

ANÁLISIS DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN LEÑOS FÓSILES DE CONÍFERAS DE LA FORMACIÓN LA MESETA, ISLA SEYMOUR (MARAMBIO), ANTÁRTIDA

Mariana BREA¹

ABSTRACT. GROWTH-RING ANALYSIS OF FOSSIL CONIFER WOOD FROM THE LA MESETA FORMATION, SEYMOUR (MARAMBIO) ISLAND, ANTARCTICA. Fossil wood was found in the Eocene-Oligocene La Meseta Formation in Seymour (Marambio) Island, Antarctic Peninsula. Dendrochronological methods are used to study fossil wood of *Cupressinoxylon seymourense* Torres, Marensi and Santillana and *Podocarpoxylo* sp. A. Analyses of the well-preserved growth patterns have yielded important information about periodicity of growth. They most closely resemble some species of living trees that grow in temperate areas with marked cool and warm seasons.

KEY WORDS. Eocene-Oligocene. La Meseta Formation. Cupressaceae. Podocarpaceae. Growth rings. Palaeoclimatology.

PALABRAS CLAVE. Eoceno-Oligoceno. Formación La Meseta. Cupressaceae. Podocarpaceae. Anillos de crecimiento. Paleoclimatología.

INTRODUCCIÓN

El estudio de leños fósiles permite en determinadas condiciones reconocer cambios climáticos que pueden ser usados para inferir condiciones ambientales del pasado, mediante el análisis de los anillos de crecimiento. La presencia de anillos de crecimiento es el resultado de climas con variación estacional (Brea, 1993, 1995a, 1995b).

El análisis de los anillos de crecimiento ha sido originalmente establecido para cronologías actuales y holocénicas (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988), sin embargo los leños fósiles más antiguos también pueden ser analizados mediante técnicas dendrocronológicas, siempre y cuando las características de los anillos no hayan sido alteradas durante el proceso de fosilización (Creber, 1972, 1977; Jefferson, 1982; Creber y Chaloner, 1984a, 1984b, 1985; Francis, 1986; Schweingruber, 1988; Parrish y Spicer, 1988; Spicer y Parrish 1990; Kumagai *et al.*, 1995 y Brea, 1993, 1995a, 1995b).

La posición paleogeográfica de la Isla Seymour (Marambio) (paleolatitud entre los 59° y los 62° S; Francis, 1986) en la península Antártica durante el Paleógeno no era muy diferente a su posición actual (64° 17' S y 56° 50' O) (figura 1). Sin embargo, el registro de bosques fósiles en la Formación La Meseta evidencia que el clima era mucho más cálido durante el Eoceno-Oligoceno. Estos bosques estaban integrados en su

mayoría por Araucariaceae, Podocarpaceae, Cupressaceae y Fagaceae (Francis, 1986; Case, 1988; Torres *et al.*, 1994; Askin, 1995), formando así bosques de similares características a los que hoy se desarrollan en la región Andino-patagónica.

En este trabajo algunos leños fósiles pertenecientes a la Formación La Meseta fueron analizados mediante técnicas dendroclimáticas, con el objeto de inferir condiciones paleoclimáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares estudiados provienen de las localidades fosilíferas IAA1/94 (TELM 3) y IAA2/95 (TELM 5), que están estratigráficamente ubicadas en el TELM 3 y TELM 5 de Sadler (1988) o Unidad II de Elliot y Trautman (1982) de la Formación La Meseta (figura 2). Esta formación, de edad eoceno-oligocena, está constituida por sedimentitas pobremente consolidadas con una potencia de aproximadamente 650 m; se encuentra en discordancia sobre la Formación Cross Valley (Paleoceno tardío) y está cubierta por sedimentitas glacio-marinas del Cuaternario (Rinaldi *et al.*, 1978; Elliot y Trauman, 1982; Sadler, 1988). La Formación La Meseta fue dividida por Elliot y Trauman (1982) en tres unidades e interpretada como parte de un complejo deltaico con evidencias de eventos marinos sobre una zona litoral progradante; reconociéndose los ambientes depositacionales de prodelta, de frente deltaico y de plataforma deltaica. Más tarde Sadler (1988) subdivide este esquema en siete unidades litofaciales mayores (TELM 1 a 7), sin proponer una interpretación paleoambiental de las mismas (Elliot y

¹CONICET, Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología, Diamante, Dr. Materi y España s/n, 3105 Diamante, Argentina

Trauman, 1982; Sadler, 1988; Doktor *et al.*, 1988; Marensi *et al.*, 1994).

Los leños fósiles están permineralizados por carbonato de calcio, tienen un buen estado de preservación y no han sufrido aplastamientos ni deformaciones bruscas. Para su estudio se realizaron secciones delgadas del leño en sus tres cortes característicos (transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial).

El material fósil ha sido descrito bajo la terminología corriente para estos grupos. Los ejemplares fueron comparados con especies fósiles procedentes de Chile, Australia y de regiones nórdicas.

La terminología empleada para el estudio xilológico fue tomada del Glosario Internacional de Términos usados en anatomía de maderas (Greguss, 1955; Cozzo, 1964; Tortorelli, 1963, 1956; Boureau, 1956) y del Glosario Multilingüe de Términos en Anatomía de Maderas del Comité sobre Nomenclatura de IAWA (Comité IAWA, 1964; 1989).

Se realizó el análisis dendrocronológico de los leños fósiles siguiendo los criterios de Fritts (1976), Creber (1977), Creber y Chaloner (1984) y Schweingruber (1988). El conteo y medición de los anillos de crecimiento se realizó sobre las secciones transversales de los cortes delgados. Para confeccionar las series de anillos de crecimiento anual y para determinar los parámetros estadísticos, tales como la media, desviación estándar, sensibilidad media (SM) y sensibilidad anual (SA) se utilizaron los programas COFECHA (Holmes, 1985), Microsoft Excel y Statgraphics Versión 5.0.

Las tareas de campo fueron realizadas por S.

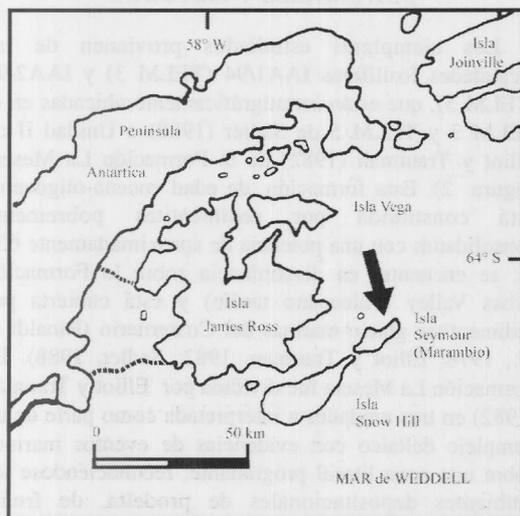


Figura 1. Mapa de ubicación de la Isla Seymour (indicada por la flecha) en un mapa de la Península Antártica (modificado de Vizcaíno *et al.*, 1994). *Location of the Seymour Island (indicated by the arrow) on a map of the Antarctic Peninsula (modified from Vizcaíno *et al.*, 1994).*

A.P.A. Publicación Especial 5, 1998

Vizcaíno, M. A. Reguero y J. J. Molly durante las campañas de verano de 1994 y 1995 del Instituto Antártico Argentino.

El material se encuentra depositado en la Colección Paleobotánica del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de La Plata, Argentina (LPPB).

Las abreviaturas utilizadas en este trabajo son las siguientes: LPPB: Colección Paleobotánica del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de La Plata, pmLPPB: material microscópico de la Colección Paleobotánica del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de La Plata. IAA 1/94 e IAA 2/95 localidades fosilíferas del Instituto Antártico Argentino (Dirección Nacional del Antártico). TELM (Tertiary Eocene La Meseta Formation) unidades estratigráficas de la Formación La Meseta (Sadler, 1988).

SISTEMÁTICA

Clase CONIFEROPSIDA Gifford y Foster 1989

Orden CONIFERALES Gifford y Foster 1989

Familia CUPRESSACEAE

Género **Cupressinoxylon** (Goëppert) Gothan

ESPECIE TIPO: *Cupressinoxylon subaequale* Goëppert 1850.

Cupressinoxylon seymourense Torres, Marensi y Santillana, 1994
Figuras 3.A-B

HOLOTIPO. ANT-IS-7 Colección Paleoxilológica del INACII, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.

LOCALIDAD TIPO: Isla Seymour (Marambio), Antártida.

ESTRATOTIPO: Formación La Meseta (Eoceno-Oligoceno), Unidad II (Elliot y Trauman, 1982).

AFINIDAD BOTÁNICA: *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Flor. et Boul.

MATERIAL ESTUDIADO: LPPB 12986, pmLPPB 1685, 1686, 1687.

LOCALIDAD. Isla Seymour (Marambio), Antártida.

DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA. Formación La Meseta, TELM 3 (Sadler, 1988).

EDAD. Eoceno-Oligoceno.

DESCRIPCIÓN. Los anillos de crecimiento están muy bien delimitados. El leño temprano se diferencia netamente del leño tardío. Este último consta de 2 a 6 hileras de traqueidas achatadas y comprimidas radialmente. Los anillos tienen un espesor variable que oscila entre 0,17 mm y 0,95 mm. En 2,5 cm de espesor se han contado 37 anillos de crecimiento, lo que hace pensar que el crecimiento del árbol era muy lento. Ausencia de canales resiníferos (figuras 3. A-B).

Traqueidas: En sección transversal las traqueidas del leño temprano tienen forma irregular cuadrangular a poligonal con ángulos bien demarcados. El diámetro

tangencial es de 40 μm (61,86 μm) 88 μm y el diámetro radial es de 56 μm (71,46 μm) 88 μm , siendo el espesor de la pared de 16 μm (20 μm) 24 μm . Las traqueidas del leño tardío están comprimidas y tienen un diámetro tangencial de 32 μm (53,73 μm) 80 μm y un diámetro radial de 24 μm (31,46 μm) 48 μm con un espesor de pared de 5 μm (7,25 μm) 8 μm .

Las punteaduras se encuentran exclusivamente en las paredes radiales. Son areoladas, uniseriadas y espaciadas. La abertura externa es circular u oval, y la abertura interna tiene forma lenticular. Es muy raro encontrar puntuaciones areoladas, biseriadas y opuestas. El diámetro de las punteaduras es de 16 μm (24,84 μm) 32 μm .

Radios leñosos: Los radios leñosos son homogéneos y homocelulares, dispuestos irregularmente en el tejido y constituidos por células procumbentes. Son mayoritariamente uniseriados (95,18 %) y en menor proporción parcialmente biseriados o con células agregadas (4,82 %). La altura de los radios en número de células varía entre 1 (3,45) 8 y expresada en micrometros es de 28 μm (128,33 μm) 210 μm . El ancho de los radios oscila entre 42 μm (60,90 μm) 84 μm . Traqueidas radiales ausentes.

Campos de cruzamiento: Campos de cruce con 1 a 4 puntuaciones, de tipo cupresoides. Areolas de forma circular u oval dispuestas irregularmente, con un diámetro de 8 μm (14,66 μm) 24,00 μm . La abertura interna es lenticular y no se observa con claridad si es incluida o excluida.

Parénquima axial: El parénquima vertical es apotraqueal, moderadamente abundante y de distribución variable. Tanto las secciones longitudinales radiales como las tangenciales de las células parenquimáticas se caracterizan por la abundante cantidad de contenidos globulosos de resina. No se observan cristales.

DISCUSIÓN Y COMPARACIONES. A pesar de contar con sólo un fragmento de leño, se ha podido realizar una determinación específica confiable debido a que los caracteres diagnósticos, muy bien preservados, permitieron asignar el material a *Cupressinoxylon seymourense* Torres *et al.*, 1994, descrita para la Unidad II de Elliot y Trauman (1982) de la Formación La Meseta.

Cupressinoxylon seymourense tiene gran afinidad con la familia Cupressaceae, en especial con *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Flor. et Boul., una especie arbórea actual endémica de Chile y Argentina que crece en los bosques subantárticos desde Neuquén hasta alrededor de los 44° S en Chubut, entre los 900 m y 1800 m sobre el nivel del mar, en lugares pedregosos y relativamente secos, con precipitaciones anuales de 500 mm y bordeando por lo general las aguas de los ríos y lagos (Muñoz Pizarro, 1971; Dimitri, 1976; Roig, 1992). En el sector chileno se encuentra formando bosques puros y a veces se asocia con el "Lleuque" (*Prumnopitys andina*) en la alta cordillera entre los 1000 y 1500 m (Muñoz Pizarro, 1971).

Austrocedrus chilensis es considerada una de las mejores especies para estudios dendrocronológicos en el

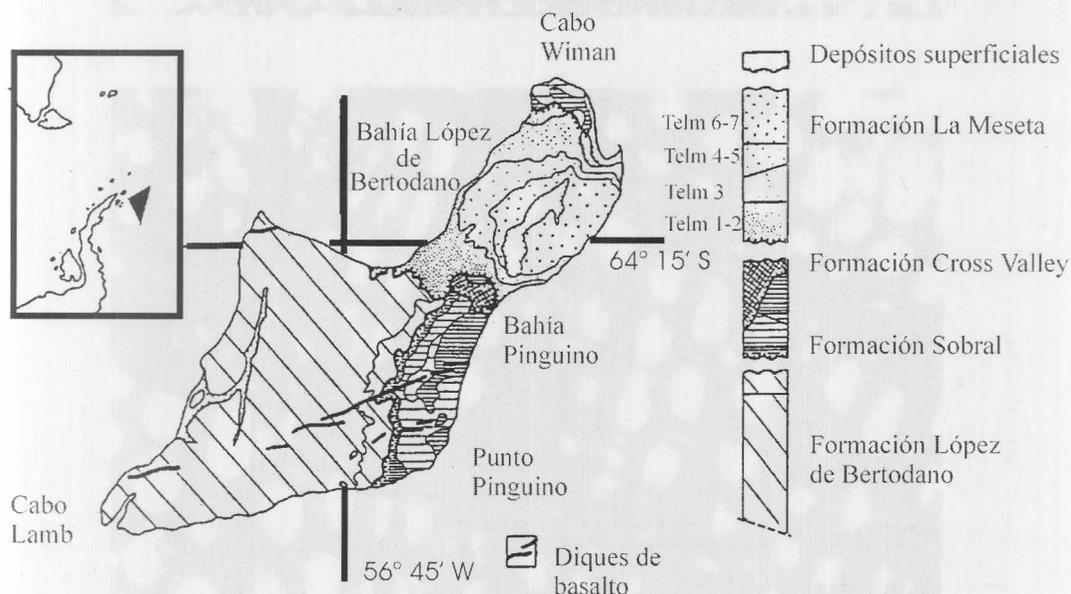


Figura 2. Mapa geológico de la Isla Seymour (Marambio) (modificado de Sadler, 1988). *Geologic map of Seymour Island (Marambio) (modified from Sadler, 1988).*

Hemisferio Sur (Boninsegna y Holmes 1978; La Marche *et al.*, 1979).

Los únicos caracteres que no se han podido observar en el material fósil y que se presentan en la especie actual *Austrocedrus chilensis* son la abertura interna de las puntuaciones radiales de las traqueidas, que son lenticulares exclusas y cruzadas (Tortorelli, 1956) y la presencia ocasional de trábeculas (Roig, 1992).

DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y GEOGRÁFICA.

Formación La Meseta, Unidad II (Elliot y Trauman, 1982), localidad Isla Seymour (Marambio), Antártida (Torres *et al.*, 1994); Formación La Meseta TELM 3 (Sadler, 1988), localidad Isla Seymour (Marambio), Antártida (este trabajo).

Familia PODOCARPACEAE Page 1990

Género *Podocarpoxyton* Gothan 1904

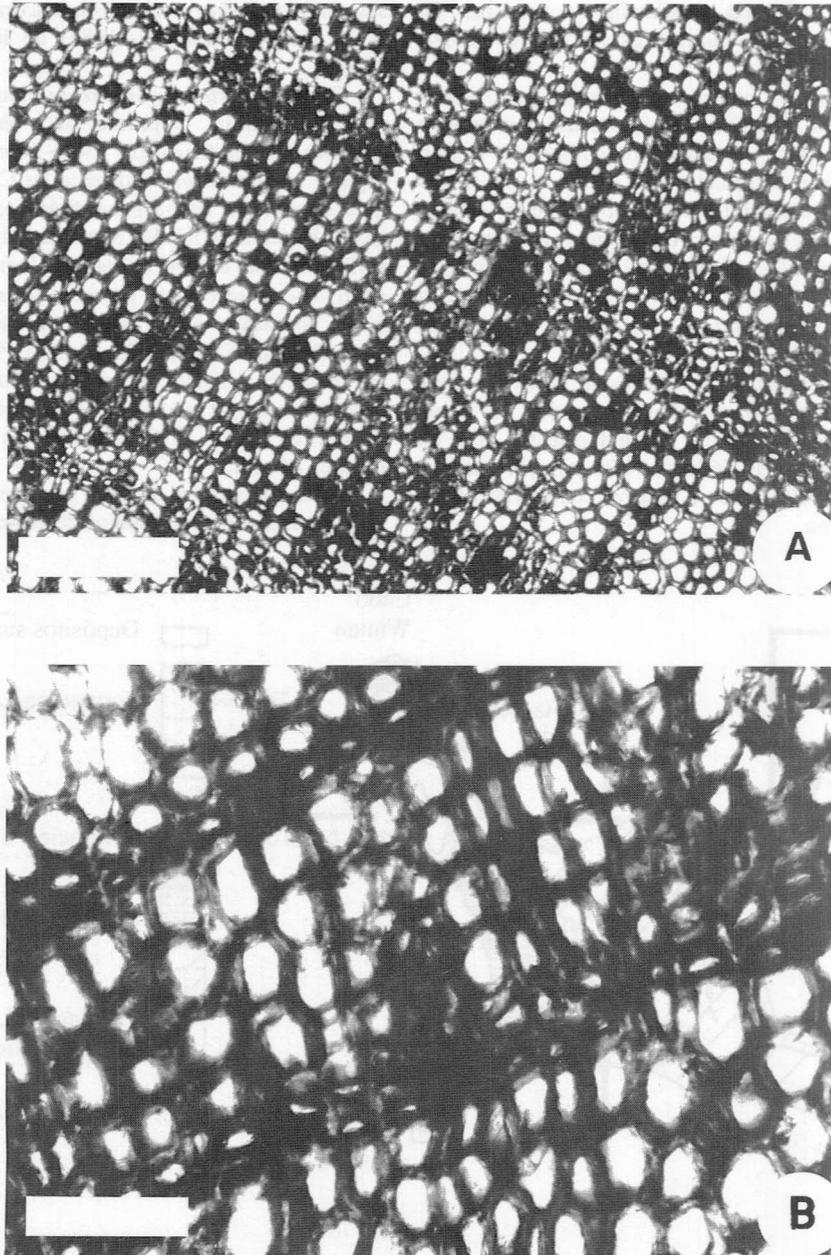


Figura 3. *Cupressinoxylon seymourense* (LPPB 12986), A-B. anillos de crecimiento bien demarcados / growth rings with distinct boundaries. Escala gráfica / bar: A= 300 μ m, B= 120 μ m.

ESPECIE TIPO: *Podocarpoxyylon juniperoides* Gothan en: Gagel 1904.

Podocarpoxyylon sp. A

Figura 4. A-D

LOCALIDAD. Isla Seymour (Marambio), Antártida.

DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA. Formación La Meseta, TELM 5 (Sadler, 1988).

EDAD. Eoceno-Oligoceno.

MATERIAL ESTUDIADO. LPPB 12987, pmLPPB 1688, 1689, 1690; LPPB 12988, pmLPPB 1691, 1692, 1693.

DESCRIPCIÓN. Los anillos de crecimiento están bien

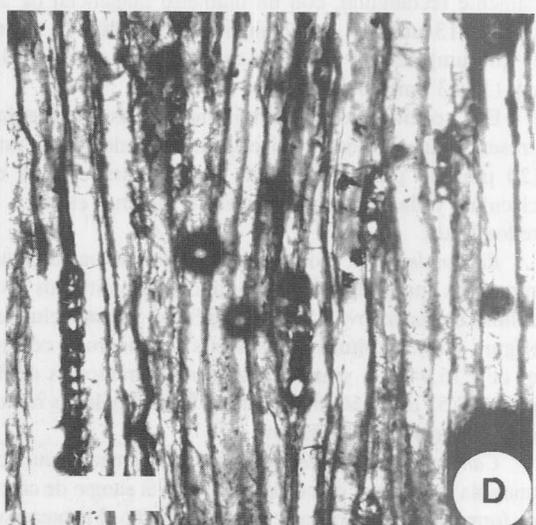
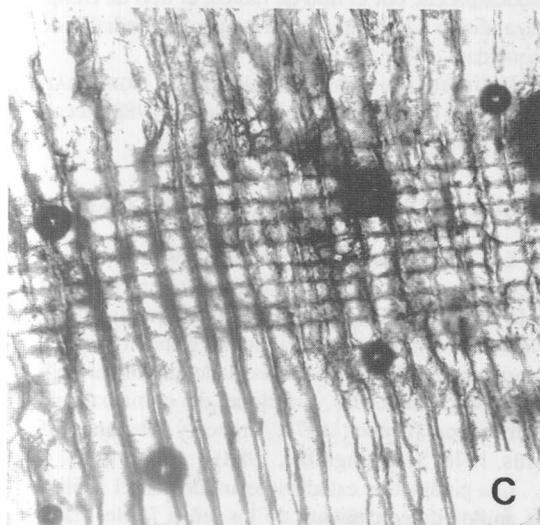
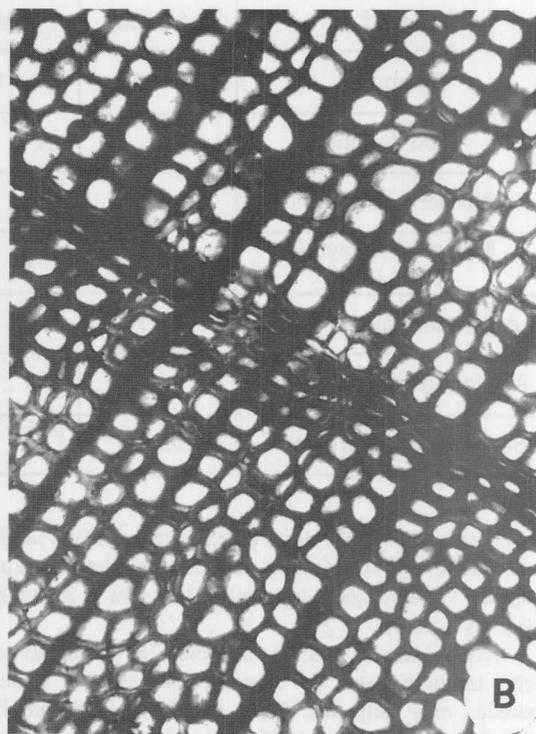
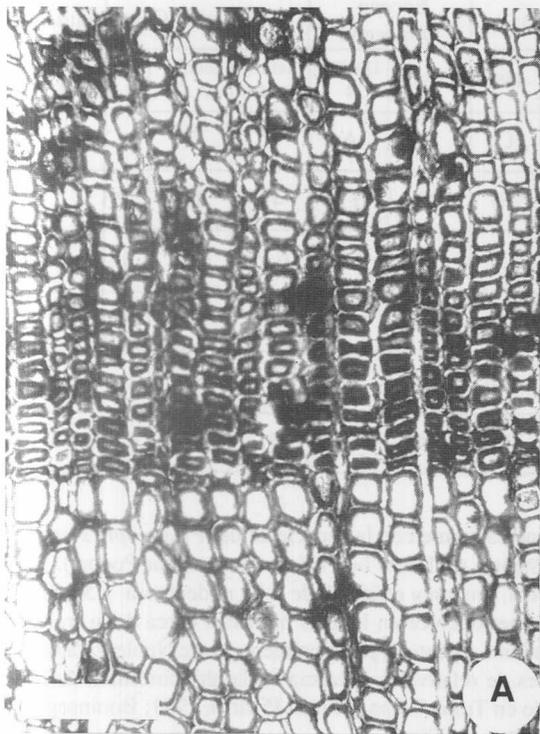


Figura 4. *Podocarpoxyylon* sp. A (LPPB 12988), A-B. corte transversal mostrando los anillos de crecimiento / cross section showing growth rings, C. corte longitudinal radial, donde se observan los campos de cruzamiento con una única punteadura / radial section showing the cross fields with a single pit, D. corte longitudinal tangencial con radios uniseriados / tangencial section with uniseriate rays. Escala gráfica / bar: A-C= 120 mm, D= 300 mm.

Cuadro 1. Resultado del análisis de los anillos de crecimiento y comparación con el material fósil de Francis (1986). Tipos de leños: C: conífera, A: angiosperma / Results of growth-ring analysis and comparison with the fossil material of Francis (1986). Wood types: C: conifer, A: angiosperm.

Formación	Francis, 1986						Este trabajo			
	Sobral	Cross Valley			La Meseta		La Meseta			
Edad	Paleoceno	Paleoceno			Eoceno-Oligoceno		Eoceno-Oligoceno			
Ejemplar	D.495	D.494	D.509	4388	D.502	D.8321 4	Telm3 FLMA	Telm3.1 AA.D	Telm5 FLMB	Telm5 FLMC
Tipo de leño	C	A	C	C	A	A	C	C	C	C
Número de anillos	27	14	13	16	23	11	49	13	25	58
Media del espesor de anillos (mm)	0,52	2,58	0,84	2,51	1,32	5,70	0,45	0,70	0,80	0,95
Anillo más ancho (mm)	0,70	4,60	1,40	6,30	3,30	8,40	0,95	1,30	2,60	2,31
Anillo más delgado (mm)	0,40	2,00	0,40	1,20	0,40	2,50	0,17	0,40	0,07	0,14
Sensibilidad media (SM)	0,139	0,17 3	0,37 1	0,26 7	0,207	0,241	0,317	0,301	0,626	0,319

demarcados por 4 a 8 hileras de traqueidas del leño tardío con paredes radialmente aplastadas. Los anillos tienen un espesor variable que oscila entre 0,07 mm y 2,60 mm (figuras 4. A-B).

Traqueidas: En sección transversal las traqueidas del leño temprano son de contorno poligonal y tienen paredes muy delgadas: 8 μm (10,66 μm) 16 μm . El diámetro tangencial es de 32 μm (44,26 μm) 56 μm . Las traqueidas del leño tardío son de sección aproximadamente rectangular, con un diámetro tangencial de 24 μm (38,13 μm) 48 μm y un diámetro radial de 8 μm (17,86 μm) 32 μm , siendo el espesor de la pared de 16 μm (17,33 μm) 20 μm .

En sección longitudinal radial las traqueidas presentan un punteado uniseriado, areolado de 16 mm (20 μm) 24 μm de diámetro. La abertura externa es circular y la interna inclusa, de forma elíptica o redondeada.

Radios leñosos: Los radios leñosos son uniseriados, raros los parcialmente biseriados, constituidos por células de forma oval. Son homogéneos y homocelulares (figura 4. D). La altura de los radios en número de células es de 1 (5,94) 14, y expresada en micrometros es de 32 μm (153,55 μm) 360 μm de altura. El ancho de los radios es de 16 μm (20 μm) 32 μm .

Campos de cruzamiento: Campos de cruzamiento con una sola punteadura que ocupa casi todo el campo de cruce, de forma oval o redondeada; en el leño tardío el punteado es de forma más alargada. Las puntuaciones tienen 24 μm (33,33 μm) 40 μm de diámetro (figura 4. C).

DISCUSIÓN Y COMPARACIONES. El material fósil presenta una gran afinidad con la familia Podocarpaceae,

especialmente con la especie actual *Prumnopitys andina* (Poepp.) de Laub. (= *Podocarpus andina* Poepp.). Este árbol, hoy muy relictual, de 5-15 m de altura y 50 cm de diámetro, crece en lugares húmedos cerca de la frontera chileno-argentina, principalmente entre Ñuble y Valdivia, y es de relativa abundancia en la alta cordillera de Bío-Bío en Trapa-Trapa (Muñoz Pizarro, 1971; Boninsegna y Holmes, 1978).

Los ejemplares fueron asignados a la familia Podocarpaceae por el tipo de radios, el tipo de campo de cruzamiento y el punteado de las paredes radiales de las traqueidas.

DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y GEOGRÁFICA. Formación La Meseta, TELM 5 (Salder, 1988), localidad Isla Seymour, Antártida.

ANÁLISIS DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO

Los leños fósiles se conocen desde el Devónico inferior y su variabilidad anatómico-estructural se refleja en la presencia o ausencia de anillos de crecimiento. Los leños con anillos de crecimiento brindan una buena información de los paleoclimas, dado que su variabilidad está condicionada a las variaciones del clima bajo el cual se formaron (Creber, 1977; Creber y Chaloner, 1984; Fritts, 1976; Schweingruber, 1988).

Los parámetros estadísticos usados en el análisis de los anillos de crecimiento de los leños fósiles han sido descritos por Fritts (1976) y Creber (1977). Estos son la media del ancho de los anillos de crecimiento, la sensibilidad media (SM) y la sensibilidad anual (SA).

La media del ancho de los anillos es usada como

indicador del nivel de crecimiento. Las variaciones anuales del espesor de los anillos de crecimiento, se deben a cambios climáticos, y esto es lo que permite fechar y reconstruir la evolución del clima a lo largo del tiempo (Fritts, 1976).

La sensibilidad media (SM) es un parámetro estadístico que mide las diferencias relativas en el

espesor entre anillos adyacentes (Fritts, 1976). Se definen como árboles "complacientes" a aquéllos árboles que presentan una SM más baja que 0,3, lo cual indica que, o bien no eran mayormente afectados por las variaciones interanuales de las condiciones climáticas, o bien éstas eran relativamente constantes y regulares a lo largo de los años. Árboles "sensibles" son aquéllos cuya SM es más

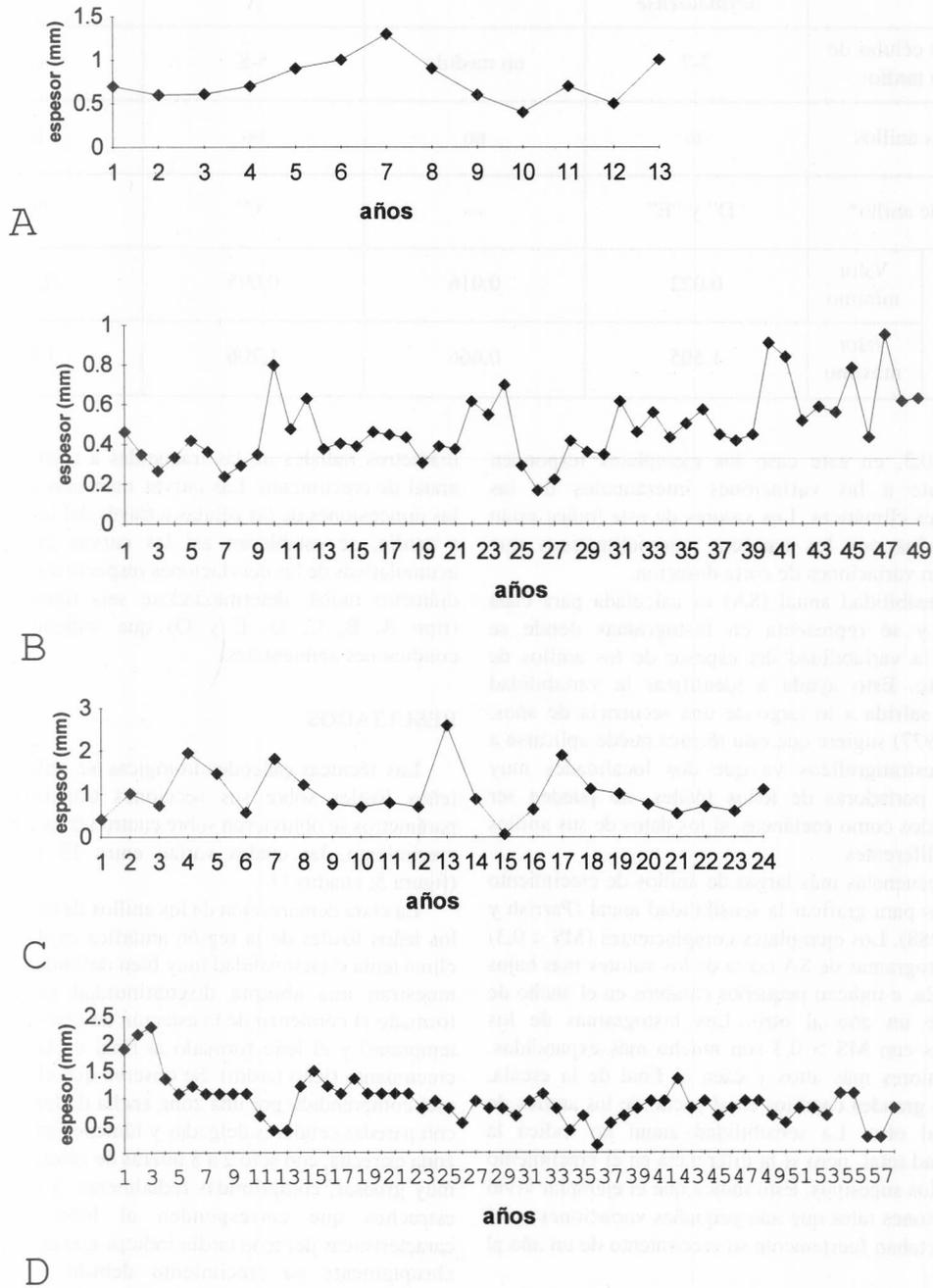


Figura 5. Series de anillos de crecimiento de la Isla Seymour (Marambio) mostrando la variación de los espesores de los anillos de un año al otro. / Growth ring sequences of the Seymour Island (Marambio) showing annual variation. A. IAA.D (LPPB 12989), B. FLM.A (LPPB 12986), C. FLM.B (LPPB 12987), D. FLM.C (LPPB 12988).

Cuadro 2. Resultado del análisis de los anillos de crecimiento de los leños de coníferas de la Formación La Meseta. El asterisco alude al esquema de clasificación de los tipos de anillos de Creber y Chaloner (1984 b), SA: sensibilidad anual / *Results of growth-ring analysis of the conifer wood from La Meseta Formation. The asterisk refers to the growth-ring classification scheme by Creber and Chaloner (1984 b), SA: annual sensitive.*

Ejemplar		TELM3. FLM.A	TELM3. IAA.D	TELM5. FLM.B	TELM5.FLM.C
Taxón		<i>Cupressinoxylon seymourense</i>	Conífera	<i>Podocarpoxyylon sp. A</i>	<i>Podocarpoxyylon sp. A</i>
en N° de células de leño tardío		3-7	no medido	5-8	4-7
Falsos anillos		no	no	no	no
Tipo de anillo*		"D" y "E"	---	"C"	"C"
SA	Valor mínimo	0,022	0,016	0,095	0,000
	Valor máximo	1,505	0,666	1,706	1,600

alta que 0,3, en este caso los ejemplares responden fuertemente a las variaciones interanuales de las condiciones climáticas. Los valores de este índice están influenciados por los cambios microclimáticos que determinan variaciones de corta duración.

La sensibilidad anual (SA) es calculada para cada ejemplar y se representa en histogramas donde se muestran la variabilidad del espesor de los anillos de crecimiento. Esto ayuda a identificar la variabilidad climática sufrida a lo largo de una secuencia de años. Creber (1977) sugiere que esta técnica puede aplicarse a estudios estratigráficos ya que dos localidades muy cercanas, portadoras de leños fósiles, no pueden ser determinados como coetáneas, si los datos de sus anillos son muy diferentes.

Las secuencias más largas de anillos de crecimiento son usadas para graficar la sensibilidad anual (Parrish y Spicer, 1988). Los ejemplares complacientes ($MS < 0,3$) tienen histogramas de SA cerca de los valores más bajos de la escala, e indican pequeños cambios en el ancho de anillos de un año al otro. Los histogramas de los ejemplares con $MS > 0,3$ son mucho más expandidos. Tienen valores más altos y caen al final de la escala, indicando grandes cambios en el ancho de los anillos de un año al otro. La sensibilidad anual no indica la variabilidad total, pero sí la diferencia en el crecimiento entre anillos sucesivos. Esto indica que el ejemplar vivió en condiciones tales que aún pequeñas variaciones en el clima afectaban fuertemente su crecimiento de un año al otro.

El esquema de clasificación de los anillos de crecimiento propuesto por Creber y Chaloner (1984b) tiene en cuenta el graficado de las variaciones de los

diámetros radiales de las traqueidas a través del anillo anual de crecimiento. Las curvas muestran cómo varían las dimensiones de las células a través del leño temprano y tardío; se establecen así las curvas de las sumas acumulativas de las desviaciones respecto de la media del diámetro radial, determinándose seis tipos de anillos (tipo A, B, C, D, E y O) que indican diferentes condiciones ambientales.

RESULTADOS

Las técnicas paleodendrológicas se aplicaron a los leños fósiles sobre sus secciones transversales. Los parámetros se obtuvieron sobre cuatro series de anillos de crecimiento, las cuales varían entre 13 y 58 anillos (figura 5; cuadro 1).

La clara demarcación de los anillos de crecimiento en los leños fósiles de la región antártica evidencia que el clima tenía estacionalidad muy bien definida. Los anillos muestran una abrupta discontinuidad entre el leño formado al comienzo de la estación de crecimiento (leño temprano) y el leño formado al final de la estación de crecimiento (leño tardío). Se observa que el anillo anual está comprendido por una zona ancha de leño temprano, con paredes celulares delgadas y lúmenes amplios; y una zona estrecha, con sólo 2 a 8 hileras de células de paredes muy gruesas, comprimidas radialmente y con lúmenes estrechos que corresponden al leño tardío. Las características del leño tardío indican que el árbol cesaba abruptamente su crecimiento debido a un pronto advenimiento de condiciones adversas al crecimiento, muy probablemente frío (cuadro 2). La media del espesor de los anillos es de 0,72 mm; el anillo más delgado es de

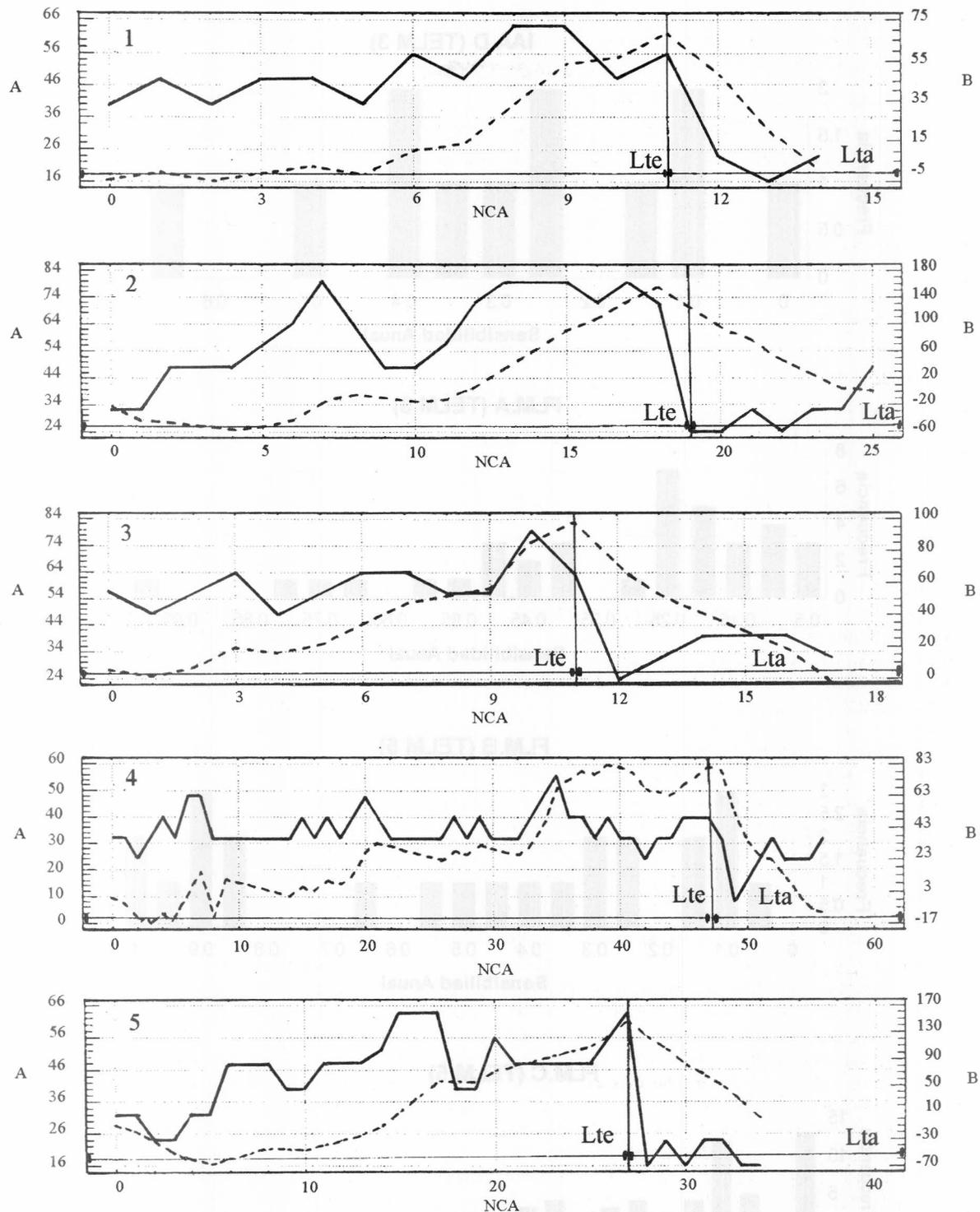


Figura 6. Curvas de las variaciones de los diámetros radiales de las traqueidas a lo largo de un anillo anual de crecimiento. La línea vertical separa el leño temprano del leño tardío / *Variation in cell radial diameters along selected growth rings. Vertical line separates earlywood from latewood.* **A** (línea entera / *solid line*) = diámetro radial de las traqueidas en μm / *cell radial diameter in μm* . **B** (línea punteada / *dotted line*) = Suma acumulativa de las desviaciones con respecto a la media del diámetro radial en μm / *cumulative sum of deviations from mean radial diameter in μm* . **NCA** = número de células por anillo / *number of cells per ring*. **Lte** = leño temprano / *earlywood*. **Lta** = leño tardío / *latewood*. **1**, leños de tipo "E" / *wood type "E"* (LPPB 12986), **2-3**, leños tipo "D" / *wood type "D"* (LPPB 12986), **4-5**, leños tipo "C" / *wood type "C"* (LPPB 12987, LPPB 1288).

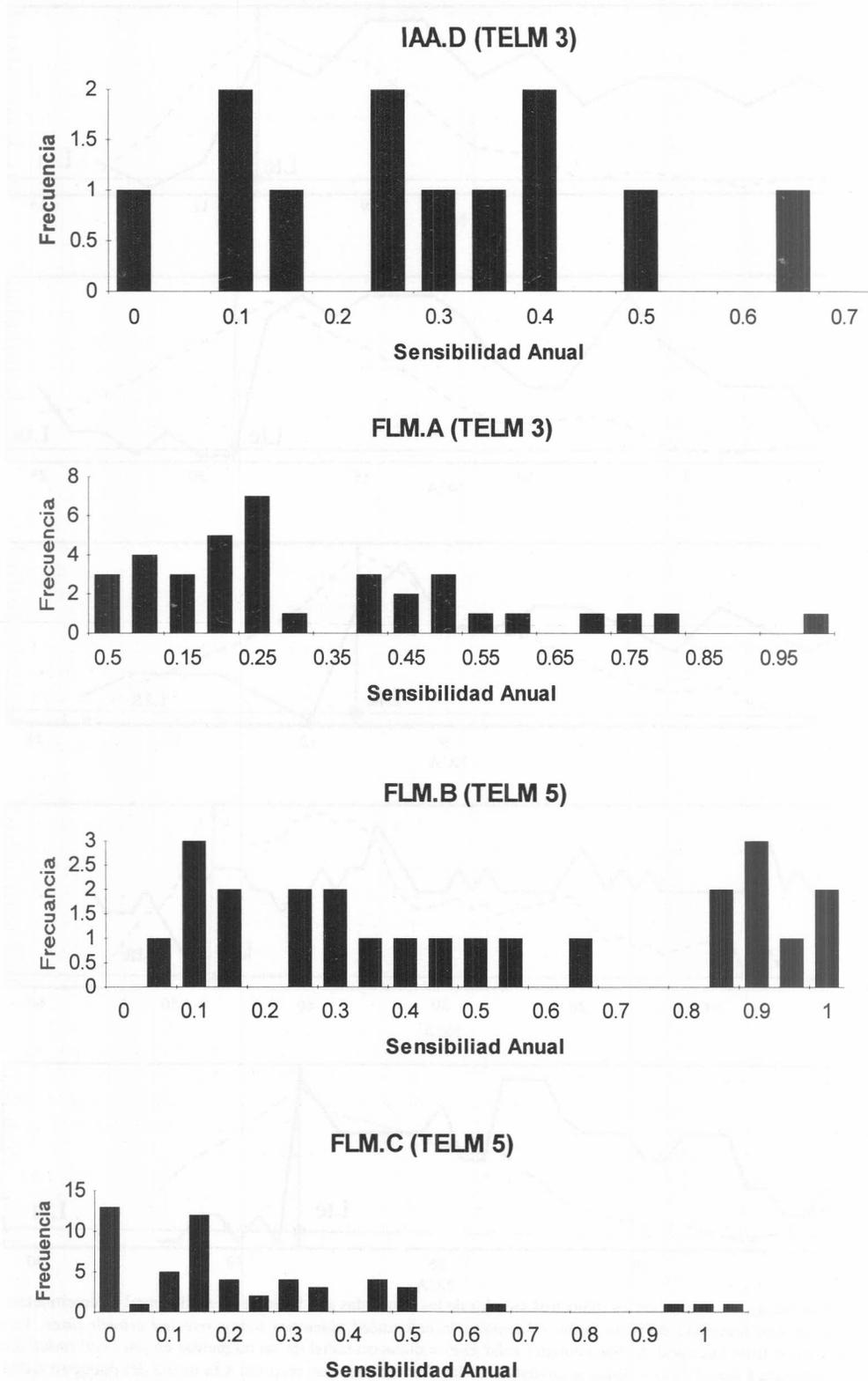


Figura 7. Histogramas de sensibilidad anual (SA) en los ejemplares IAA.D (TELM 3), FLM.A (TELM 3), FLM.B (TELM 5), FLM.C (TELM 5) / Annual sensitivity histograms of the specimens IAA.D (TELM 3), FLM.A (TELM 3), FLM.B (TELM 5), FLM.C (TELM 5).

0,07 mm y el más ancho es de 2,60 mm (cuadro 1). Estos valores indican que los anillos de crecimiento anual crecían muy lentamente, lo que sugiere que se desarrollaban bajo condiciones ambientales no muy favorables.

Los anillos de crecimiento de tipo "D" y "E" (Creber y Chaloner, 1984b) se presentan en los leños de *Cupressinoxylon seymourense* del TELM 3 de la Formación La Meseta y los de tipo "C" (Creber y Chaloner, 1984b) se registraron para los ejemplares de *Podocarpoxylon* sp. A del TELM 5 de esta misma formación (figura 6; cuadro 2). Los tipos "D" y "E" son esencialmente similares. Ambos indican crecimiento estacional relativamente uniforme, pero cada anillo cesa su crecimiento por un evento que representa un retardo de la actividad cambial. Los tipos "D" y "E" son los menos comunes e indican que el crecimiento ocurrió en un ambiente con uno o varios cambios graduales durante la estación de crecimiento.

Uno de los caracteres más importantes del patrón de crecimiento de los leños es la variación en el espesor de los anillos de un año al otro. Esto se refleja en los valores de la sensibilidad media (SM). La SM de todos los anillos es de 0,391 y oscila entre 0,301 y 0,626 (cuadro 1). Esto indica que eran especies sensibles a los cambios ambientales, de crecimiento estacional no constante y sujetas a climas variables que afectaban su crecimiento. Cuando la sensibilidad media es superior a 0,3 indica que las condiciones de precipitación y temperatura eran algo limitadas y variables en los años medidos. Cuando el coeficiente tiene valores muy altos (como el ejemplar FLM.B LPPB 12987, con una SM = 0,626) indica una variabilidad cada vez mayor.

El graficado de la sensibilidad anual (SA) (figura 7; cuadro 2) muestra histogramas extendidos, que indican grandes cambios en el espesor de los anillos de un año al otro. Esto se interpreta como una marcada estacionalidad climática.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los bosques fósiles que se desarrollaron en la Isla Seymour (Marambio) durante el Eoceno-Oligoceno estaban integrados por Fagaceae, Araucariaceae, Cupressaceae y Podocarpaceae (Torres *et al.*, 1994). Todas las especies descritas tienen afinidades con las que crecen actualmente en los bosques húmedos y fríos del sur chileno-argentino y Nueva Zelanda. Dichos ejemplares fósiles poseen anillos de crecimiento anuales muy estrechos y bien demarcados, denotando así que los árboles tenían crecimiento muy lento con períodos vegetativos correspondientes a cambios climáticos estacionales.

La composición taxonómica de los bosques sudamericanos, muy similares a los australianos, presenta una gran semejanza con los bosques fósiles que se desarrollaron en las altas latitudes durante el Eoceno-

Oligoceno en la Isla Seymour (Marambio) (Península Antártica).

La región actual de los Bosques Andino-patagónicos o Bosques Subantárticos se extiende desde el norte de la provincia de Neuquén hasta la Isla de los Estados y el sector chileno al sur del Beagle, comprendiendo una longitud de 2200 km (Dimitri, 1972), desde los 37° S hasta los 55° S; con climas templado y húmedo en los distritos septentrionales y frío y húmedo en los australes (Biloni, 1990). Estos bosques no tienen una gran riqueza específica, y se encuentran entre sus especies arbóreas al "pehuén" [*Araucaria araucana* (Mol.) C. Koch], el "ñire" [*Nothofagus antarctica* (Forst. f.) Oerst.], la "lenga" [*N. pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser], el "coihue" [*N. dombeyi* (Mirb) Blume], el "ciprés" [*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Florin], el "alerce" [*Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnston] y el "lleuque" [*Prumnopitys andina* (Poepp.) de Laub.].

El ciprés es una especie pionera de sitios secos correspondiente al estrato de los bosques de "coihue" en la precordillera, en donde se pueden encontrar formando: 1. los bosques de *Austrocedrus* típicos, que son bosques densos, sobre suelos profundos ricos en humus y con poca pendiente, donde alcanza alturas de 20 a 30 m. 2. Los bosques abiertos de *Austrocedrus* con fagáceas ("ñire" y "coihue") y podocarpaceae ("lleuque"), que se desarrollan en suelos secos, pedregosos y poco profundos, generalmente en laderas empinadas, donde alcanzan alturas de 15-20 m (Schmid, 1985).

El espesor de los anillos de crecimiento estudiados en este trabajo indica que los árboles tenían un crecimiento lento y que vivían bajo condiciones ambientales no muy favorables. Creber y Chaloner (1984b) demostraron que el espesor de los anillos en leños fósiles varía a lo largo del gradiente latitudinal, determinando así que el crecimiento estacional es más estrecho en las altas latitudes que en las bajas. Los anillos muestran que hay variabilidad del factor limitante -temperatura y/o precipitación- de un año al otro.

En los leños estudiados la media del espesor de los anillos de crecimiento es de 0,72 mm, siendo el anillo más ancho de 2,60 mm y el más delgado de 0,07 mm. Las cronologías obtenidas de *Araucaria araucana* para latitudes de 37° y 43° S en Argentina, muestran valores de MS muy bajos (0,12 a 0,23), con espesores de anillos que oscilan entre 0,38 y 3,33 mm. En Chile (32° y 40° S) la media del espesor de los anillos de crecimiento varía entre 0,40 y 1,75 mm (LaMarche *et al.*, 1979; Francis, 1986). *Pilgerodendron uviferum* (Dom.) Florin y *Drimys winteri* Forst. tienen una media del espesor de anillos de 0,37 mm y 1,00 mm respectivamente. Por su parte *Austrocedrus chilensis* presentó una MS de 0,327 y 0,312 para ejemplares que en Argentina crecen entre los 40° y 42° S (Fidel Roig, com. pers.).

Los leños antárticos tienen leños tardíos muy estrechos que sugieren una cesación rápida del crecimiento y que han sido ocasionados probablemente

por una marcada estacionalidad (Parrish y Spicer, 1988; Francis, 1986).

Los leños fósiles analizados tienen sensibilidades medias (SM) superiores a 0,3 y un rango de 0,301 y 0,319. Uno de los ejemplares (FLM.B) tiene una MS muy alta (0,626), lo cual se contrapone con lo expuesto por Francis (1986) para la misma formación, donde encuentra valores de MS bajos (0,207 y 0,241) que indican la presencia de árboles "complacientes" con medias del espesores de anillos entre 1,32 mm y 5,70 mm, el anillo más ancho registrado tiene un espesor de 8,40 mm y el más delgado de 2,50 mm (cuadro 1). Estas diferencias encontradas pueden ser atribuidas a que dicha autora utilizó series de anillos muy cortas (11 y 23 anillos), o a que el material estudiado corresponda a niveles más antiguos dentro de la Fm. La Meseta, ya que dos localidades fosilíferas muy cercanas no pueden ser determinadas como coetáneas, si los datos de sus anillos de crecimiento son muy diferentes (Creber, 1977). La SM de los leños analizados indican que eran sensibles a los cambios ambientales, su crecimiento estacional no era constante y estaban sujetos a factores climáticos adversos que afectaban el crecimiento del árbol.

De la comparación con los bosques actuales sudamericanos, australianos y del análisis de los leños fósiles se concluye que los bosques fósiles representados en la Formación La Meseta en las unidades TELM 3 y TELM 5 de Sadler (1988), vivían bajo condiciones ambientales templado-frías, con marcada estacionalidad climática y que estuvieron expuestos a períodos estacionales con factores climáticos adversos que afectaban el crecimiento de los árboles.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento a S. Vizcaíno y M. Reguero por el préstamo del material y por sus interesantes comentarios. La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo logístico brindado por el Instituto Antártico Argentino y la Fuerza Aérea Argentina. También deseo agradecer a los árbitros que con sus sugerencias permitieron mejorar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Askin, R.A., 1995. Eocene terrestrial palynology of Seymour Island, Antarctica. *Proceedings 8^o International Symposium on Antarctic Earth Sciences*: 14. Siena.
- Biloni, J.S., 1990. *Arboles Autóctonos Argentinos*. Tipográfica Editora Argentina. 335 pp. Buenos Aires.
- Boureau, Ed., 1956. *Anatomie Végétale*. Tomo 2: 333-503. Press Université France. París.
- Brea, M., 1993. Inferencias paleoclimáticas a partir del estudio de los anillos de crecimiento en leños fósiles de la Formación Río Turbio, Santa Cruz, Argentina. I. *Nothofagoxylon paraprocera* Ancibor, 1990. *Ameghiniana*, 30(2): 135-141. Buenos Aires.
- Brea, M., 1995a. *Estudio de la paleoflora de la secuencia triásica de Agua de la Zorra, provincia de Mendoza*. Tesis Doctoral N° 632. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. 202 pp. La Plata. (Inédito)
- Brea, M., 1995b. Análisis de los anillos de crecimiento en leños fósiles triásicos de Agua de la Zorra (Provincia de Mendoza) y su interpretación paleoclimática. *Jornadas de Comunicaciones Científicas Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata*. 1 p. La Plata.
- Boninsegna, J. A. y Holmes, R.L., 1978. Estudios dendrocronológicos en los Andes centrales y patagónico-fueguinos. *Anales del IANIGLA*: 75-91. Mendoza.
- Case, J., 1988. Paleogene floras from Seymour Island, Antarctic Peninsula. En: Feldmann, R.M y Woodburne, M.O. (Eds.), *Geology and paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula. Memoirs of the Geological Society* 169: 523-530. Boulder.
- Creber, G.T., 1972. Gymnospermous wood from the Kimmeridgian of east Sutherland and from the Sandringham Sands of Norfolk. *Palaeontology*, 15(4): 655-661. Londres.
- Creber, G.T., 1977. Tree-rings: a natural data-storage system. *Biological Reviews* 52: 349-383. Cambridge.
- Creber, G.T. y Chaloner, W.G., 1984a. Climatic indications from growth rings in fossil woods. En: Brenchley, P. (Ed.), *Fossils and Climate*: 49-73. John Wiley and Sons Ltd. Londres.
- Creber, G.T. y Chaloner, W.G., 1984b. Influence of environmental factors on the wood structure of living and fossil trees. *The Botanical Review*, 50(4): 357-448. Nueva York.
- Creber, G.T. y Chaloner, W.G., 1985. Tree growth in the Mesozoic and early Tertiary and the reconstruction of paleoclimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 52: 35-60. Amsterdam.
- Cozzo, D., 1964. Glosario de términos empleados en anatomía de maderas. Traducido y comentado por D. Cozzo. *Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires*, 16(1): 33-79. Buenos Aires.
- Dimitri, M.J., 1972. *La Región de los Bosques Andino-Patagónicos*. Sinopsis general. Ed. Colección Científica del INTA. 381 pp. Buenos Aires.
- Dimitri, M.J., 1976. *Libro del Arbol*. Tomo 1. Dimitri, M.J., (Ed.). 3^a Edición. Buenos Aires.
- Doktor, M., Gazdzicki, A., Marensi, S., Porebski, S.N., Santillana, S.N y Vrba, A.V., 1988. Argentine-Polish geological investigations on Seymour (Marambio) Island, Antarctica, 1988. *Polish Polar Research*, 9: 521-541. Varsovia.
- Elliot, D.H. y Trauman, T., 1982. Lower Tertiary strata on Seymour Island Antarctic Peninsula. En: Craddock, C. (Ed.), *Antarctic Geoscience*, pp. 287-298. Madison, University Wisconsin Press. Wisconsin.
- Francis, J.E., 1986. Growth rings in Cretaceous and Tertiary wood from Antarctica and their paleoclimatic implications. *Palaeontology*, 29(4): 665-684. Londres.
- Fritts, H.C., 1976. *Tree-rings and Climate*. Academic Press. 567 p. Nueva York.
- Gacel, C., 1904. Über einige Bohrerergebnisse und ein neues Pflanzenführendes Interglazial aus der Gegend von Elmshorn: *Preussische geol. Landessanst. Jahrb.* 25: 246-281.
- Gifford, E.M. y Foster, A.S., 1987. *Morphology and evolution of vascular plants*. W.H. Freeman and Co. 626 p. Nueva York.

- Goeppert, H.R., 1850. *Monographie der fossilen Coniferen*. Hollandssche Maatschappij Wetensch. Nauurk. Verh. 6: 1-286.
- Greguss, P., 1955. *Identification of Gymnosperms on the basis of xylotomy*. Akadémiai Kiadó, 263 p. 350 lám. Budapest.
- Holmes, R.L., 1985. Computer-assisted Quality Control in Tree-ring Dating and Measurement. A User Manual for Program COFECHA. *Laboratory of tree-ring research*: 2-223. Tucson.
- IAWA Committe on Nomenclature., 1964. *Multilingual glossary of terms used in wood anatomy*. 223 p. Komkordia, Winterthur.
- IAWA Committe on Nomenclature., 1989. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Bulletin n.s.*, 10: 219-332. Leiden.
- Jefferson, T.H., 1982. Fossil forest from the Lower Cretaceous of Alexander Island, Antarctica. *Palaeontology*, 25(4): 681-707. Londres.
- Kumagai, H, Sweda, T., Hayashi, K., Kojima, S., Basinger, J.F., Shibuya, M. y Fukao, Y., 1995. Growth-ring analysis of early Tertiary conifer woods from the Canadian high Arctic and its paleoclimatic interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 116: 247-262. Amsterdam.
- La Marche, V.C, Holmes, R.L., Dunwiddie, P.W. y Drew, L.G., 1979. Tree-ring chronologies of the Southern Hemisphere. 2. Chile. *Chronology Series V, Laboratory of tree-ring research*. Tucson.
- Marenssi, S.A, Reguero, M.A., Santillana, S.N. y Vizcaíno, S.F., 1994. Eocene land mammals from Seymour Island, Antarctica: palaeobiogeographical implications. *Antarctic Science* 6(1): 3-15. Cambridge.
- Muñoz Pizarro, C., 1971. *Chile: Plantas en extinción*. Ed. Universitaria. 247 pp. Santiago.
- Page, C.N., 1990. Pinatae. En: K. Kubitzki (Ed). *The Families and Genera of Vascular Plants*. Springer Verlag, pp. 290-361. Berlín.
- Parrish, J.T. y Spicer, R.A., 1988. Middle Cretaceous wood from the Nanushuk Group, Central North Slope, Alaska. *Palaeontology* 31(1): 19-34. Londres.
- Rinaldi, C.A, Massabie, A., Morelli, J., Roseman, H.L. y Del Valle, R., 1978. Geología de la Isla Vicecomodoro Marambio, Antártida. *Contribución del Instituto Antártico Argentino*, 217: 1-37. Buenos Aires.
- Roig, F.A., 1992. Comparative wood anatomy of southern South American Cupressaceae. *IAWA Bulletin n.s.*, 13(2): 151-162. Leiden.
- Sadler, P.M., 1988. Geometry and stratification of uppermost Cretaceous and Paleogene units on Seymour Island, northern Antarctic Peninsula. En: Feldmann, R.M. y Woodburne, M.O. (Eds.), *Geology and paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula. Memoir of the Geological Society* 169: 303-320. Boulder.
- Schmid, H., 1985. Tratamientos silviculturales para el manejo de los bosques nativos en las provincias patagónicas de la República Argentina. *Proyecto de cooperación técnica para el desarrollo de la región sur de Argentina. Organización de los Estados Americanos*. 59 pp.
- Schweingruber, F.H., 1988. *Tree-ring, Basics and Applications of Dendrochronology*. D. Reidel publishing Company. 273 pp. Boston-Loncaster-Tokyo.
- Spicer, R.A. y Parrish, J.T., 1990. Latest Cretaceous woods of the Central North Slope, Alaska. *Palaeontology*, 33(1): 225-245. Londres.
- Torres, T., Marenssi, S.A. y Santillana, S.N., 1994. Maderas fósiles de la Isla Seymour, Formación La Meseta, Antártida. *Serie Científica del Insitituto Nacional Antártico Chileno*, 44: 17-38. Santiago.
- Vizcaíno, S.F., Reguero, M.A., Marenssi, S.A. y Santillana, S.N., 1994. The fossil record of land mammals from Antarctica. *21° Polar Symposium*: 49-54. Varsovia.
- Tortorelli, L.A., 1963. Glosario de términos usados en anatomía de maderas. Traducido al castellano por L.A. Tortorelli. *Revista de Investigación Forestal* 4: 3-32. Buenos Aires.
- Tortorelli, L.A., 1956. *Maderas y Bosques Argentinos*. 910 p. Ed. ACME. Buenos Aires.

Recibido: 1° de junio de 1996.

Aceptado: 4 de setiembre de 1998.