporción de taxones de semidesierto (*Nassauvia*, *Ephedra* y *Junellia*) indicando una vegetación y condiciones semiáridas similares a la actuales (Mancini, 1998). En el noroeste (sitio 3) hacia 1.180 a. AP el aumento de Poaceae y de Verbenaceae se asocia con mayor disponibilidad de humedad.

A los 47° S (sitio 5), altos valores de Asteraceae subf. Asteroideae junto con *Nothofagus* muestran la persistencia del ecotono bosque-estepa arbustiva y condiciones climáticas similares al período anterior (Mancini *et al.*, 2002).

A los 50° S (sitio 13) los registros polínicos indican el desarrollo de bosques densos de *Nothofagus* y condiciones más húmedas, mientras que hacia el este (sitio 15) continúa el ecotono bos-

que-estepa. A los 51° S (sitio 18) el aumento en los valores de *Nothofagus* entre 3.000 y 1.300 a. AP sugiere el crecimiento de este taxón en las partes más altas de la meseta y aumento de la temperatura a los valores actuales, con un período más frío entre 2.700 y 2.100 a. AP registrado por el aumento de Poaceae y la disminución de *Nothofagus* (Schäbitz, 1991). Para el mismo período la expansión del límite inferior del bosque está registrado a los 47° S (sitio 5) donde los valores de *Nothofagus* señalan el máximo desarrollo del bosque discontinuo y sugieren aumentos episódicos de la precipitación y disminución de la temperatura. A ca. 2.500 a. AP un aumento del nivel del lago Cardiel está asociado con moderada humedad (Stine & Stine, 1990). Condiciones frías con mayor precipitación también son sugeridas por el avance Neoglacial datado en el área a ca. 2.700 a. AP (Mercer, 1976; Rabassa & Clapperton, 1990). Van Geel *et al.* (2000) postulan un cambio climático mundial a ca. 2.700 a. AP vinculado con una disminución de la actividad solar y una deriva hacia el Ecuador de los vientos del oeste; una mayor cubierta de nubes durante este ciclo causaría disminución de la temperatura y mayor precipitación.

Después de 2.000 a. AP se observan menores valores de *Nothofagus* (sitios 5 y 13) y mayor diversidad y proporciones de taxones herbáceos y arbustivos (sitios 5, 10, 12, 13 y 15) indicando bosques abiertos y estepas similares a las que actualmente se desarrollan en el área de cada sitio. Estos cambios en la vegetación sugieren períodos de menor disponibilidad de humedad asociada con un aumento de la temperatura y probablemente disminución de la precipitación.

Para los últimos 1.000 años también se han registrado variaciones climáticas en el extremo sur de la Patagonia, que junto con la acción del hombre, han influido en los cambios de la vegetación. Las secuencias polínicas, así como, los cambios de nivel del lago Cardiel (Stine & Stine, 1990) muestran esta variabilidad climática. Los registros de la meseta central presentan una asociación polínica que representan a las estepas arbustivas y al semidesierto actual. A los 50° S, al este del lago Argentino, los registros polínicos (sitio 12) muestran un cambio de estepas gramíneas a semidesierto a ca. 500 a. AP que sugieren una disminución en la disponibilidad de humedad y el establecimiento de la vegetación actual.

Las secuencias ubicadas a lo largo de la región andina (sitios 5, 13, 15 y 18) y en el sector sur (sitio 17) indican para este período la disminución en los valores de *Nothofagus* (sitio 13 y 18) y el desarrollo de las estepas gramíneas actuales. Los avances periódicos del frente del glaciar Perito

Moreno han provocado inundaciones que afectaron a los bosques de terrenos bajos de la costa sur del lago Roca y de la península de Avellaneda. Indicadores de disturbios (*Rumex*, Asteraceae subf. Cichorioideae), incluyendo talado y pastoreo, están registrados en la parte superior de las secuencias polínicas (Mancini, 1998, 2002; Prieto *et al.*, 1998).

La secuencia polínica de un mallín en el extremo sudeste (sitio 22) presenta, entre 1.270 y ca. 700 a. AP, el predominio de taxones (Asteraceae subf. Asteroideae, Brassicaceae y Poaceae) que crecen actualmente en matorrales de borde de vega con condiciones medias de humedad. Luego de un corto período de transición, altos valores de ciperáceas indican que este mallín se habría formado durante los últimos 600 años.

Durante el Holoceno tardío se habría establecido el patrón actual de circulación atmosférica, con la máxima influencia de los vientos del oeste a los 50° S (van Geel *et al.*, 2000). La deriva latitudinal de estos vientos ha continuado durante los últimos milenios a menor escala que durante el Pleistoceno final (Heusser, 1995).

## CONCLUSIONES

Los registros polínicos disponibles constituyen un aporte significativo para reconstruir las tendencias generales en la dinámica de la vegetación y de las condiciones climáticas del área de estudio. A partir de la interpretación de estos registros se puede señalar:

A lo largo de la Cordillera de los Andes han ocurrido importantes cambios paleoambientales vinculados con la expansión y retracción de los campos de hielo. Durante el Pleistoceno medio, la extensión de las glaciaciones y un bosque de *Podocarpus* que hoy no existe en Patagonia señalan condiciones más húmedas que en la actualidad en el sector oeste de la meseta patagónica. A fines del Pleistoceno el aumento de temperatura está demostrado por la rápida deglaciación y por el comienzo de la expansión de bosques de *Nothofagus* en altas latitudes; en el área de estudio esta expansión tuvo lugar a principios del Holoceno. Desde el final del Holoceno Medio los avances Neoglaciales están vinculados a condiciones más frías y de mayor precipitación que durante el Holoceno Temprano. A los 50° S, se registran bosques densos entre 5.000 y 3.000 a. AP y a los 47° S ocurre la máxima expansión de bosques discontinuos a ca. 2500 a. AP.

En la estepa patagónica también se evidencian importantes cambios en la vegetación, tanto en composición como en distribución; estepas sin análogos actuales se registran durante el Glacial

tardío vinculadas a condiciones extremadamente áridas. La extensión de estepas gramíneas a comienzos del Holoceno permite inferir condiciones frías y con mayor humedad que en el período anterior. Durante el Holoceno Medio, en general, los registros polínicos y de niveles de lagos muestran aumento de la temperatura y aridez. El aumento de hierbas xéricas y arbustos sugieren el dominio de estepas arbustivas. Esto indica que la influencia de los vientos del oeste da mayor humedad a la zona andina y al extremo sur de Santa Cruz, pero con menor influencia que en la actualidad.

A comienzos del Holoceno Tardío se establecen los patrones regionales de vegetación y de clima. Sin embargo, durante este período se producen cambios en la disponibilidad hídrica vinculados con variaciones de la temperatura y de la precipitación que influyen regionalmente en la estructura y composición de la vegetación. Variaciones en las características edáficas y las actividades humanas, principalmente en los últimos siglos, han provocado cambios a mesoescala y a escala local. El establecimiento de las comunidades actuales se registra a fines del Holoceno Tardío.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con subsidios otorgados al Grupo de Paleocología y Palinología de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FONCYT PICT 07-6477, CONICET PIP 418/98 y UNMDP 15/E138) y a L. Borrero CONICET-UBA (FONCYT PICT 97, 04-00807 y PIP-96-4596). Se agradece a los revisores Vera Markgraf y Mauricio Rondanelli Reyes por los comentarios y sugerencias realizadas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Aniya, M. & H. Sato. 1995. Holocene glacial chronology of Upsala Glacier at Peninsula Herminita, Southern Patagonia Icefield. *Bull. Glac. Res.* 13:83-96.
- Ariztegui, D., M.M. Bianchi, J. Masferro E., Lafargue & F. Niessen. 1997. Interhemispheric synchrony of Late-glacial climate instability as recorded in proglacial Lake Mascardi, Argentina. *J. Quat. Sci.* 12:333-338.
- Benn, D. & C.M. Clapperton. 2000. Glacial sediment land form associations and paleoclimate during the Last Glaciation, Straits of Magellan, Chile. *Quat. Res.* 54:13-23.
- Bennett, K.D., S.G. Haberle & S.H. Lumley. 2000. The Last Glacial-Holocene Transition in Southern Chile. *Science* 290:325-328.
- Boelcke, O., D. Moore & F. Roig (eds.). 1985. *Transecta Botánica de la Patagonia Austral*. CONICET (Argentina), Inst. Patagonia (Chile), Royal Society (Gran Bretaña). Buenos Aires, 733 pp.
- Borrero, A.M. 2000. Vegetación y clima de los registros de polen del Tardiglacial/Holoceno en Patagonia (Argentina). *Taller INQUA Colonización del Sur de América durante la transición Pleistoceno-Holoceno*. Resúmenes:14.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. 2ª Edic. Tomo II. Acme. Buenos Aires, 85 pp.
- Caldenius, C.C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Geogr. Ann.* 14:1-164.
- Corbella, H., A. Borreroi & M. Quattrocchio. 2000. Quaternary climate changes in Southernmost South America inferred from lacustrine sediments preserved in volcanic maars. En: P.P. Smolka & W. Volkheimer (eds.). *Southern hemisphere paleo- and neoclimates*, pp. 263-273. Springer.
- Dimitri, M.J. 1972. La región de los bosques andino-patagónicos. Colección Científica del INTA. Buenos Aires. 381 pp.
- Grimm, E.C., S. Lozano-García, H. Behling & V. Markgraf. 2001. Holocene vegetation and climate variability in the Americas. En: V. Markgraf (ed.), *Interhemispheric Climate Linkages*, pp. 325-363; Academic Press, San Diego.
- Heusser, C.J. 1989. Polar perspective of Late-Quaternary climates in the Southern Hemisphere. *Quat. Res.* 32:60-71.
- 1993. Late glacial of southern South America. *Quat. Sci. Rev.* 12:345-350.
- 1995. Three Late Quaternary pollen diagrams from Southern Patagonia and their palaeoecological implications. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 118:1-24.
- 1998. Deglacial paleoclimate of the American sector of the Southern Ocean: Late Glacial-Holocene records from the latitude of Canal Beagle (55° S), Argentine Tierra del Fuego. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 141 :277-301.
- León, R.J.C., D. Bran, M. Collantes, J.M. Paruelo & A. Soriano. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecol. Austr.* 8:125-144.
- Mancini, M.V. 1993. Recent pollen spectra from forest and steppe of South Argentina: a comparison with vegetation and climate data. *Rev. Paleobot. Palynol.* 77:129-142
- 1998. Vegetational changes during the Holocene in Extra-Andean Patagonia, Santa Cruz Province, Argentina. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 138:207-219.
- 1999. Cambios de la vegetación y del clima durante los últimos 5000 años en el área de lago Argentino, Santa Cruz. *Asoc. Paleont. Arg. Publ. Esp.* 6:49-53.
- 2001. Análisis polínico de un sitio de altura del Holoceno Tardío: Cerro Verlika 1, Sudoeste de Santa Cruz. *Ameghiniana* 38:455-462.
- 2002. Vegetation and climate during the Holocene in Southwest Patagonia, Argentina. *Rev. Paleobot. Palynol.* 122:101-115.
- Mancini, M.V., M.M. Paez & A.R. Prieto. 2002. Cambios paleoambientales durante los últimos 7.000 años

- años en el ecotono bosque-estepa, 47°-48° S, Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 39:151-162.
- Mancini, M.V., M.M. Paez, A.R. Prieto, S. Stutz, M. Tonello & I. Vilanova. En prensa. Paleoenvironmental reconstruction of the Arid Diagonal during the Mid Holocene. *Quat. Int.*
- Mancini, M.V. & M.E. Trivi de Mandri. 1994. Vegetación en el Area de Río Pinturas: Análisis polínico del Alero Cárdenas: 48-62. En: C. Gradin & A. Aguerre (eds.), *Contribución a la arqueología del Río Pinturas*, pp. 193-201. Búsqueda de Ayllu, Concepción del Uruguay, Argentina.
- Marden, C.J. & C.M. Clapperton. 1995. Fluctuations of the South Patagonian ice-field during the last glaciation and Holocene. *J. Quat. Sci.* 10:197-210.
- Markgraf, V. 1991. Late Pleistocene environmental and climatic evolution in Southern South America. *Bamberger Geogr. Schr.* 11:271-281.
- 1993. Paleoenvironments and paleoclimates in Tierra del Fuego and southernmost Patagonia, South America. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 102:53-68.
- Markgraf, V., T.R. Baumgartner, J.P. Bradbury, H.F. Díaz, R.B. Dunbar, B.H. Luckman, G.O. Seltzer, T. W. Swetnam & R. Villalba. 2000. Paleoclimate reconstruction along the Pole-Equator-Pole transect of the Americas (PEP 1). *Quat. Sci. Rev.* 19:125-140.
- Markgraf, V., J.P. Bradbury, A. Schwab, S.J. Burns, C. Stern, D. Ariztegui, A. Gilli, F. Anselmetti, S. Stine & N. Maidana. 2003. Holocene palaeoclimates of southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *Holocene* 13:581-591.
- Margraf, V. & R. Kenny. 1997. Character of rapid vegetation and climate change during the late-glacial in southernmost South America. En: B. Huntley (ed.) *Past and future rapid environmental changes: the special and evolutionary responses of terrestrial biota*, pp 81-90. Springer-Verlag, Berlín.
- Markgraf, V., M. Mc Glone & G. Hope. 1995. Neogene paleoenvironmental and paleoclimate change in southern temperate ecosystems a southern perspective. *TREE* 10 :143-147.
- Meglioli, A. 1992. *Glacial geology and chronology of southernmost Patagonia and Tierra del Fuego, Argentina and Chile*. Ph D. Dissertation, Lehigh University, USA. Inédito.
- Mercer, J.H. 1976. Glacial History of Southernmost South America. *Quat. Res.* 6:126-166.
- Mercer, J.H. & A. Ager, 1983. Glacial and Floral Changes in Southern Argentina since 14,000 years ago. *Nat. Geogr. Soc. Res.* 15:457-477.
- Moreno, P.L., G.L. Jacobson, T.V. Lowell & G.H. Denton. 2001. Interhemispheric climate links revealed by a late-glacial cooling episode in southern Chile. *Nature* 409:804-808.
- Movía, C.P., A. Soriano & R.J.C. León. 1987. La vegetación del Río Santa Cruz (provincia de Santa Cruz, Argentina). *Darwiniana* 28:9-78.
- Paez, M.M., A.R. Prieto & M.V. Mancini. 1999. Fossil pollen from Los Toldos Locality: A record of the Late-Glacial Transition in the Extra-Andean Patagonia. *Quat. Int.* 53/54:69-75.
- Paez, M.M., M.A. Zárate, M.V. Mancini & A.R. Prieto. 2000. Paleoambientes durante la transición Pleistoceno-Holoceno en el centro y sur de Argentina. *Taller INQUA Colonización del Sur de América durante la transición Pleistoceno-Holoceno*, Resúmenes: 28-29.
- Paruelo, J.M., A. Beltrán, E. Jobbágy, O. Sala & R. Golluscio. 1998a. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecolog. Austr.* 8:85-101.
- Paruelo, J.M., E. Jobbágy & O. Sala. 1998b. Biozones of Patagonia. *Ecolog. Austr.* 8:145-153.
- Pendall, E., V. Markgraf, J.W.C. White & M. Dreier. 2001. Multiproxy record of Late Pleistocene-Holocene climate and vegetation changes from a peat bog in Patagonia. *Quat. Res.* 55:168-178.
- Prieto, A.R., M.V. Mancini & M.M. Paez. 2002a. Análisis polínico de la localidad de Los Toldos: armando rompecabezas. *5° Jornadas de Arqueología de la Patagonia* (Buenos Aires), Resúmenes: 27.
- Prieto, A.R., M.M. Paez, M.V. Mancini, S. Stutz, I. Vilanova & M. Tonello. 2002b. Cambios paleoclimáticos en la Diagonal Arida entre 13000 y 4000 años AP (32°-52° S, Argentina). *8° Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía* (Corrientes), Resúmenes: 52.
- Prieto, A.R., S. Stutz, & S. Pastorino. 1998. Vegetación del Holoceno en la Cueva Las Buitreras, Santa Cruz, Argentina. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 71:277-290.
- Quintanilla, V. 1983. *Biogeografía. Colección Geográfica de Chile*. TIII Instituto Geográfico Militar de Chile, Santiago. pp. 230.
- Rabassa J. & C.M. Clapperton. 1990. Quaternary glaciations of the southern Andes. *Quat. Sc. Rev.* 9:153-174.
- Schäbitz, F. 1991. Holocene vegetation and climate in Southern Santa Cruz, Argentina. *Bamberger Geogr. Schr.* 11:235-244.
- 1998. Pollenanalytische Untersuchungen des Profils "Guanaco Sec. III", Prov. St. Cruz, Argentinien. *Terra Nostra* 9815:141-142.
- Schäbitz F., M.M. Paez, M. V. Mancini, F. Quintana, M. Wille, H. Corbella, T. Haberzett, A. Lücke, A. R. Prieto, N. Maidana, C. Mayr, C. Ohlendorf, G. H. Schleser & B. Zolitschka. 2003. Estudios paleoambientales en lagos volcánicos en la Región Volcánica de Pali Aike, sur de Patagonia (Argentina): primeros resultados. *Rev. Mus. Argentino Cs. Nat., n.s.* 5:301-316.
- Schäbitz, F. & G. Schellmann. 1999. Ein bewaldetes Interglazial im Cañadón El Mosquito, oberes Río Santa Cruz-Tal (Argentinien). *Bamberger Geogr. Schr.* 19:195-210.
- Schellmann, G. 1998. Jungkänozoische Landschaftsgeschichte Patagoniens (Argentinien). *Essener Geogr. Arb.* 29. Essen.
- 2000. Landscape evolution and glacial history of Southern Patagonia (Argentina) since the Late Miocene—some general aspects. *Zbl. Geol. Paläont.* 7/8:1013-1026.
- Schellmann, G., G. Wenzens, U. Radtke, D. Trombotto, M. Zárate & E. Schnack. 2000. Landscape evolution of Southern Patagonia. *Zeitschrift für*

- Angewandte Geologie*: 63-68.
- Stine, S. & M. Stine. 1990. A record from Lake Cardiel of Climate change in Southern South America. *Nature* 345:705-708.
- Strelin, J. & E. Malagnino. 1996. Glaciaciones pleistocenas del Lago Argentino y Alto Valle del Río Santa Cruz. *12° Congr. Arg. y 3° Congr. Explor. Hidrocarb.* (Buenos Aires), *Actas* 4:311-325.
- 2000. Late-Glacial history of Lago Argentino, Argentina, and age of the Puerto Banderas moraines. *Quat. Res.* 54:339-347.
- Trivi de Mandri, M.E. 2003. *Paleoecología del Noroeste de Santa Cruz*. Tesis Doctoral. UBA. Inédito.
- Trivi de Mandri, M.E., L.S. Burry & M.C. Lombardo. 1994. Estudio palinológico preliminar del Alero Charcamata. En: C. Gradin & A. Aguerre (Directores), *Contribución a la arqueología del Río Pinturas*: 193-201. Búsqueda de Ayllu, Concepción del Uruguay, Argentina.
- van Geel, B., C. Heusser, H. Renssen & C.J.E. Schuurmans. 2000. Climatic change in Chile at around 2700 BP and global evidence for solar forcing: a hypothesis. *Holocene* 10:659-664.
- Villagrán, C. & J.J. Armesto. 1993. Full and Late glacial paleoenvironmental scenarios for the west coast of southern South America. En: H.A. Mooney, E.R. Fuentes & B.I. Kronberg (eds.), *Earth System responses to global change*, pp. 195-208. Academic Press.
- Wenzenz, G. 1999. Fluctuations of outlet and valley glaciers in the southern Andes (Argentina) during the past 13,000 years. *Quat. Res.* 51:238-247.
- Wilson, P., R. Clark, J. Birnie & D. Moore. 2002. Late Pleistocene and Holocene landscape evolution and environmental change in the Lake Sullivan, Falkland Islands, South Atlantic. *Quat. Sc. Rev.* 21:1821-1840.

Recibido: 11-VII-2003

Aceptado: 29-XI-2003