



## Dispersión-depositación del polen actual en Tierra del Fuego, Argentina

### Dispersion-deposition of current pollen in Tierra del Fuego, Argentina

Matilde E. Trivi de Mandri<sup>1\*</sup>, Lidia S. Burry<sup>1</sup> y Héctor L. D'Antoni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lab. de Palinología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3250, 7600 Mar del Plata, Argentina.

\*Correspondencia: mtrivi@mdp.edu.ar

<sup>2</sup>Ames Research Center, NASA, M.S. 239-20, Moffett Field, CA 94035, USA.

**Resumen.** La estrecha relación existente entre la vegetación y el polen que ésta produce favorece el estudio de las comunidades vegetales desde un punto de vista palinológico. De esta manera es posible obtener información sobre la distribución de la vegetación por medio de la dispersión y depositación de los granos de polen. La caracterización polínica de las comunidades vegetales permite investigar la historia de la vegetación desde la perspectiva actualista. El objetivo de este trabajo es caracterizar la dispersión-depositación del polen actual en relación con la distribución de la vegetación utilizando análisis estadísticos multivariados (clasificación y correspondencia) como un paso esencial para futuros estudios de la historia ambiental del Holoceno de la Isla Grande de Tierra del Fuego. El área de estudio está localizada en el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego a 52°40'S-55°07'S; 65°05'O-68°40'O. El resultado de los métodos numéricos y su asociación con los parámetros ambientales ha permitido la diferenciación de un *continuum* de comunidades que pertenecen a diferentes unidades fisonómicas: bosque y estepa gramínea.

Palabras clave: palinología, lluvia de polen, comunidades, vegetación, análisis multivariados, Tierra del Fuego.

**Abstract.** The close relationship between vegetation and the pollen produces the study of plant communities from a palynological point of view. Therefore, it is possible to have information about the distribution of vegetation by means of the dispersal and deposition of pollen grains. Characterization of the pollen of vegetation communities allows us to investigate the vegetation history from an actualistic point of view. The aim of this work is to characterize the modern pollen dispersal-deposition in relation to the vegetation distribution by using multivariate statistical analysis (cluster and correspondence analyses) as an essential step for future studies on the Holocene environmental history of Isla Grande de Tierra del Fuego. The study area is located in the Argentine sector of a large island --Isla Grande de Tierra del Fuego-- at 52°40'S-55°07'S; 65°05'W-68°40'W. The results of numerical methods and their association with environmental parameters have allowed the differentiation of a continuum of communities that belong to different physiognomic units: forests and grass steppe.

Key words: palynology, pollen rain, communities, vegetation, multivariate analyses, Tierra del Fuego.

### Introducción

Existe una relación estrecha entre la vegetación y el polen que ésta produce (D'Antoni y Markgraf, 1977; D'Antoni, 1983, 1990, 1991; Burry, 2002; Trivi, 2003); de este modo, es posible conocer la distribución de la vegetación por medio de la dispersión y depositación del polen. Sin embargo, el comportamiento del polen difiere no sólo según sus características intrínsecas sino también de acuerdo con variables externas, relacionadas con las características topográficas y climáticas de la región. Esta aproximación a los ecosistemas actuales permite obtener modelos de referencia para la búsqueda de análogos modernos en estudios orientados al conocimiento de la historia de la vegetación (Overpeck et al., 1985; Burry, 2002). Los análisis estadísticos

multivariados en estudios de comunidades vegetales, como la ordenación y clasificación en modo Q, permiten conocer la similitud de las comunidades a partir de la composición cualicuantitativa de ellas y dan la posibilidad de inferir aquellos factores ambientales que condicionan determinada composición. Más aún, se utilizan análisis multivariados en estudios tendientes a la identificación de análogos modernos, los que permiten conocer la similitud entre muestras actuales y fósiles y de esta manera reconstruir la historia ambiental. Es decir, la comprensión de los ecosistemas requiere del estudio de las comunidades vegetales desde un enfoque espacial para trasladarlas luego a una escala temporal.

El Archipiélago Fueguino, ubicado en el extremo austral de Sud América, está integrado por la Isla Grande de Tierra del Fuego e islas de menor extensión. Existe un agudo gradiente climático desde el oeste y sudoeste al noreste, con condiciones extremadamente oceánicas y húmedas

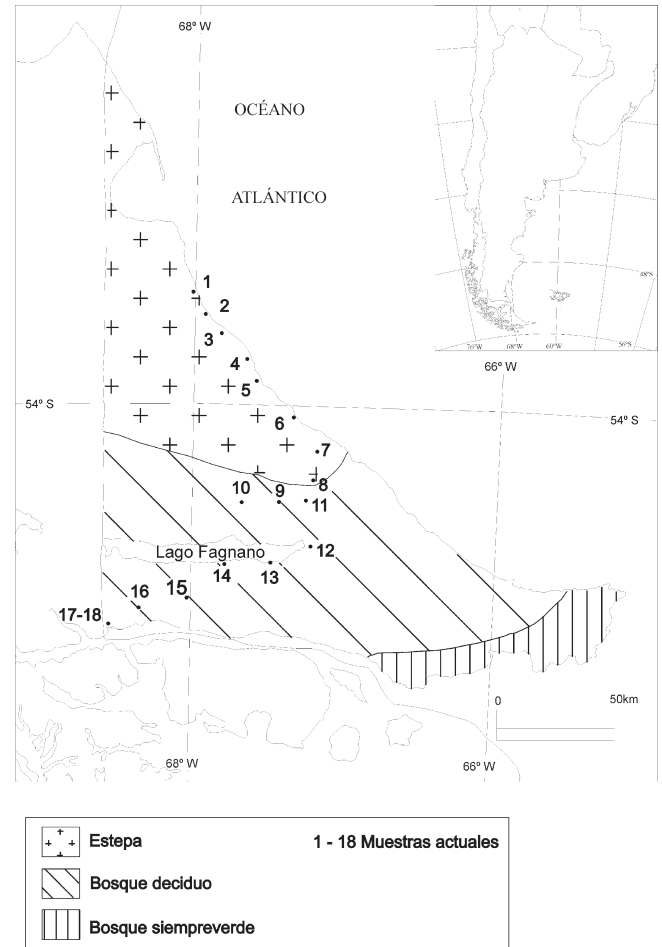
a semiáridas y marcadamente menos oceánicas, que determina en combinación con los suelos el amplio patrón de distribución de las principales unidades fisonómicas de vegetación. Se han realizado estudios fitogeográficos tanto en la porción chilena como en la argentina que permitieron identificar unidades de estepa y de bosques (Soriano, 1956; Pisano, 1977; Cabrera, 1994; Moore, 1983; Tuhkanen et al., 1989-1990; Paruelo et al., 1998; Roig, 1998). La vegetación boscosa que se encuentra en la Isla Grande de Tierra del Fuego posee la singular característica de ser la más austral del planeta.

Hay escasos estudios palinológicos que den cuenta de la relación que existe entre la dispersión-depositación del polen y la vegetación en Tierra del Fuego. Heusser (1989) incluyó los resultados de la zonación de un muestreo de polen de superficie para la interpretación de un registro fósil de Caleta Róballo en la Isla Navarino, al sur de la Isla Grande. Por su parte, D'Antoni y Spanner (1993) en estudios sobre transectas de polen actual del sur de la Patagonia y Tierra del Fuego propusieron un método de calibración de datos de polen en términos de datos de sensores remotos, que les permitió construir modelos para una aplicación paleoecológica. Este es el primer trabajo en Tierra del Fuego basado en análisis multivariados de clasificación y ordenación para la descripción cuantitativa de la lluvia polínica con el objeto de ser aplicado posteriormente al análisis de análogos modernos.

## Materiales y métodos

**Área de estudio.** Está situada en el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego ( $52^{\circ}40'S$ - $55^{\circ}07'S$ ;  $65^{\circ}05'O$ - $68^{\circ}40'O$ ) (Fig. 1). La isla se halla dividida por una gran depresión ocupada por el Seno Almirantazgo y el Lago Fagnano, al norte corre la cadena montañosa formada por las Sierras de Beauvoir y Carlos, de una altura entre los 600 y 700 m. Al sur de la depresión se ubica la Cordillera de los Andes, considerada como el factor geográfico más decisivo de Tierra del Fuego, que le confiere al área las drásticas variaciones observadas en cortas distancias en cuanto a su topografía y clima. Esta región montañosa ha sido intensamente erosionada por glaciares del Cenozoico tardío, dando origen a valles profundos y montañas escarpadas; en las cimas expuestas a los vientos húmedos del sudoeste persisten los circos glaciares y las nieves permanentes (Rabassa et al., 2000). En el noreste el relieve montañoso se transforma abruptamente en la planicie patagónica, que es una extensión de tierras bajas, pero que en unos cuantos sitios muestra colinas y elevaciones mayores.

En cuanto al clima del área, las estaciones meteorológicas de Tierra del Fuego son escasas y están asentadas en zonas costeras. Tierra del Fuego y la Patagonia, especialmente en invierno suelen estar bajo la influencia de la corriente de aire antártica que proviene del sur, responsable de los días fríos,



**Figura 1.** Mapa del área de estudio con las unidades fitogeográficas (Moore, 1983) y ubicación de las muestras. Adaptado por P. Palacio.

secos y ventosos. Con frecuencia, en su trayectoria hacia el norte, el aire se hace más cálido y húmedo a causa de la relativamente cálida superficie marina (Zamora y Santana, 1979; Burgos, 1985). Las heladas en la parte interior de la Isla Grande ocurren todos los años, aun en verano (Serra, 1970), mientras que en la costa no suele haber heladas durante por lo menos dos o tres meses (Endlicher y Santana, 1988). Se detecta un fuerte gradiente de precipitación de sudoeste (2.000 mm/anales) a noreste (alrededor de 300 mm). Dicho gradiente está asociado con la presión, los vientos y la barrera N - S / NW - SE de los Andes, y se refleja en la distribución de los suelos y de la vegetación. Así, la isohieta de 400-450 mm anuales limita un área al sudoeste de Tierra del Fuego con un gradiente de precipitación acentuado y presencia de turberas, y otra al noreste, con un gradiente de precipitación moderado, y suelos más secos y de escurrimiento. Las precipitaciones más importantes ocurren en el período estival. Los vientos dominantes provienen del sector sur y sudoeste. La predominancia de los fuertes

vientos, sumado al congelamiento, es un factor ecológico importante determinante del crecimiento de las plantas (Tuhkanen, 1992).

Respecto a la fisonomía, en la zona de estudio se pueden distinguir las formaciones de bosque deciduo y estepa gramínea (Godley, 1960; Young, 1972; Pisano, 1977; Goodall, 1979; Moore, 1983; Quintanilla, 1983; Veblen et al., 1996) o según la clasificación de Tuhkanen y colaboradores (1989-1990) las formaciones de bosque mixto deciduo - siempreverde, bosque deciduo, parque y estepa gramínea. El bosque tiene como especie dominante el árbol *Nothofagus pumilio* y a causa de la poca luz que penetra en el suelo, el sotobosque es pobre en especies; la temperatura media para el mes más cálido es de 10°C y para el mes más frío, entre -3,5° y 2°C; la precipitación media anual varía entre 450 y 650 mm. La estepa gramínea se ubica en la porción norte de la isla, es una región semiárida que se caracteriza por la presencia de pastizales y arbustos, con *Festuca gracillima* como especie dominante, y por estar en la actualidad altamente pastoreada; la temperatura media para el mes más cálido es de 11°C y para el más frío, de -4° a 2°C; la precipitación media anual oscila entre 250-400 mm. En las zonas de máxima pluviosidad aparecen las turberas, formaciones prácticamente únicas en el mundo por su naturaleza florística, hidrología, comportamiento ecosistémico y por constituir registros de información paleoambiental excepcionales en el extremo meridional de América del Sur (Rabassa, 2000).

Hay muy pocas regiones en el mundo donde pueda hallarse la contraparte ecoclimática de Tierra del Fuego (Tuhkanen, 1990) debido a que la combinación de gradientes de oceanidad o continentalidad, de aridez o humedad y de temperatura para el área es muy particular. No existe ninguna región que sea contraparte ecoclimática de la zona semiárida, representada en este caso por la estepa, aunque sí entre la porción central de la isla, más húmeda, y el NO de Europa, aun cuando en este último caso se trata de latitudes superiores, de hasta 70°N.

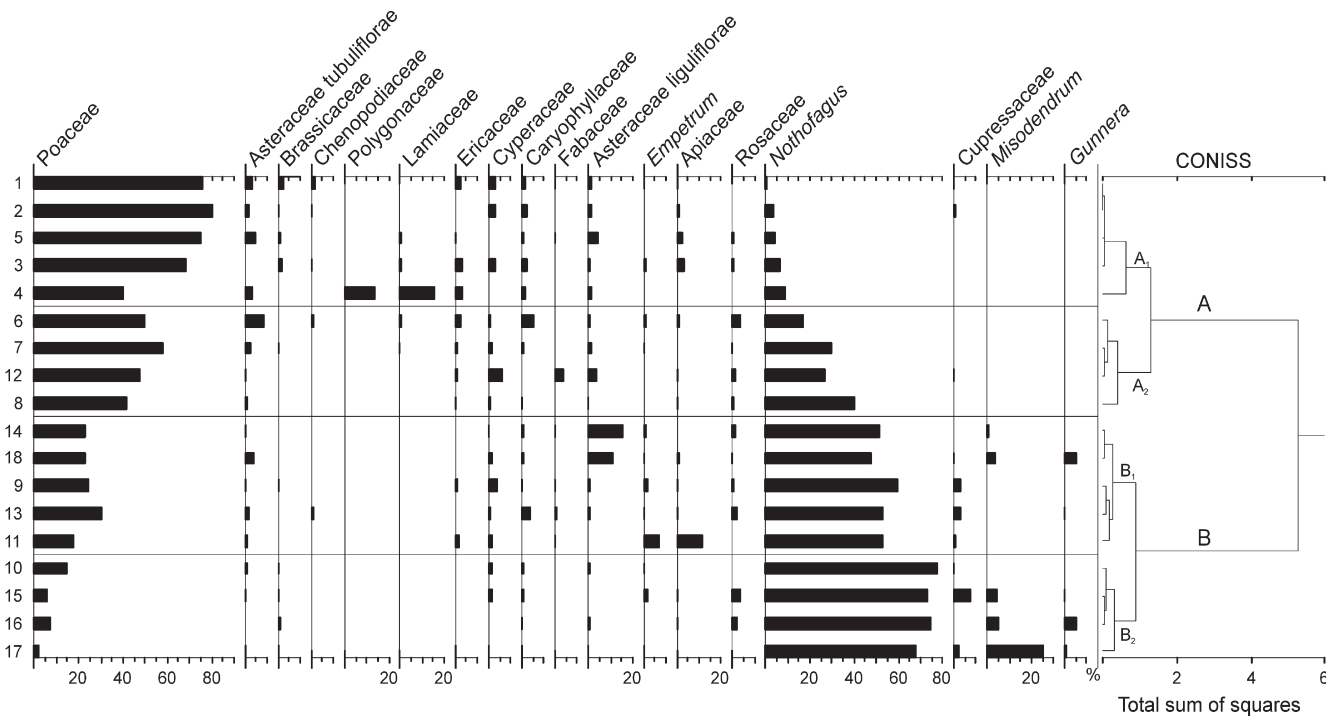
Se realizó un muestreo sistemático a lo largo de una transecta desde el sudoeste al noreste de la Isla Grande de Tierra del Fuego en el sector argentino, atravesando las unidades de vegetación bosque deciduo y estepa (Fig. 1). Se trabajó con 18 muestras de sedimento superficial tomadas cada 20 km de forma de asegurar la detección de los cambios de vegetación en el área. Fueron extraídas muestras de 100 ml barriendo la superficie del suelo hasta una profundidad de 1 cm con la ayuda de una espátula. De acuerdo con las características propias del sedimento las muestras fueron procesadas mediante la siguiente secuencia de tratamientos físicos y químicos (Gray, 1965; Birks y Birks, 1980; Faegri e Iversen, 1989): a) se agregaron 5 tabletas (Stockmarr) de esporas de *Lycopodium clavatum* como reaseguro de que no se perdió muestra durante el proceso de extracción, b) se filtró a través de un tamiz con malla de 260 µm de diámetro, c) se defloculó el material con hidróxido de potasio para

neutralizar los ácidos húmicos y llevar la muestra a tamaño partícula, d) se lavó repetidamente con agua y luego se agregó ácido clorhídrico en frío para neutralizar los carbonatos, e) se practicó flotación diferencial usando una solución acuosa de cloruro de zinc calibrada a una densidad de 1,9 g/l que permitió separar los compuestos orgánicos ( $d < 1,7$ ) de los inorgánicos ( $d > 2,0$ ), f) los pocos silicatos que quedaron en el residuo fueron removidos mediante un lavado con ácido fluorhídrico, g) se aplicó la acetólisis para romper la molécula de celulosa en fragmentos solubles que se removieron con sucesivos lavados con agua, h) los residuos se incluyeron en glicerina y se guardaron en tubos de 5 ml.

Los granos de polen se determinaron al microscopio óptico utilizando la palinoteca de referencia del Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional de Mar del Plata y las descripciones bibliográficas (Heusser, 1971; Markgraf y D'Antoni, 1978). La determinación se realizó en nivel de género o familia, según el grado de resolución al que se pudo acceder con el microscopio. Se trabajó con aquellos taxa que presentaban como mínimo 2% de la suma total de polen en al menos una muestra. Se realizaron análisis de clasificación mediante análisis de agrupamiento (programa CONISS), utilizando como coeficiente de disimilitud la distancia de cuerda de Orloci, y de ordenación a partir del análisis de correspondencia (programa CA) del paquete Tilia versión 1.12 (Grimm, 1992) con el propósito de comparar la composición de la lluvia polínica de las distintas muestras y asociar esa similitud a parámetros ambientales.

## Resultados

Se distinguieron 43 tipos polínicos, de los cuales sólo 18 presentaron valores mayores de 2% de la suma total de polen (Fig. 2). La suma polínica osciló entre 200 y 1450 granos, dependiendo de la riqueza de la muestra. El análisis de clasificación realizado mediante análisis de agrupamiento separó las muestras de polen en dos grandes grupos: A y B (Fig. 2). El grupo A reunió las 6 muestras tomadas en la unidad de la estepa gramínea, zona noreste de la transecta y 3 del bosque deciduo, todas ellas con una alta proporción de Poaceae en los registros polínicos (hasta un 80%), Brassicaceae, Asteraceae tubuliflorae y Ericaceae. Este grupo se separó en 2 subgrupos: el A<sub>1</sub> con la totalidad de las muestras de la estepa y con el mayor porcentaje de gramíneas y el menor de *Nothofagus*; en la muestra 4 se observan elevados porcentajes de las familias Polygonaceae y Lamiaceae. El A<sub>2</sub> se conformó con una muestra de la estepa próxima al bosque deciduo y 3 muestras de esta última unidad, con porcentajes menores de gramíneas y mayores de granos pertenecientes al género *Nothofagus* que las muestras del subgrupo A<sub>1</sub>. El grupo B, con una alta proporción de polen del género *Nothofagus* y presencia de *Misodendrum* (género parásito de *Nothofagus*) y Cupressaceae, reunió muestras tomadas en la unidad fitogeográfica del bosque



**Figura 2.** Diagrama polínico porcentual. Agrupamiento de las muestras.

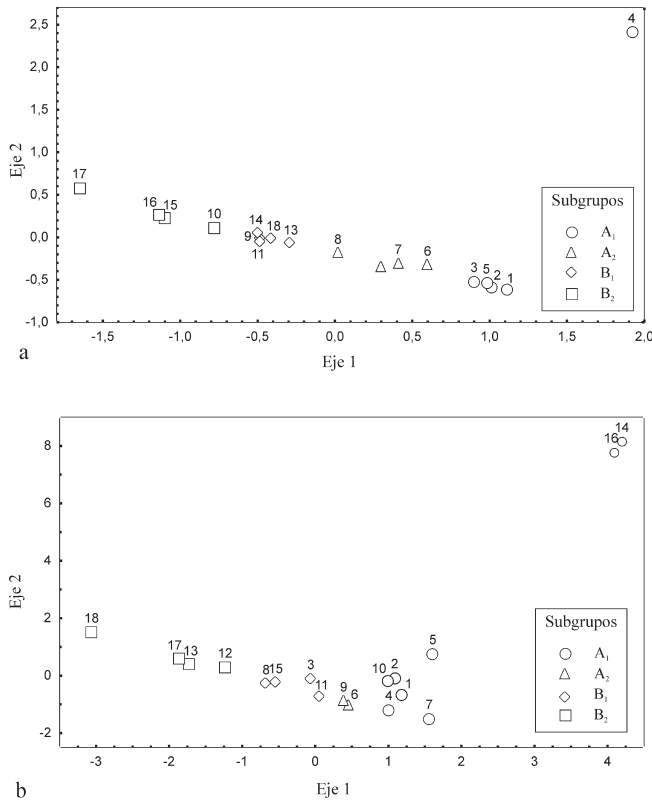
deciduo. Este grupo se subdividió en 2 subgrupos:  $B_1$  y  $B_2$ . El subgrupo  $B_1$  reunió las muestras ubicadas en el centro de la isla; en la muestra 11 se observan 2 picos pertenecientes a las familias Empetraceae y Apiaceae. El subgrupo  $B_2$  por otro lado, reunió las muestras del sudoeste de la transecta y presentó los valores más elevados de *Nothofagus* (hasta 77%), los menores de gramíneas y hasta 26% de granos de *Misodendrum*. El mayor porcentaje de granos de polen de *Nothofagus* aparece estrechamente relacionado con la ausencia de Asteraceae tubuliflorae y con los valores más bajos de Poaceae. En los 2 subgrupos se verifica la presencia de la familia Rosaceae.

La ordenación realizada mediante el análisis de correspondencia (Fig.3; a, b) explicó con los 2 primeros ejes de correspondencia el 77% de la varianza, el primer eje con 47% ordenó las muestras de la transecta en los 4 subgrupos obtenidos mediante el análisis de agrupamiento. La ordenación de las variables a lo largo del primer eje permitió visualizar los taxa responsables de la formación de los subgrupos mediante los 2 análisis realizados. Según estos análisis el subgrupo  $A_1$  quedó determinado por los taxa Poaceae, Asteraceae tubuliflorae, Brassicaceae, Ericaceae, Chenopodiaceae, mientras que la muestra 4 perteneciente a este subgrupo, alejada del resto de las muestras fue explicada por las variables Polygonaceae y Lamiaceae. El subgrupo  $A_2$  fue explicado por Cyperaceae y Fabaceae. Asimismo, el subgrupo  $B_1$  se determinó por Asteraceae liguliflorae, Empetraceae y Apiaceae y por último el subgrupo  $B_2$  por *Nothofagus*, *Misodendrum*, *Cupressaceae* y *Gunnera*.

## Discusión

Al igual que en los trabajos de Heusser (1989) y D'Antoni y Spanner (1993), el presente estudio acerca de la lluvia polínica describe las grandes unidades de vegetación de Tierra del Fuego. La ventaja de la utilización de los análisis multivariados de clasificación y ordenación empleados aquí es que permite la cuantificación de las semejanzas entre las muestras, a diferencia del recurso de zonación que es también un método clasificatorio, pero del cual se pueden tomar distintas decisiones (Janssen 1980, Maher 1982). De este modo, se logró delimitar en forma más precisa las distintas unidades de vegetación, los taxa involucrados en cada una de ellas y los factores ambientales que las determinan. Por otro lado, la similitud entre los espectros de polen de la vegetación actual y el registro de polen fósil permite reconstruir e interpretar por analogía la historia de la vegetación, y esto es sólo posible a partir de los resultados de la metodología aplicada en este trabajo.

La distribución de la lluvia polínica en la Isla Grande de Tierra del Fuego evidencia la predominancia de los taxa Poaceae y *Nothofagus*, y exhibe la presencia de taxa acompañantes. La abundancia de gramíneas y del árbol *Nothofagus* con un polen de larga distancia, fue variando a lo largo de la transecta en forma contrapuesta, determinando claramente las unidades de bosque al sur y de estepa hacia el norte. Asimismo, entre ambas unidades se logró detectar un



**Figura 3.** a, ordenación de las muestras en los dos primeros ejes de correspondencia; b, ordenación de las variables en los dos primeros ejes de correspondencia. 1. Poaceae, 2. Asteraceae tubuliflorae, 3. Asteraceae liguliflorae, 4. Brassicaceae, 5. Ericaceae, 6. Fabaceae, 7. Chenopodiaceae, 8. *Empetrum*, 9. Cyperaceae, 10. Caryophyllaceae, 11. Apiaceae, 12. *Nothofagus*, 13. Cupressaceae, 14. Polygonaceae, 15. Rosaceae, 16. Lamiaceae, 17. *Gunnera*, 18. *Misodendrum*.

*continuum*: las distintas unidades de vegetación identificadas presentan límites imprecisos y las especies características de una avanzan sobre la otra. Esto último es coincidente con la noción de continuidad de las comunidades, donde la distribución de las comunidades dominantes se halla superpuesta y las especies de una aparecen representadas en otras (Whittaker, 1970; Cabrera, 1994).

El bosque quedó caracterizado por los valores mayores de 50% del género *Nothofagus* (Heusser, 1989), la presencia de los géneros *Misodendrum* y *Gunnera* y de la familia Cupressaceae. *Gunnera* es un taxón característico de suelos muy húmedos o pantanosos, con drenaje deficiente, a veces presente en turberas y frecuentemente en bordes de bosque mientras que la familia Cupressaceae, ejemplificada por *Pilgerodendron uviferum*, crece en lugares muy húmedos pero sin exceso de agua (Dimitri, 1972; Pisano, 1977). Se observa en la distribución del polen de estos 2 últimos taxa, aunque presentes ambos en la unidad que determinamos como bosque, cuando aparece uno de ellos el otro está ausente (Fig. 2). Estas desigualdades en la composición de

las muestras indican diferencias edáficas dentro del bosque, mostrando cambios espaciales de las comunidades que responden a factores de menor escala.

Heusser (1989) observa para el sur de Tierra del Fuego que en el bosque de *Nothofagus*, la abundancia de polen de este género disminuye cuando hay pantanos con grandes cantidades de *Empetrum*. En nuestro trabajo es posible visualizar la misma dinámica composicional, pero se registra además un aumento de Apiaceae. En referencia a esto Tuhkanen y colaboradores (1989-1990) describen para zonas de tierras bajas ventosas del interior de la Isla Grande, con suelos pobres en nutrientes, una vegetación formada por arbustos enanos, como *Empetrum* y Apiaceae.

El diagrama polínico muestra, entre otros taxa, a Rosaceae, Asteraceae tubuliflorae, Apiaceae y Cyperaceae. En coincidencia con esto, en el bosque decíduo hay una baja diversidad de especies del sotobosque en cuyos claros se pueden encontrar algunas especies de la familia Rosaceae tales como *Ribes* y *Acaena*, géneros de Asteraceae tubuliflorae como *Senecio* y géneros de Apiaceae como *Azorella* y *Osmorhiza*. También se encuentra representada la familia Cyperaceae, presente en sitios claros pero con sustrato impermeable (Pisano, 1977).

Podemos destacar que dentro de la unidad fisonómica bosque, mediante los análisis estadísticos realizados, se lograron diferenciar 2 subunidades, claramente distinguibles con el análisis de clasificación, mientras que con el análisis de correspondencia se ordenaron, una contigua a la otra, siguiendo un gradiente a lo largo del primer eje de correspondencia. Una de las subunidades ( $B_1$ ) representa el bosque decíduo, con menor porcentaje de *Nothofagus* y mayor de Poaceae que la otra subunidad ( $B_2$ ), que representa al bosque mixto decíduo-siempreverde, considerado ecotonal entre el bosque siempreverde de *Nothofagus betuloides* y el decíduo de *N. pumilio*. La flora asociada del bosque mixto decíduo-siempreverde es similar a la del bosque decíduo. La predominancia de sus especies está determinada por factores locales, principalmente edáficos (Pisano, 1977), puesto que en él se desarrollan las dos especies de *Nothofagus*. Representa el bosque más productivo de Tierra del Fuego; hay una paludificación intensiva y se desarrollan grandes turberas de *Sphagnum*. La imposibilidad de distinguir los granos de polen entre las diferentes especies del género *Nothofagus* limitó las perspectivas de individualizar la composición del bosque con respecto a las distintas especies de este género. Asimismo, dentro del *continuum*, se pudo identificar la unidad fisonómica parque, representada por el ecotono bosque-estepa, situado en el límite noreste del área boscosa de Tierra del Fuego y caracterizado por comunidades de *N. antarctica* y *N. pumilio*, con áreas de gran luminosidad y suelos con gramíneas y arbustos. Luego, siguiendo el gradiente de precipitaciones de sudoeste a noreste, se distinguieron zonas con comunidades transicionales entre el bosque y la estepa donde los cambios florísticos son más bien cuantitativos, con mayor porcentaje de Poaceae y menor de *Nothofagus*,

sin presencia de taxa exclusivos. Estas comunidades están ubicadas en la zona central del gradiente.

Finalmente, los altos valores de polen de Poaceae diferenciaron la estepa gramínea, ubicada en la porción norte del área de estudio, dominada por *Festuca gracillima* y acompañada de otros pastos como *Deschampsia*, *Agrostis* y *Hordeum*. La presencia de polen de *Nothofagus* en la estepa, y ausente en la vegetación refleja su cualidad de polen de larga distancia. Es importante también para la caracterización de la estepa la presencia de la familia Asteraceae tubuliflorae, donde se destaca el género *Lepidophyllum*, arbusto que crece en áreas costeras o territorios arenosos interiores junto con *Salicornia ambigua* (Chenopodiaceae), Caryophyllaceae, Apiaceae, Cyperaceae, Lamiaceae, Polygonaceae y Brassicaceae. La familia Lamiaceae es característica de la estepa magallánica y muchas veces es indicadora de impacto urbano, mientras que las Polygonaceae y Brassicaceae también se asocian a condiciones de impacto, probablemente malezas introducidas con el ganado europeo que ingresó a la isla a fines del siglo XIX. La familia Cyperaceae se encuentra en sitios permanentemente húmedos e inundables, con horizonte arcilloso y acompañado por gramíneas (Pisano, 1977).

El presente estudio acerca de la dispersión y depositación del polen actual en la Isla Grande de Tierra del Fuego muestra un gradiente que se corresponde con las unidades de vegetación actual y que se observa en la ordenación de las muestras y de las variables. De este modo el análisis de ordenación permitió evidenciar aquellos factores ambientales que están asociados con la distribución de las comunidades vegetales. Así, el primer eje de correspondencia representa el gradiente de precipitación observado en estas latitudes.

## Conclusiones

El modelo de dispersión-depositación del polen actual propuesto para el área de la Isla Grande de Tierra del Fuego comprendida entre 52°40'S-55°07'S y 65°05'O-68°40'O estableció un continuo de comunidades: bosque deciduo cerrado, bosque deciduo abierto, ecotono bosque-estepa y estepa. Asimismo, fue posible distinguir zonas con comunidades transicionales entre el bosque y la estepa de acuerdo con el gradiente de precipitación sudoeste-noreste, con variaciones cuantitativas, particularmente de Poaceae y *Nothofagus*, y ausencia de taxa exclusivos. Por último, las desigualdades en la composición de las muestras del bosque fueron indicativas de las diferencias edáficas existentes dentro del bosque mismo, mostrando cambios espaciales de las comunidades que responden a factores de menor escala.

La posibilidad de caracterizar diferentes tipos de comunidades vegetales sobre la base del polen actual, abre la perspectiva de adentrarse en el pasado y estudiar la historia de la vegetación a partir de la comparación de los registros polínicos actuales con los fósiles.

## Agradecimientos.

Queremos agradecer a P.I. Palacio por el manejo de los programas de computación. M.C. Lombardo realizó el recuento de las muestras de polen. Este trabajo se realizó con financiamiento de CONICET y Stiftung Volkswagenwerk-Alemania y de Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica-Universidad Nacional de Mar del Plata PICTO 04-09929.

## Literatura citada

- Birks, H. J. B. y H. H. Birks. 1980. Quaternary palaeoecology. University Park Press, Baltimore. 285 p.
- Burgos, J. J. 1985. Clima del extremo sur de Sudamérica. *In* Transecta botánica de la Patagonia Austral, O. Boelcke, D. M. Moore y F. A. Roig (eds.). CONICET (Argentina), Instituto de la Patagonia (Chile) y Royal Society (UK). p. 10-40.
- Burry, L. S. 2002. Dispersión del Polen Actual en el Sur de Chubut. Tesis de doctorado, Universidad de La Plata, La Plata. 155 p.
- Cabrera, A. L. 1994. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería, Acme 2, Buenos Aires. 85 p.
- D'Antoni, H. L. 1983. Palinología Estructural. V Simposio de Paleobotánica y Palinología, La Plata. p. 29.
- D'Antoni, H. L. 1990. La importancia del análisis de polen en la reconstrucción del clima y la vegetación del pasado. Monografía 5. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires. p. 106-113.
- D'Antoni, H. L. 1991. Modern pollen dispersal in southern Argentina. *Bamberger Geographische Schriften* 11: 209-227.
- D'Antoni, H. L. y V. Markgraf. 1977. Dispersión del polen actual en relación con la vegetación. III Coloquio de Paleobotánica y Palinología 86: 53-74.
- D'Antoni H. L. y M. A. Spanner. 1993. Remote sensing and modern pollen dispersal in Southern Patagonia and Tierra del Fuego (Argentina): Models for palaeoecology. *Grana* 32: 29-39.
- Dimitri, M. J. 1972. La región de los bosques andino-patagónicos. Colección Científica del INTA, Buenos Aires. 381 p.
- Endlicher, W. y A. Santana. 1988. El clima del sur de la Patagonia y sus aspectos ecológicos. Un siglo de mediciones climatológicas en Punta Arenas. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 18: 57-86.
- Fægri, K. y J. Iversen. 1989. Textbook of pollen analysis. Wiley, Chichester. 328 pp.
- Godley, E. J. 1960. The botany of southern Chile in relation to New Zealand and the Subantarctic. *Proceedings of the Royal Society. London B* 152: 457-475.

- Goodall, R. N. 1979. Tierra del Fuego. Shanamaiim, Buenos Aires. 329 p.
- Gray, J. 1965. Palynological techniques. *In* Techniques in Palynology, B. Kummel y D. Raup (eds.). Freeman, San Francisco. p. 471-587.
- Grimm, E. 1992. Tilia software. Illinois State Museum, Research and Collection Center, Springfield, Illinois.
- Janssen, C. R. 1980. Some remarks on facts and interpretation in Quaternary palyno-stratigraphy. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire* 1980-1984: 172-176.
- Heusser, C. J. 1971. Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. The University of Arizona Press, Tucson. 167 p.
- Heusser, C. J. 1989. Late quaternary vegetation and climate of southern Tierra del Fuego. *Quaternary Research* 31: 396-406.
- Maher, L. J. 1982. The palinology of Devils Lake, Sauk County, Wisconsin. *In* Quaternary history of the driftless area, J. C. Knox, L. Clayton y D. M. Mickelson (eds.). Wisconsin geological and natural history survey field trip guide book 5.
- Markgraf, V. y H. L. D'Antoni. 1978. Pollen flora of Argentina. Modern spore and pollen types of Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. The University of Arizona Press, Tucson. 208 p.
- Moore, D. M. 1983. Flora of Tierra del Fuego. Anthony Nelson, Oswestry. 396 p.
- Overpeck, J. T., T. Webb III e I. C. Prentice. 1985. Quantitative interpretation of fossil pollen spectra. Dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quaternary Research* 23: 87-108.
- Paruelo, J. M., E. G. Jobbágy y O. E. Sala. 1998. Biozones of Patagonia (Argentina). *Ecología Austral* 8: 145-153.
- Pisano, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia Chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56°S. *Anales del Instituto de la Patagonia* 8: 121-250.
- Quintanilla, V. 1983. Biogeografía. *In* Geografía de Chile 3. Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile. 320 p.
- Rabassa, J. 2000. Las turberas como fuente de información paleoambiental. *In* Curso-taller: Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. Disertaciones y conclusiones, A. Coronato y C. Roig (eds.). CADIC-CONICET, Argentina; Universidad de Greifswald, Alemania; Subsecretaría de Recursos Naturales, Provincia de Tierra del Fuego, Argentina. p.69-79.
- Rabassa, J., A. Coronato, G. Bujalesky, M. Salemme, C. Roig, A. Meglioli, C. Heusser, S. Gordillo, F. Roig, A. Borromei y M. Quattrocchio. 2000. Quaternary of Tierra del Fuego, Southernmost South America: an updated review. *Quaternary International* 68-71: 217-240.
- Roig, F. A. 1998. La vegetación de la Patagonia. Flora Patagónica. Colección Científica, INTA, Buenos Aires. 8: 48-174.
- Serra, J. 1970. Pasturas en Tierra del Fuego. *IDIA*: 7-14.
- Soriano, A. 1956. Los distritos florísticos de la Provincia Patagónica. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 10: 323-347.
- Trivi, M. E. 2003. Paleocología del Noroeste de la Provincia de Santa Cruz. Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 149 p.
- Tuhkanen, S. 1990. Las regiones climático-fitogeográficas de la Tierra del Fuego y sus correspondencias ecoclimáticas en otras partes del mundo. Simposio de Ecología y Desarrollo Forestal, marzo 2, 7, Ushuaia, Buenos Aires.
- Tuhkanen, S. 1992. The climate of Tierra del Fuego from a vegetation geographical point of view and its ecoclimatic counterparts elsewhere. *Acta Botanica Fennica* 145: 1-64.
- Tuhkanen, S., I. Kuokka, J. Hyvönen, S. Stenroos y J. Niemelä. 1989-1990. Tierra del Fuego as a target for biogeographical research in the past and present. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 19: 1-107.
- Veblen, T. T., C. Donoso, T. Kitzberger, y A. J. Rebertus. 1996. Ecology of Southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* Forests. *In* The ecology and biogeography of *Nothofagus* forests, T. T. Veblen, R. S. Hill y J. Read (eds.). Yale University Press, New Haven. p. 293-353.
- Whittaker, R. H. 1970. Communities and ecosystems. Current concepts in biology series. Macmillan, London. 152 p.
- Young, S. B. 1972. Subantarctic rain forest of Magellanic Chile: distribution, composition, and age and growth rate studies of common forest trees. *Antarctic Research Series (U.S.)* 20: 307-322.
- Zamora, E. y Santana, A. 1979. Características climáticas de la costa occidental de la Patagonia entre las latitudes 46°30' S y 56°30' S. *Anales del Instituto de la Patagonia* 10:109-144.