

# Efectos del Fuego en la Madera de *Prosopis alba* Griseb. y *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, *Mimosaceae*

Effects of forest fires in the wood of *Prosopis alba* Griseb. y *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, *Mimosaceae*

SANDRA BRAVO, ANA MARIA GIMENEZ, JUANA GRACIELA MOGLIA

Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina .  
Avda. Belgrano (S) 1912, Cp.4200, Santiago del Estero, Argentina

## SUMMARY

Fire effects on *Prosopis alba* and *P. nigra* growing in Dry Chaco (Argentina) at two sites (Sachayoj and Coronel Rico, Santiago del Estero Province) were evaluated. Different types of damage were identified and classified in terms of scars and fire marks. Scar lesions were the most frequent and severe, and caused defects in the shafts, such as ribs, shakes, checks, inner bark damage and discolored wood. The most frequent percentage of cambial ring loss or alteration was between 1% and 20%. The highest frequency of lesions was recorded up to 2.30 m in height, which represents the technological profitable part of the shafts. Discolored wood was restricted to wood growing before wounding, with heavy deposits in the vessels, fibers and ray cells. Changes in the basic pattern of tissues were recorded in the wood formed after wounding, such as the increment of axial and radial parenchyma. A reduction of fibers and vessels and disorientation of the axial cells was also detected. All of these alterations reduce the commercial stem volume and wood quality in *P. alba* and *P. nigra*.

*Key words:* Forest fires, altered wood, cambial damage, *Prosopis*.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de incendios forestales sobre el fuste y ramas principales de ejemplares de *Prosopis alba* y *Prosopis nigra* de las localidades Sachayoj y Coronel Rico, provincia de Santiago del Estero, pertenecientes al Chaco Seco de Argentina. Las lesiones por fuego identificadas se categorizaron en cicatrices y marcas. Las primeras corresponden a alteraciones más frecuentes y severas que las segundas. Estas lesiones originan defectos en los fustes que incluyen la formación de costillas, acebolladuras, fendas y corteza incluida. El porcentaje más frecuente de pérdida o alteración de anillo cambial es el comprendido entre 1 y 20 % del perímetro. En sentido longitudinal, el mayor número de lesiones se identificaron hasta una altura de 2,30 m, que representa casi la totalidad de los fustes tecnológicamente aprovechables. El leño decolorado es el leño formado antes del daño por fuego, que sufre la impregnación de vasos, fibras y radios con contenidos. El leño formado después del fuego manifiesta cambios en el patrón normal de tejidos, tales como el incremento en el porcentaje de parénquima axial y radial, la disminución el porcentaje fibras y vasos y la desorientación de los elemento axiales. Todos los cambios observados reducen el volumen y la calidad de la madera potencialmente aprovechable in *P. alba* y *P. nigra*.

*Palabras claves:* Incendios forestales, leño alterado, daño cambial, *Prosopis*.

## INTRODUCCION

Los incendios forestales son un factor ecológico recurrente en gran parte de los biomas de regiones áridas y semiáridas del mundo (Lorimer, 1991).

La Región Chaqueña comprende una superficie de aproximadamente 25.750.000 has cubiertas por bosques y sabanas. El Chaco Seco ocupa la porción más austral del Chaco Argentino, posee un clima subtropical seco con precipitaciones medias

anuales entre los 300-500 mm. El régimen es marcadamente estival, ocurriendo casi la totalidad de las precipitaciones en los cuatro meses más cálidos (Karlin *et al.*, 1992). Esto predispone a la ocurrencia y rápida expansión de incendios.

En las masas boscosas de la Región Chaqueña Seca, las especies arbóreas del género *Prosopis* tienen un papel muy importante por su abundancia, características biológico-reproductivas y su potencial en la recuperación de áreas degradadas (Perpiñal, 1995).

Los indígenas y los primeros colonizadores de esta región emplearon el fuego para el clareo de la tierra con fines agroindustriales (Soares, 1990). Actualmente se utiliza al fuego como un método económico de desmonte y como una herramienta para mejorar la calidad del forraje en los pastizales (Kunst, 1993). Sin embargo, los incendios de pastizales ingresan con frecuencia a las áreas boscosas aledañas.

El fuego puede ocasionar pérdidas de hasta un cuartón de los fustes tecnológicamente aprovechables de *P. nigra* (Giménez 1994). Así también, las cicatrices de fuego representan el principal defecto de la madera de *P. alba*, la especie de mayor importancia económica del género (Giménez *et al.*, 1998).

El grado de alteración causado por el fuego sobre la estructura del leño depende del tipo y/o magnitud del daño al cámbium (Ronde *et al.*, 1990). Las modificaciones de las células que derivan de ese cámbium afectan la calidad de la madera al producir leño con alteraciones en el patrón básico de tejidos (Larson, 1994). La industria maderera exige materia prima uniforme para la elaboración de productos de calidad lo cual está íntimamente ligado a la variabilidad de los caracteres anatómicos estructurales (Moglia de Lugones, 1999).

*P. alba* es una especie valorada por los fabricantes de muebles contemporáneos por su estabilidad dimensional, la belleza de su color y su aptitud para lograr buenos acabados (Felker, 1999). *P. nigra* comparte todos estos caracteres tecnológicos, sin embargo, su utilización se ve reducida por su susceptibilidad al ataque de *Criodion angustatum*, un coleóptero considerado plaga para esta especie (Belluomini, 1995). Estas especies nativas de la Región Chaqueña Seca representan un recurso forestal importante. Por ello, se plantea como una necesidad el estudio de las alteraciones que los incendios forestales imponen en la estructura del leño a los efectos de otorgarle a las mismas mayor potencial en el aprovechamiento.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Caracterizar el tipo del daño ocasionado por el fuego en el fuste de *P. alba* y *P. nigra*.
- Estimar la magnitud del daño.
- Analizar los probables cambios en la estructura del leño producido después de la ocurrencia del fuego.

## MATERIALES Y METODOS

Se analizaron 7 ejemplares de *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco) y *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. (algarrobo negro), provenientes de las localidades de Sachayoj y Coronel Rico del Departamento Alberdi, Santiago del Estero. Se seleccionaron los árboles en base a un criterio selectivo (individuos adultos de DAP superior a 30 cm., dominantes con o sin evidencias externas de fuego). De un total de 20 ejemplares apeados, se analizaron 7 ejemplares arbóreos que presentaban lesiones causadas por fuego, 3 de ellos pertenecientes a la especie *P. nigra* (de 41, 46 y 52 años de edad) y 4 a *P. alba* (de 36, 67, 95 y 102 años de edad).

En cada árbol se midió altura de fuste y altura total. Una vez apeado se extrajeron rodajas de 5 cm. de espesor a las alturas de 0.30 m. y 1.30 m. y a partir de allí cada metro hasta la primera ramificación. Se obtuvieron también muestras de ramas cada metro siguiendo la ramificación principal.

Las muestras se trabajaron con cepilladora, lijadora de banda y orbital con juego de lijas de granulometría de 100 a 600, hasta obtener una superficie lisa que demarque con la mayor fidelidad los anillos de crecimiento. Se determinó la edad de los ejemplares y los años de incendios usando una máquina cuenta anillos computarizada y el programa CATRAS (Aniol, 1991).

Se estimó el grado de daño al fuste en la totalidad de las tortas obtenidas, calculando la amplitud del ángulo de la zona afectada por el fuego con la ayuda de un transportador. Para ello se siguió la extensión de la cicatriz a lo largo del anillo de crecimiento dañado (figura 1). El porcentaje de daño se calculó en base a la siguiente fórmula proyectando el perímetro del anillo de crecimiento a una circunferencia de 360°:

$$PD = (AD/360) * 100$$

siendo PD = porcentaje de daño y AD = ángulo de la zona dañada.

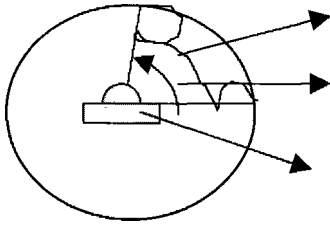


Figura 1. Determinación de porcentaje de anillo cambial dañado.

Determination of percentage of damaged cambial ring.

El porcentaje de daño acumulado se calculó sumando los porcentajes de daño de cada una de las lesiones identificadas, a una misma altura de torta, independiente del año del incendio.

De cada una de las especies se seleccionó un ejemplar del cual se obtuvieron probetas para preparados histológicos de los distintos tipos de lesiones, en el leño alterado por el fuego y en el leño de características normales, en rodajas pertenecientes a la misma altura y siguiendo las normas tradicionales de anatomía de madera.

Se probaron distintos medios de tinción, pero las alteraciones en la estructura química del leño impidió la tinción normal de las muestras. Se decidió por lo tanto, trabajar sin el teñido de las muestras. Estas fueron deshidratadas en serie alcohólica ascendente, colocadas en xilol y montadas en Entellán. En las descripciones anatómicas se siguió la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA (Baas *et al.*, 1989).

Las variables analizadas, de acuerdo a lo propuesto por Radermacher *et al.*, (1984); y Gourlay y Grime, (1994), fueron:

- Histograma de tejidos (porcentaje de vasos, de fibras, de parénquima y radios).
- Número de radios por mm.
- Número de células en el ancho de radios.
- Altura de radios mm.

El análisis estadístico de los datos consistió en un test de t para muestras pareadas comparando en todas las variables analizadas, leño sano versus leño modificado por efecto del fuego.

## RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERIZACION DE LAS LESIONES DE FUEGO. Se identificaron 135 lesiones ocasionadas por fuego

en las secciones transversales del leño. Las lesiones fueron categorizadas en dos tipos básicos:

- a) *cicatrices de fuego*: representan la alteración más severa y frecuente. Están demarcadas por una porción del leño sin crecimiento, causadas por la carbonización de las células cambiales en el sector del anillo de crecimiento dañado. El *cámbium* residual da lugar a un crecimiento compensatorio desde los bordes para cubrir la herida originando una cicatriz triangular. El leño formado antes del fuego y que sufre la transferencia del calor se aísla del leño normal mediante la acumulación de sustancias oscuras y experimenta decoloración (figura 2a).
- b) *marcas de fuego*: corresponden a las lesiones más leves. Se identifican a nivel macroscópico por un oscurecimiento en uno o más sectores de un anillo de crecimiento. No se observa carbonización del tejido cambial ni leñoso (figura 2b). El daño queda restringido a nivel de corteza, hay continuidad en la formación de tejido leñoso pero con cambios en su estructura. Entre estos dos tipos básicos se presentan alteraciones intermedias que incluyen cambios en la proporción, orientación e impregnación de los elementos constitutivos del leño con sustancias oscuras cuya naturaleza química no fue determinada en este trabajo.

EFFECTO DEL FUEGO SOBRE EL FUSTE. *Daños al perímetro del fuste dentro de una misma altura.* Las cicatrices de fuego típicas producen cambios en la forma del fuste debido principalmente al crecimiento compensatorio desde los bordes tendiente a cubrir la herida. Se originan fustes con costillas, fendas y corteza incluida (figura 2c y d). Las marcas dan lugar a acebolladuras (figura 2b).

En el cuadro 1 se expresan los valores promedio de daño de todas las lesiones identificadas por especie y altura. Existe una gran variabilidad del porcentaje de daño al anillo cambial dentro de una misma altura que se evidencia por las desviaciones estándar y los coeficientes de variación. El porcentaje del área dañada más frecuente afecta del 1 a 20% del perímetro del anillo cambial, con un valor extremo de daño de 61% correspondiente a una ejemplar añoso de *P. alba* (figura 3). La mayor frecuencia de daño de escasa magnitud puede atribuirse a que los incendios son usualmente de baja a mediana intensidad, o bien, que las posibilidades de sobrevivir son mayores cuan-

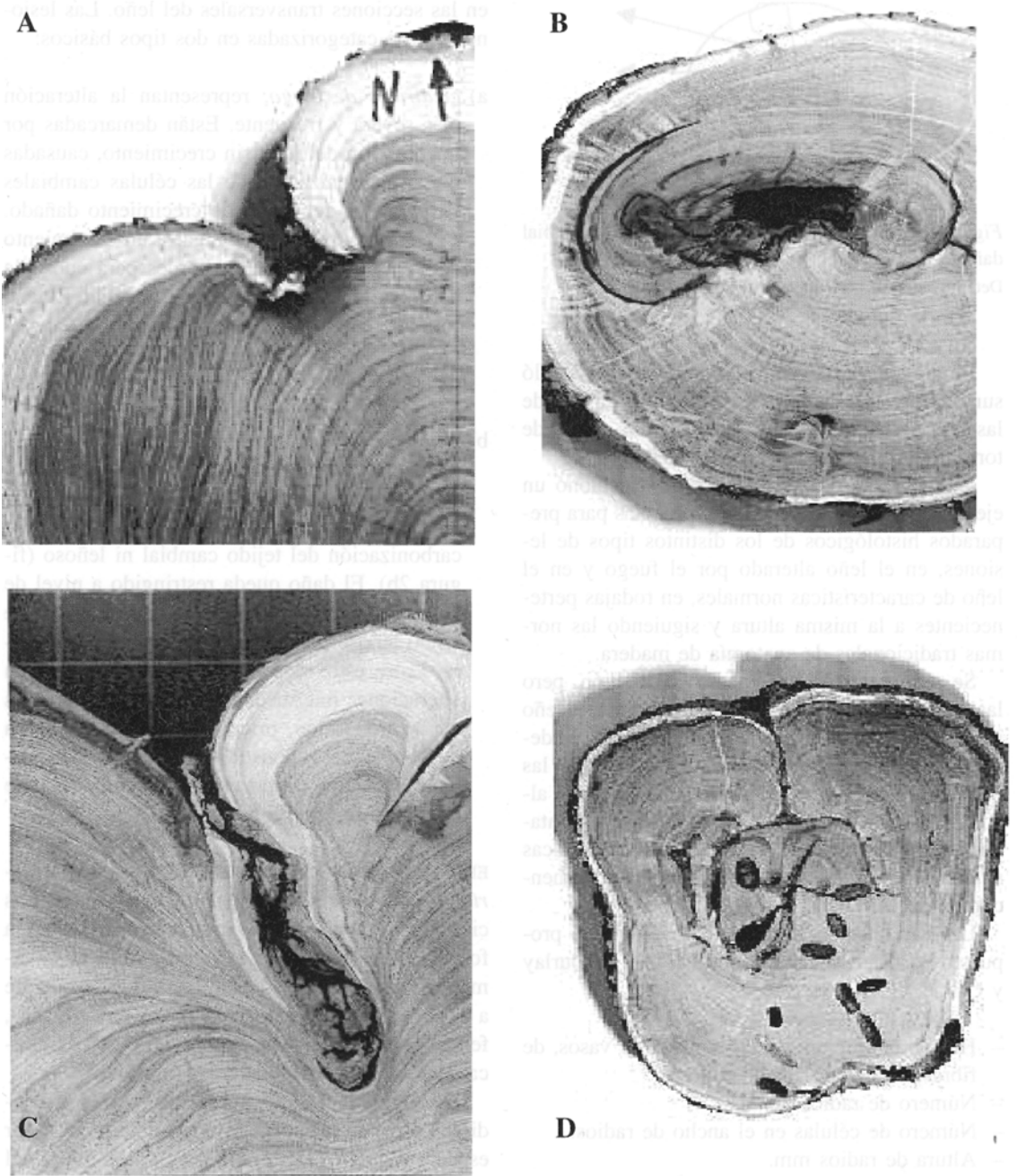


Figura 2. Leño modificado por fuego: A- Cicatriz de fuego en *P. alba*; B- Marca de fuego en *P nigra*; C- Cicatriz de fuego costilla y corteza incluida en *P. alba* y, D- Cicatrices de fuego, acebolladura y ataque de insectos en *P. nigra*. Fire modified wood A- Fire scar in *P. alba*, B- Fire mark in *P. nigra*, C- Fire scar rib and bark included in *P. alba* and D- Fire scars, shake and insects attack in *P. nigra*.

CUADRO 1

Porcentaje de daño a distintas alturas de rodaja en *P. alba* y *P. nigra*.  
 Percentage of damage at different heights in *P. alba* and *P. nigra*.

Altura de Torta ( m )	Porcentaje de Daño al Anillo Cambial	
	<i>P. alba</i>	<i>P. nigra</i>
0,30	M 3,01	8,75
	DS 2,45	7,04
	CV 81,51	124,16
1,30	M 7,64	9,81
	DS 10,88	13,78
	CV 142,36	71,23
2,3	M 5,87	6,66
	DS 7,67	5,78
	CV 130,63	115,23
3,3	M 15,22	sin fuego
	DS 19,01	
	CV 124,89	
3,7	M sin fuego	7
	DS	6,08
	CV	115,07
4,3	M 10,20	sin fuego
	DS 17,72	
	CV 173,69	
5,3	M 7,33	sin fuego
	DS 6,80	
	CV 92,82	
5,8	M sin fuego	19
	DS	22,11
	CV	85,92

M = media DS = desviación estándar y CV = coeficiente de variación

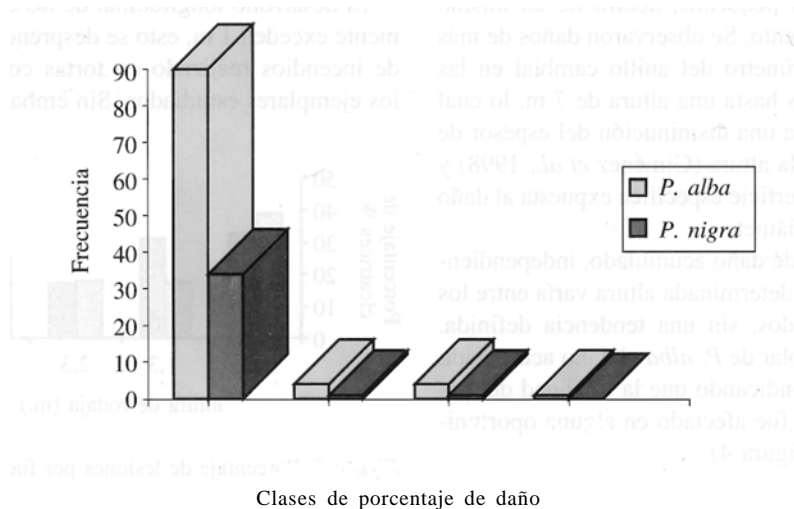


Figura 3. Porcentajes de daño por fuego al cambium en fustes de *P. alba* y *P. nigra*.  
 Percentage of fire damage percentage at the cambium in *P. alba* and *P. nigra*.

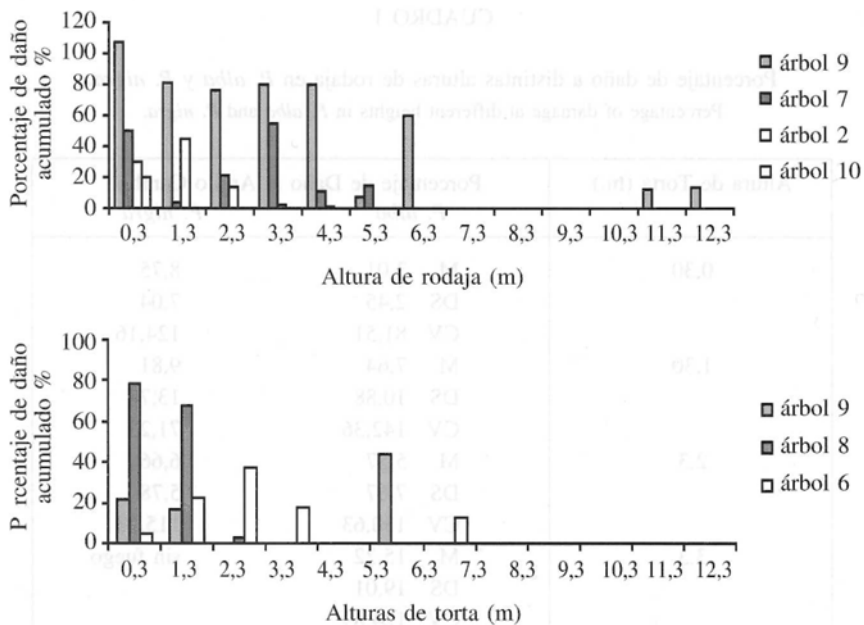


Figura 4. Porcentaje de daño al cámbium (acumulado) a distintas alturas en A-*P. alba* (4 árboles) y B-*P. nigra* (3 árboles).  
 Percentage of damage in the cambium (accumulated) at different heights in (A) *P. alba* (4 trees) and (B) *P. nigra* (3 trees).

do el daño no excede al 20-25% del perímetro cambial. Esto último está refrendado por la afirmación de Ryan (1990), quien sostiene que, un daño al anillo cambial en más de un cuarto de su circunferencia, compromete seriamente las posibilidades de sobrevivir al fuego de ejemplares arbóreos.

Se detectaron cicatrices discontinuas, con porcentajes de daño pequeños, dentro de un mismo anillo de crecimiento. Se observaron daños de más del 50% del perímetro del anillo cambial en las ramas principales hasta una altura de 7 m, lo cual puede atribuirse a una disminución del espesor de las cortezas con la altura (Giménez *et al.*, 1998) y a la mayor la superficie específica expuesta al daño dado el menor diámetro.

El porcentaje de daño acumulado, independientemente del año, a una determinada altura varía entre los ejemplares medidos, sin una tendencia definida. Sólo en un ejemplar de *P. alba* el daño acumulado supera el 100% indicando que la totalidad del perímetro del fuste fue afectado en alguna oportunidad por fuego (figura 4).

DAÑOS AL FUSTE EN SENTIDO LONGITUDINAL. El mayor número de lesiones se identificaron hasta

una altura de 2,30 m. que representa casi la totalidad de los fustes tecnológicamente aprovechables. En *P. alba* el 75 % de las lesiones se ubica hasta esta altura, mientras que en *P. nigra* este valor asciende al 81%. En ambas especies, el porcentaje de cicatrices restante se encuentra en las rodajas correspondientes a fuste y ramas principales de alturas superiores a 2,30 m (figura 5).

El desarrollo longitudinal de las cicatrices raramente exceden 1 m, esto se desprende del fechado de incendios realizado en tortas consecutivas de los ejemplares estudiados. Sin embargo, cicatrices

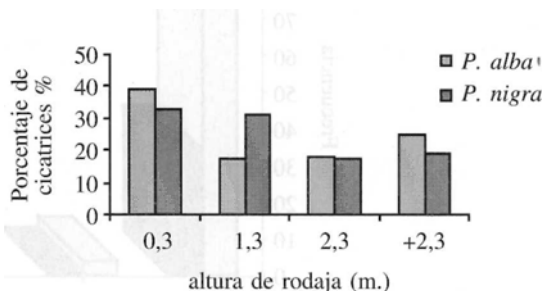


Figura 5. Porcentaje de lesiones por fuego a diferentes alturas en *P. alba* y *P. nigra*.  
 Percentage of fire wounds at different heights in *P. alba* and *P. nigra*.

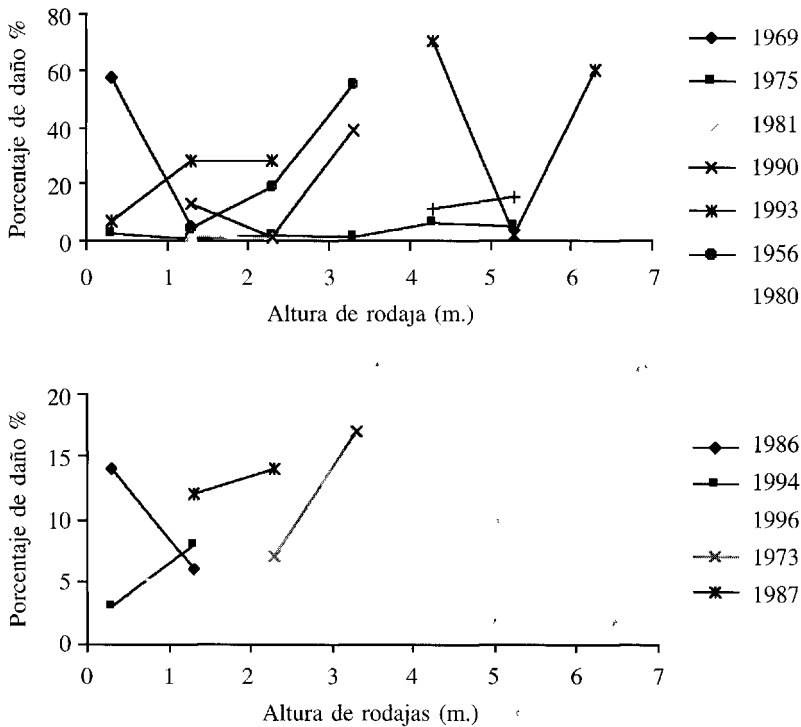


Figura 6. Porcentaje de daño al perímetro del fuste a diferentes alturas en A- *P. alba* y B- *P. nigra*.  
Percentage of damage to perimeter of shafts at different heights in (A) *P. alba* and (B) *P. nigra*.

correspondientes a un mismo incendio se identificaron a diferentes alturas sobre fuste y ramas principales. Analizando sólo los incendios fechados en tortas contiguas no se observa una relación definida entre el porcentaje de daño y la altura (figura 6). Los resultados aquí obtenidos podrían indicar que el fuego afecta distintos puntos del fuste, sin continuidad ni orientación determinada.

Las alturas hasta donde se han identificado cicatrices de fuego indicarían la ocurrencia de incendios intensos, dado que la altura hasta donde los tejidos son quemados es considerada un índice confiable de la intensidad y de las consecuencias del fuego en la aparición de defectos (Shea *et al.*, 1981).

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DEL LEÑO POR EFECTO DEL FUEGO

*Cambios asociados a cicatrices de fuego.* En los árboles estudiados no se observan alteraciones en el patrón básico de tejido formado con anterior-

idad a la acción del fuego. La respuesta primaria del leño previamente formado se manifiesta en una producción exagerada de sustancias de tipo tánico o gomífero. Las células del parénquima radial son las más sensibles a cambios térmicos. Estas acumulan una cantidad notable de sustancias oscuras aún frente a daños leves o de escasa magnitud. A medida que es más acentuado el daño, las células del parénquima axial muestran mayor deposición de taninos en los vasos y fibras (figura 7a). La respuesta del parénquima radial aun frente a daños leves se debe a que en la albura estas células de protoplasma vivo con su disposición espacial pueden transmitir el estímulo del daño desde la periferia hacia el interior del fuste. Esto ha sido observado por Hillis (1987) como una respuesta dinámica de la albura frente a daños por calor.

La compartimentalización del leño alterado por deposición de sustancias de naturaleza tánica o gomífera corresponde a la respuesta típica frente a daños ocasionados al *cámbium* (Zimmermann, 1983). En especies del género *Prosopis* se men-

ciona la secreción de compuestos tánicos (Castro, 1994), mientras que en otras mimosáceas se cita la secreción de gomas en respuesta a daños periódicos al *cámbium* (Schmitt *et al.*, 1995). La secreción de taninos en las especies estudiadas representaría un mecanismo de defensa frente al ataque de patógenos, actuando como una barrera para el desarrollo de *Criodion angustatum*, un coleóptero considerado plaga tanto en bosques como en ejemplares aislados de *P. nigra* (Belluomini, 1995). Por lo tanto, su presencia en el leño alterado por fuego serviría para aislar la lesión del leño normal.

En *P. alba* y *P. nigra* el leño decolorado es el que se encuentra en anillos formados con anterioridad al año del incendio y que sufren la transferencia de calor desde la periferia hacia el interior del fuste. Este leño no mostró afinidad por los colorantes usados convencionalmente para tinciones de microscopía. En las muestras estudiadas posiblemente ocurren alteraciones a nivel de componentes de pared, lo que se evidencia por la falta de afinidad de las muestras por los colorantes usados convencionalmente para la tinción. El calor ya a los 50-60°C afecta la viscosidad de la matriz de polisacáridos existentes entre las microfibrillas de celulosa, influyendo negativamente en la calidad de madera de los árboles que sufren incendios forestales (Boyd, 1982).

El leño que se forma después del incendio manifiesta una disminución en el porcentaje de vasos, mayor porcentaje de tejido parenquimático axial y radial y menor porcentaje de fibras (figura 7b). Estas modificaciones se acompañan de una notable acumulación de sustancias oscuras, lo que representa posiblemente un mecanismo de defensa ante patógenos. Los tejidos leñosos de origen traumático, adyacentes a sectores cambiales dañados pero no destruidos, son definidos como zona de barrera e incluyen tejido vascular anómalo con acumulación de sustancias bioquímicas de distinta naturaleza química (Larson, 1994).

En el cuadro 2 se muestran las diferencias en los histogramas de tejidos entre un leño inalterado y uno formado en respuesta al fuego. Las diferencias resultan estadísticamente significativas en los tres tipos celulares analizados y en la proporción de radios. Estos cambios tornan frágil a la estructura del leño dada la disminución de la proporción de vasos y fibras (Radermacher *et al.*, 1984).

Los radios alcanzan un gran desarrollo. El número de radios/mm y el ancho de radios aumenta en el leño formado después del fuego en *P. alba* y *P. nigra*, mientras que la altura de los radios en mm.

sólo manifiesta diferencias marginalmente significativas con respecto al leño normal en la primera.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el nivel de agrupamiento de vasos. El número de poros por campo disminuye significativamente en el leño modificado de *P. alba*, mientras que en *P. nigra* las diferencias no resultaron significativas. En *P. nigra* hay disminución en el tamaño de los poros y la presencia más frecuente de agrupamientos de más de 5 vasos de sección irregular y de disposición tangencial (figura 7c). La disminución en el número y tamaño de los vasos se debe a que la zona de barrera es un tejido no conductivo o de baja capacidad de conducción (Radermacher *et al.*, 1984).

*Cambios asociados a marcas de Juego.* En las marcas de fuego se observa estratificación de tejido parenquimático y fibroso. Los vasos se ubican en bandas y son de mayor tamaño que los observados en el leño inalterado y la sección de muchos de ellos es alargada en sentido tangencial. En relación al diámetro máximo de los vasos las diferencias son estadísticamente significativas ( $p \leq 0,005$ ) con respecto a un leño normal. En las bandas de tejido fibroso se observan abundantes cristales rómbicos. Esta alteración con respecto al patrón normal de tejido persiste por dos o tres años luego de producida la lesión y se presenta acompañada de una profusa acumulación de sustancias de aspecto tánico o gomoso (figura 8a).

Las marcas de fuego no han sido descritas con anterioridad en trabajos relativos a esta temática. Larson (1994) describe como "shallow wounds" o daño leve a la pérdida de tejido cortical, con daño a nivel cambial, sin destrucción de tejidos leñosos subyacentes. Cuando ocurre daño al *cámbium* se desarrolla un callo de cicatrización producto de la proliferación de células parenquimáticas radiales. En las marcas descritas en este trabajo no se produce tal callo de cicatrización, lo que apoya la idea de la permanencia funcional del *cámbium* después de la acción del fuego y denota un nivel de alteración menor al mencionado por Larson (1994). La alternancia de bandas concéntricas de tejidos parenquimático y fibroso observada en las marcas de fuego puede originar diferencias de tensión en el leño en el momento del secado dando lugar a acebolladuras. Según Raghavendra (1991), la diferenciación de vasos en círculos observada dentro de las bandas de parénquima se debe a un patrón de movimiento circular de auxinas provocada por daños al tallo o por formación de ramas.



CUADRO 2

Diferencias entre leño normal y leño modificado. Prueba Test t.

Differences between normal and modified wood. Student's t test.

Variables	<i>P. nigra</i>				<i>P. alba</i>					
	Leño	normal	Leño	modificado	Leño	normal	Leño	modificado		
Porcentaje de vasos	M	14,72	M	5,90	***	M	14,27	M	8,36	***
	DS	3,61	DS	3,16		DS	5,11	DS	3,10	
	CV	24,52	CV	53,55		CV	41,64	CV	37,08	
Porcentaje de fibras	M	38	M	31	***	M	50,04	M	8,90	***
	DS	4,19	DS	4,96		DS	5,89	DS	4,78	
	CV	11,02	CV	15,59		CV	11,77	CV	53,70	
Porcentaje de parénquima	M	34,90	M	41,13	***	M	25,40	M	58,04	***
	DS	4,03	DS	5,67		DS	4,93	DS	4,31	
	CV	12,63	CV	13,72		CV	19,40	CV	7,4	
Porcentaje de radios	M	12,36	M	20,95	***	M	9,36	M	24,68	***
	DS	3,25	DS	3,76		DS	2,57	DS	2,71	
	CV	26,29	CV	17,94		CV	27,45	CV	10,98	
Porcentaje de poros solitarios	M	56	M	49,40		M	62	M	58	
	DS	10,46	DS	5,59		DS	4,52	DS	6,02	
	CV	18,67	CV	11,31		CV	7,29	CV	10,37	
Porcentaje de poros Múltiples cortos de 2	M	23,40	M	30,60		M	20,60	M	27,80	
	DS	4,82	DS	6,10		DS	2,96	DS	7,79	
	CV	26,29	CV	17,94		CV	14,30	CV	28,02	
Porcentaje de poros Múltiples cortos de 3	M	13,20	M	14,60		M	10,40	M	10,20	
	DS	5,93	DS	3,84		DS	5,27	DS	2,59	
	CV	44,92	CV	26,30		CV	50,67	CV	25,39	
Porcentaje de poros múltiples de 4	M	7,40	M	5,4		M	7	M	4	
	DS	2,50	DS	2,19		DS	2	DS	3	
	CV	33,78	CV	40,55		CV	28,57	CV	75	
Número de poros/campo	M	45,26	M	40,70		M	37,80	M	15,83	***
	DS	13,44	DS	20,33		DS	5,57	DS	4,15	
	CV	29,69	CV	40,55		CV	14,73	CV	26,21	
Número de células ancho máximo de radios	M	2,56	M	4,36	***	M	3,6	M	4,83	***
	DS	0,77	DS	0,85		DS	1,3	DS	1,01	
	CV	30,07	CV	19,49		CV	36,11	CV	20,91	
Altura de radios ( $\mu$ )	M	266,57	M	257,75		M	206,23	M	249,66	*
	DS	113,57	DS	90,47		DS	85,16	DS	56,18	
	CV	42,43	CV	35,09		CV	41,29	CV	22,50	
Número de radios/mm.	M	4,55	M	5,32	**	M	5,25	M	6,20	***
	DS	1,15	DS	1,26		DS	1,06	DS	1,20	
	CV	25,27	CV	23,68		CV	20,38	CV	19,35	

\* Marginalmente significativo    \*\* Significativo    \*\*\* Altamente significativo.

Las marcas de fuego pueden producir también cambios en la orientación de los elementos axiales del leño dando lugar a arreglos de tejido sumamente irregulares. Estos elementos sufren una torsión que da lugar a una perspectiva diferente en

las secciones normalmente observadas, permitiendo identificar en una misma orientación vasos dispuestos transversal y longitudinalmente y radios leñosos en diferentes planos (figura 8b y c). Los cambios en la orientación de los elementos del

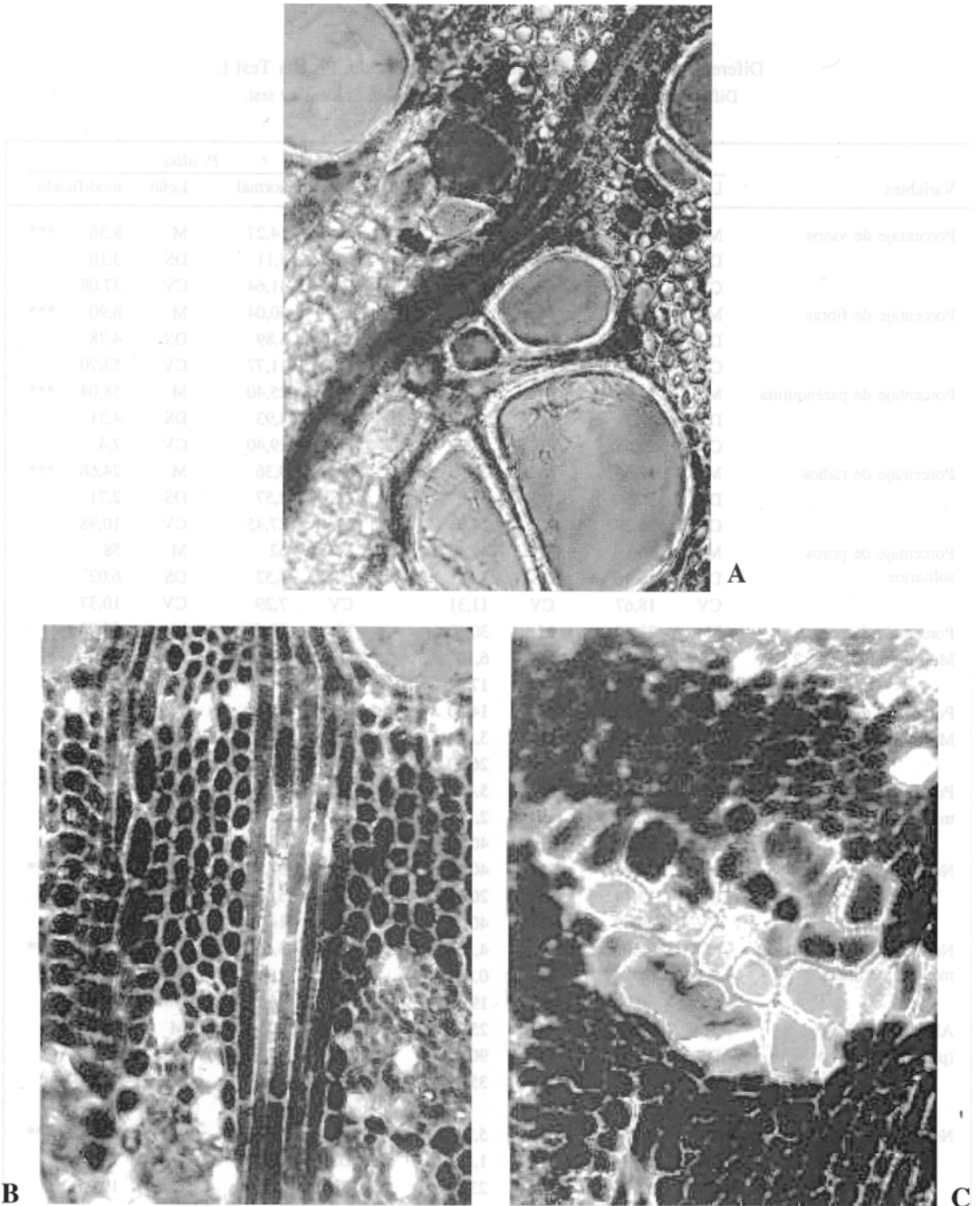
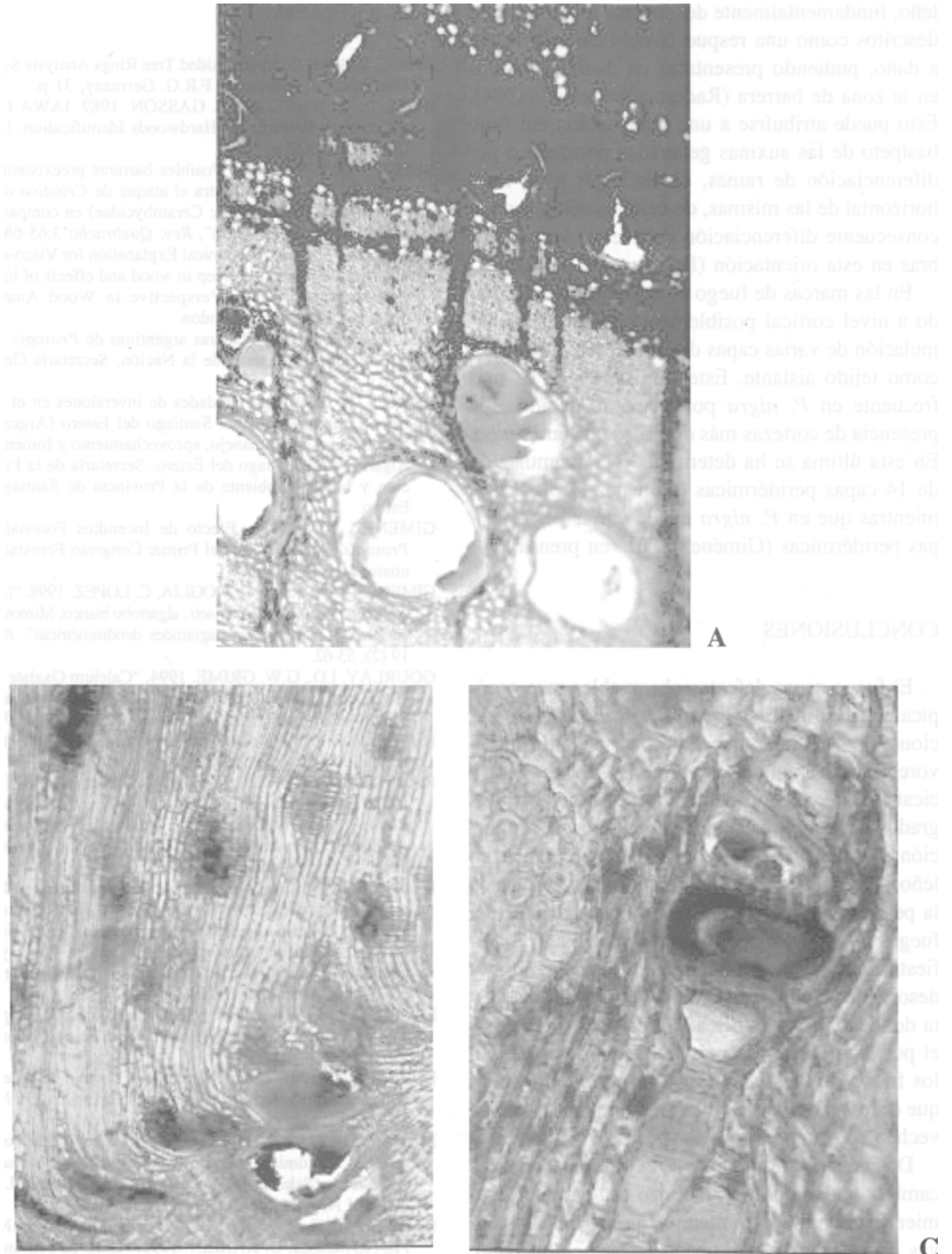


Figura 7. Modificaciones anatómicas del leño A- Daño leve, acumulación de contenidos en radios (x40), B- Leño parenchimatizado (x40), y C- Agrupamiento irregular de vasos (x40).

Anatomical modifications (A) Light damage, accumulation of deposits in rays (x40); (B) Parenchymatized wood (x40), and (C) Irregular arrangement of vessels (x40).



**Figura 8.** Modificaciones anatómicas del leño A- Marca de fuego (x10); B- Desorientación del sistema axial, sección transversal (x10), y C- Desorientación de los elementos de vaso, sección transversal (x40).

Anatomical modifications (A) Fire mark (x10); (B) Disorientation of axial system, cross section (x10), and (C) Disorientation of vessel cross section (x40).

leño, fundamentalmente del sistema axial han sido descritos como una respuesta del *cámbium* frente a daño, pudiendo presentarse en distintos grados en la zona de barrera (Radermacher *et al.*, 1984). Esto puede atribuirse a una interrupción del flujo basípeto de las auxinas generadas por daño o por diferenciación de ramas, dando lugar a un flujo horizontal de las mismas, de célula a célula, con la consecuente diferenciación de nuevos vasos y fibras en esta orientación (Raghavendra, 1991).

En las marcas de fuego el daño queda delimitado a nivel cortical posiblemente debido a la acumulación de varias capas de peridermis que acumulo como tejido aislante. Este tipo de lesión es más frecuente en *P. nigra* posiblemente debido a la presencia de cortezas más delgadas que en *P. alba*. En esta última se ha determinado la acumulación de 14 capas peridérmicas (Giménez *et al.*, 1998) mientras que en *P. nigra* puede variar de 5-7 capas peridérmicas (Giménez *et al.*, en prensa).

## CONCLUSIONES

El fuego causa defectos observables macroscópicamente en leño de *P. alba* y *P. nigra* y alteraciones estructurales que reducen su vitalidad, favoreciendo el ataque de patógenos. Las marcas y cicatrices de fuego, si bien representan distintos grados de lesión, producen cambios en la proporción y ordenación de tejidos dando origen a un leño heterogéneo. Los daños se prolongan desde la periferia al interior del fuste formado antes del fuego. El leño formado después del fuego manifiesta alteraciones en la proporción de tejidos y desorganización del sistema axial. Las alturas hasta donde se han identificado cicatrices de fuego y el porcentaje de daño más frecuente detectado en los fustes de *P. alba* y *P. nigra* permiten estimar que el fuego reduciría el volumen de madera aprovechable en un cuartón.

Dadas las consecuencias económicas de los cambios inducidos por el fuego en leño, se recomienda el empleo del mismo sólo en bosques cuyas especies posean probada resistencia al daño. Para ello es necesario partir de estudios más profundos a nivel de especie con finalidad de minimizar o evitar los daños al tejido cambial, para asegurar así un mayor potencial en el momento del aprovechamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- ANIOL, R. 1991. Computer Aided Tree Rings Analysis System. User Manual. Schleswig, F.R.G. Germany, 31 p.
- BAAS, P., E. WHEELER, P. GASSON. 1989. IAWA List of Microscopy Features for Hardwoods Identification. IAWA Committee, 322 p.
- BELLUOMINI, M. 1995. "Posibles barreras preexistentes en *Prosopis alba* (Gris.) contra el ataque de *Criodion angustatum* Buquet (Coleoptera: Cerambycidae) en comparación con *Prosopis nigra* (Gris)", *Rev. Quebracho* 3:65-68.
- BOYD, J.D. 1982. An Anatomical Explanation for Visco-elastic and Mechano-sorptive creep in wood and effects of loading rate on strength. New Perspective in Wood Anatomy, pp. 171-222. Boston-London.
- CASTRO, A.M. 1994. Maderas argentinas de *Prosopis*. Atlas Anatómico. Presidencia de la Nación, Secretaría General, 101 p.
- FELKER, P. 1999. Oportunidades de inversiones en el Algarrobo (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero (Argentina). Plan integral sobre manejo, aprovechamiento y fomento del Algarrobo en Santiago del Estero. Secretaría de la Producción y Medio Ambiente de la Provincia de Santiago del Estero.
- GIMÉNEZ, A.M. 1994. Efecto de Incendios Forestales en *Prosopis kuntzei*. Actas del Primer Congreso Forestal Latinoamericano, Paraná.
- GIMENEZ,A., N. RÍOS, G. MOGLIA, C. LOPEZ. 1998. "Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas", *Bosque* 19 (2): 53-62.
- GOURLAY, I.D., G.W. GRIME. 1994. "Calcium Oxalate Crystals in African *Acacia* Species and their Analisis by Scanning Proton Microprobe", *IAWA Journal* Vol. 15 (2): 137:148.
- HILLIS, W.E. 1987. Heartwood and Tree Exudates. Pringer Series in Wood Science, 268 p.
- KARLIN, U., R. COIRINI, L. PIETRARELLI, E. PERPIÑAL. 1992. Caracterización del Chaco Árido y Propuesta de Recuperación del Recurso Forestal. En sistemas de Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas, Córdoba Argentina, pp. 7-12.
- KUNST, C. 1993. Fuegos Prescritos: Consideraciones Técnicas y Prácticas para su Investigación e Implementación. Memoria Taller Ecología de Fuego en Ecosistemas Naturales y Modificados. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero. Argentina, pp. 24-40.
- LARSON, P.R. 1994. The Vascular Cambium. Development and structure. Springer Series in Wood Science. Springer Verlag, 726 p.
- LORIMER, C. 1991. Comportamiento y Manejo de Incendios Forestales. Introducción a las Ciencias Forestales. Ed. Noriega Limusa. México.
- MOGLIA DE LUGONES, J.G. 1999. Variabilidad de los Caracteres Anatómicos del Leño de *Aspidosperma quebracho-blanco* (Schelcht), Apocinaeae. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 80 p.
- PERPIÑAL, E., M. BALZARINI, L. CATALAN, L. PIETRARELLI, U. KARLIN. 1995. "Edad de culminación de crecimiento en *Prosopis flexuosa* D.C. en el Chaco Árido argentino", *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol 4 (1):45-55.
- RAGHAVENDRA, A.S. 1991. *Physiology of Tree*. Wiley-InterScience Publication. John Wiley and Sons, inc., 485 p.
- RONDE, C, J. GOLDAMMER, D. WADE, R. SOARES. 1990. Prescribed Fire in Industrial Pine Plantations. Pp. 216-276. Fire in the Tropical Biota. Ecological Studies 84 - Springer-Verlag.

- RYAN, K. 1990. Predicting Prescribed Fire Effects on Trees in the Interior West. The Art and Science of Fire Management. Proceedings of the First Interior West Fire Council Annual Meeting and Workshop Kananaskis Village, Alberta.
- SCHMITT, L., I.T. HONG, W. KILLMANN. 1995. The Mechanism of Wound Response in *Acacia mangium*. *IAWA Journal* Vol. 16 (4): 353-359.
- SHEA, S., G. PEET, N. CHENEY. 1981. The Rol of Fire in Forest Management. Fire and Australian Biota. Australian Academy of Science. Canberra. Chap 19, pp. 443-468.
- SOARES, R. V. 1990. Fire in Some Tropical and Subtropical South American Vegetation Type: An Overview. Fire in the Tropical Biota. *Ecological Studies* 84. Ch. 5:63-81. Springer-Verlag. Germany.
- RADEMACHER, J., J. BAUCH, A. SHIGO. 1984. "Characteristics of Xilem Formed after wounding in *Acer*, *Betula* and *Fagus*. Development and Characteristics of Discoloured Woods", *IAWA Bulletin* 5 (2): 141-151.
- ZIMMERMANN, M. H. 1983. Xylem Structure and the Ascent of Sap. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag. Berlin, 143 p.