

Dinámica de crecimiento de *Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *acuminata* (aliso del cerro) en áreas de montaña de Tucumán y Catamarca (Argentina)

por Olga Myriam Sidán de Báez¹ y Alfredo Grau²

1. Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

2. LIEY, Universidad Nacional de Tucumán, CC 34, (4107) Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

E-mail: liey@untlie.edu.ar

Summary

«Growth dynamic of *Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *acuminata* (Andean Alder) in the mountain areas of Tucumán and Catamarca (Argentina)». Growth and age of 123 individuals of Andean alder growing in 5 mountain localities (1,700-2,000 above sea level) were estimated employing the standard methodology of ring width measurement. Growth rate in the juvenile period (1-10 years) was fast (mean radial increment= 4.7 mm/year in the dry locality to 7.7 mm/year in the wet locality) but decreased markedly (mean radial increment= 1 to 1.4 mm/year), after 8-25 years. The size achieved by the best individuals growing in humid sites (ca. 40 cm d.b.h. in 20-30 years) suggests that *A. acuminata* could be an attractive forestry alternative in high rainfall mountain areas of NW Argentina. At drier sites growth rate was generally reduced and the initial fast growth period was considerably shorter. Trees older than 30 years maintain low to very low growth rates (0.2-4 mm/year). These values measured in the present study, combined with diameter data of previous studies suggest that individuals in the range of 150-300 years of age are likely to be found in the natural stands of NW Argentina. If this hypothesis is confirmed, *A. acuminata* could be as valuable as *Cedrela* and *Juglans* in regional dendrochronological studies, covering the last three centuries. Tree-ring variations from *A. acuminata* may be extremely useful to reconstruct climatic conditions in the mountains of NW Argentina, as it is more widespread than *Cedrela* and *Juglans*, and grows up to 3,000 m above sea level, far above the altitudinal range of these genera.

Key words: *Alnus acuminata*, growth rate, dendrochronology, Argentina.

Introducción

Alnus acuminata H.B.K. ssp. *acuminata* (= *A. jorullensis* var. *spachii* [Regel] Winkler) es una de las especies arbóreas más abundante en las montañas del Noroeste Argentino, donde forma bosques desde el límite norte con Bolivia hasta la sierra de Humaya en la provincia de Cata-

marca (Vervoorst, 1982). El área natural de dispersión de esta subespecie es mucho más amplia hacia el norte, trascendiendo Bolivia y extendiéndose hasta América Central (Furrow, 1979). *A. acuminata* se encuentra probablemente entre las especies arbóreas con mayor

Tabla 1 Número de árboles (N°I), número total de radios (N°R) extraídos, exposición, altitud sobre el nivel del mar, pendiente y características hidrológicas relativas de cada una de las localidades estudiadas.						
Localidades	N°I	N°R	Exposición	Altitud	Pendiente	C. hidrológicas
Taficillo A	25	27	S-SW	1.780	35°	seco
Taficillo B	20	27	S-SW	1.850	26°-10°	
Taficillo C	10	12	SW	1.850	18°	
Taficillo D	10	14	NE	1.700	5°	
La Banderita A	20	24	S	2.000	45°-50°	húmedo
La Banderita B	4	4	SW	2.000	28°-38°	
La Banderita C	4	5	S-SE	1.800	15°	
La Banderita D	5	6	S	1.850	15°	
Las Estancias	4	7	S	1.850	15°	húmedo
Sa. de Narváez	5	7	S-SE	1.900	25°	húmedo-mésico
Hualinchay	9	10	W	1.900	15°	mésico

rango latitudinal del mundo (20°N a 28°S). Su rango altitudinal es también notable. En Argentina los bosques más densos y desarrollados se encuentran entre 1.500 y 2.500 m snm (Hueck, 1954), pero es posible encontrar ejemplares entre 400 y 3.000 m snm (Grau, 1985).

Como todos los miembros del género, *A. acuminata* es un fijador simbiótico de nitrógeno. Una proporción importante del nitrógeno fijado es incorporado al suelo luego de la caída estacional del follaje (Furlow, 1979), generando suelos notablemente ricos en nutrientes y materia orgánica. Es probable que la alta fertilidad de los suelos del bosque de aliso sea uno de los factores determinantes de su gran diversidad específica, pues si bien estos bosques son casi monoespecíficos en el estrato arbóreo, con una dominancia de *A. acuminata* superior al 95% (Bell, 1991), albergan una flora arbustiva y herbácea notablemente variada con unas 186 especies (Slanis, 1990).

A. acuminata es un activo colonizador de orillas de ríos y arroyos, derrumbes, desliza-

mientos y áreas con vegetación degradada por desmontes y sobrepastoreo. Por ello, los bosques de *A. acuminata* son extremadamente importantes como reguladores y estabilizadores de las cuencas hídricas regionales, cumpliendo un papel fundamental en la captación y abastecimiento de agua a las áreas llanas adyacentes.

En condiciones óptimas de suelo y humedad algunos ejemplares de aliso llegan a dimensiones notables, alcanzando a veces 25 m de alto y superando 1 m de diámetro (Hueck, 1954; Bell, 1991). Muchos rodales con árboles de gran tamaño han sido explotados en el pasado y lo son todavía en cierta medida, para la obtención de madera, que es comercializada en el Noroeste Argentino. *A. acuminata* también cumple un rol importante como leña y material de construcción en muchas comunidades campesinas de las regiones montañosas. Por sus cualidades forestales, es una de las especies recomendadas para forestación en montañas tropicales, como fuente de combustible, madera, protección de cuencas y agroforestería (National Academy of Sciences, 1980).

Tabla 2 Tasa de crecimiento radial en las distintas localidades, tasa media de todos los individuos estudiados (media), tasa de crecimiento radial del individuo de más rápido crecimiento (máxima, ejemplar LB5, de La Banderita B), y más lento (mínima, ejemplar TC6, del Taficillo C); durante la etapa juvenil (1-10 años) y adulta (>20 años); se indican valores promedio \pm desviación estandar y el número de muestras (*n*).

Localidades	Nº muestras	Juvenil	Adulto
Taficillo	(<i>n</i> = 80)	4,7 \pm 2,3	1,0 \pm 0,8
La Banderita	(<i>n</i> = 39)	7,7 \pm 3,0	1,6 \pm 1,2
Las Estancias	(<i>n</i> = 7)	7,7 \pm 2,4	1,1 \pm 1,0
Narváz	(<i>n</i> = 10)	6,8 \pm 1,8	—
Hualinchay	(<i>n</i> = 10)	5,2 \pm 2,6	1,4 \pm 1,0
máxima		11,5	
media		5,4	
mínima		2,5	

Sin embargo, a pesar de la relevancia ecológica en los ambientes naturales y su potencial como especie forestal, no existe ningún estudio detallado de su dinámica de crecimiento en el Noroeste Argentino. Un análisis de este tipo es indispensable para avanzar en la comprensión de la ecología de estos bosques, establecer su dinámica de establecimiento, dinámica sucesional de ciertas especies asociadas como *Podocarpus parlatorei*, desarrollar normas de manejo y protección de los bosques y evaluar su potencial para plantaciones comerciales. El objetivo del presente estudio ha sido entonces estimar el crecimiento de *A. acuminata* en varios ambientes típicos de montaña de las provincias de Tucumán y Catamarca.

Materiales y métodos

Áreas de estudio. Las áreas de estudio seleccionadas (fig. 1) se encuentran en las provincias de Tucumán y Catamarca e incluyen los siguientes sitios: 1) Hualinchay (Cumbres Calchaquíes, 26°19'S y 65°38'W); 2) Taficillo (Sierra de San Javier, 26°40'S y 65°19'W); 3) La Banderita (Clavillo de la Atravesada, 27°21'S y 65°58'W);

4) Las Estancias, (27°25'S y 66°03'W); 5) Sierra de Narváz (27°36'S y 65°55'W). Altitud, exposición y pendiente de cada localidad de muestreo se presentan en la tabla 1.

No existen estaciones meteorológicas cercanas a las localidades estudiadas. La estación con características climáticas más similares, a los sitios de estudio, es Villa Nougúés, a 1.388 m snm en el extremo sur de la sierra de San Javier. La temperatura media anual de Villa Nougúés es de 15,5°C, la temperatura media máxima del mes más cálido es 23,8°C, la mínima media del mes más frío es 5,8°C y la mínima extrema es -5,2°C. La precipitación media anual es de 1.620 mm (Fuerza Aérea Argentina, 1986). Considerando la diferencia altitudinal entre esta localidad y las localidades estudiadas, es probable que todas ellas registren valores térmicos en promedio 3-7°C inferiores a los mencionados. La falta de estaciones meteorológicas en zonas de montaña obliga a la elaboración de mapas de isohietas basados en extrapolaciones (por ejemplo Minetti, 1975). Por esa razón se han clasificado a las distintas localidades sólo de manera cualitativa y relativa, de secas a muy húmedas (tabla 1).

Obtención y procesamiento de muestras de leño. Las muestras de leño fueron tomadas a la altura del pecho (140 cm) con barreno de incremento. En base a ejemplares juveniles estudiados en los sitios Taficillo A y La Banderita C se estimó que *A. acuminata* alcanza la altura de muestreo en 2-3 años.

Las muestras fueron montadas en soportes de madera y pulidas con lijas de agua de densidad de grano creciente. El espesor de los anillos fue medido empleando una lupa binocular (Nikon) con ocular micrométrico, siguiendo el procedimiento de Stokes y Smiley (1968). En las muestras en la que no se alcanzó la médula, se reconstruyó su centro geométricamente; de esta manera se estimó cuál es el año que corresponde a la primera medida. Los espesores de anillos se correlacionaron por su edad en cada sitio y posteriormente se promediaron sus anchos.

Las variaciones en el ancho del anillo debidas a las fluctuaciones climáticas son minimizadas al promediarse, y resulta una curva estimativa que está en función del crecimiento (Fritts, 1976). Este procedimiento asume que los factores ambientales limitantes del crecimiento en los árboles son distribuidos al azar a través del tiempo y esas variables ambientales se tornan insignificantes cuando un gran número de muestras de árboles de todas las edades son promediadas (Mitchell, 1967 in Fritts, 1976).

Resultados

La mayoría de los individuos estudiados muestran un rápido crecimiento inicial (incremento radial: 4,7-7,7 mm/año; tabla 2), que se reduce marcadamente luego de algunos años (usualmente 10-25) para dar lugar a un crecimiento con una tasa mucho menor (1,0-1,4 mm/año en promedio), que se prolonga indefinidamente. Por encima de 30 años las tasas de crecimiento son inferiores a 4,0 mm/año y con frecuencias tan bajas como 0,2 mm/año.

La figura 2 muestra tres ejemplares típicos que han crecido en condiciones de poca competencia. En condiciones húmedas a muy húmedas como las experimentadas por estos individuos, el punto de inflexión se produce entre los 15 y 28 años de edad. En ambientes secos el crecimiento inicial es menor y decrece más tempranamente (5-8 años).

El crecimiento inicial es marcadamente inferior en la localidad seca (Taficillo), cuya tasa de crecimiento promedio es sólo un 60% del alcanzado en la localidad muy húmeda (La Banderita) (tabla 1). La figura 3 muestra la marcada diferencia en el crecimiento que se observa entre un sitio favorable (La Banderita B, exposición SW) y un sitio desfavorable (Taficillo C, exposición NE).

Un individuo de mayor edad (TA20) que se muestreó en el sitio Taficillo A (figura 4) es un ejemplo de tasa de crecimiento inicial relativamente lenta.

Discusión

Los datos sugieren una marcada respuesta al factor hídrico. Las localidades estudiadas se encuentran a alturas similares, por lo cual la diferencia de temperatura es probablemente de menor importancia. Es posible que los valores térmicos sean más elevados en Taficillo, por ser comparativamente más seco y con menor cubierta de nubes durante el año. Sin embargo, temperaturas más elevadas no se reflejan en una tasa de crecimiento superior. Tampoco es probable que las diferencias en la nutrición mineral sean las responsables de las diferencias en crecimiento. Por una parte, *A. acuminata* es autosuficiente en nitrógeno; por otro lado, los suelos de Tucumán suelen tener buena provisión de los restantes elementos esenciales, a tal punto que en suelos agrícolas no suele practicarse fertilización excepto con nitrógeno (Zucardi y Fadda, 1992). Restaría descartar otros factores edáficos que pueden diferir entre loca-

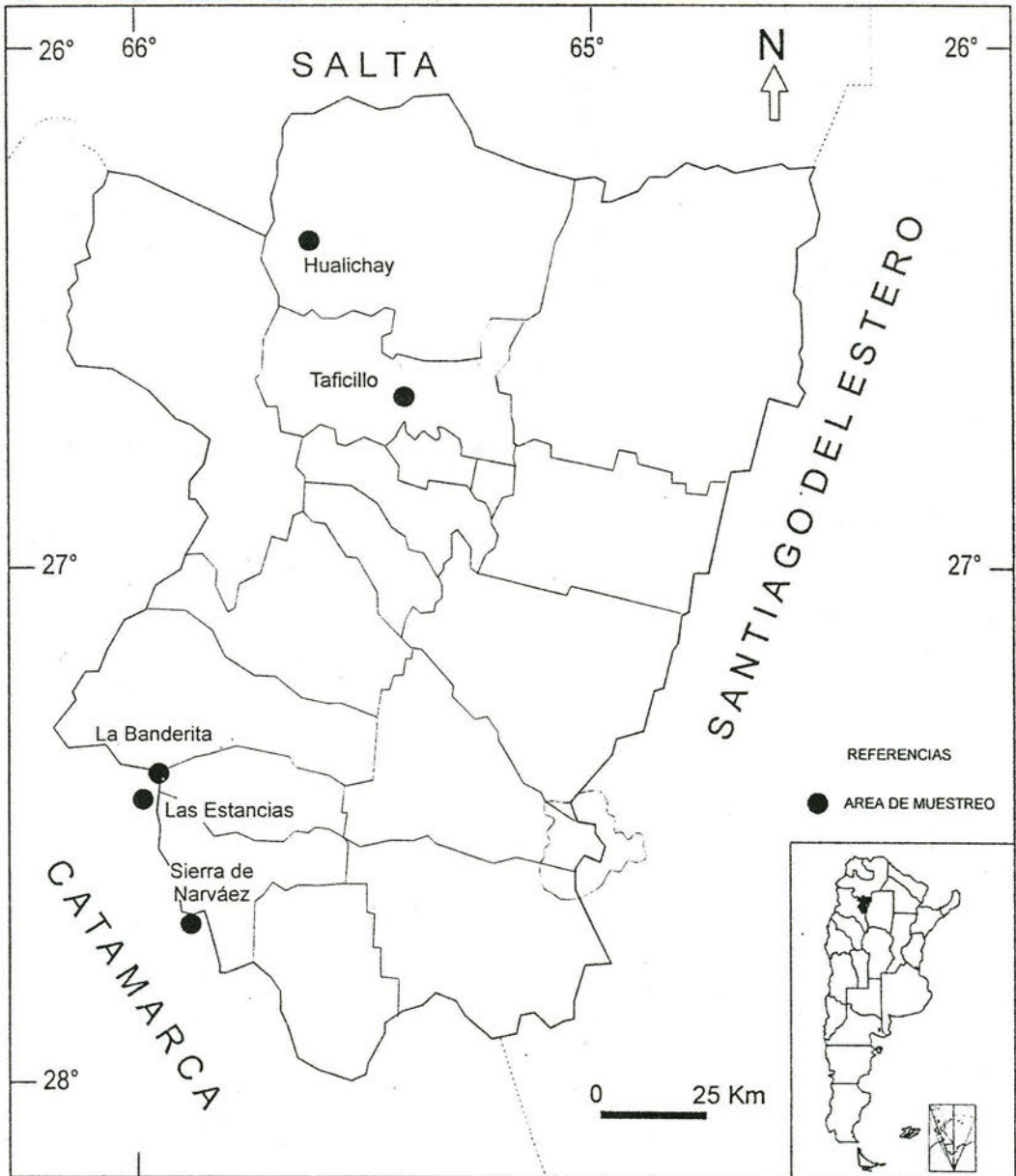


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo.

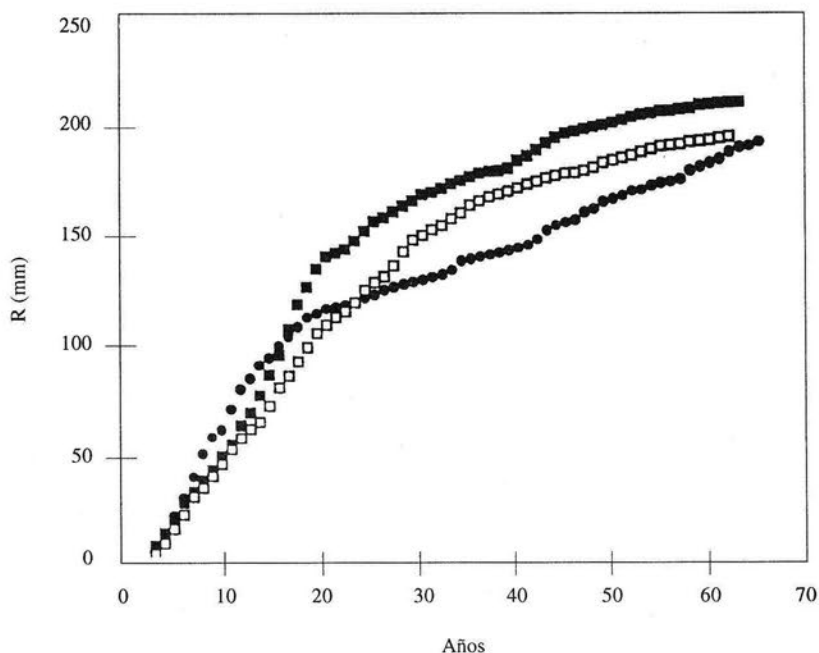


Figura 2. Crecimiento radial acumulado en individuos seleccionados, creciendo en condiciones de baja densidad, de distintas localidades húmedas a muy húmedas. Ejemplar H8 de Hualinchay, círculos llenos ●; ejemplar LN2 de Sa. Narvárez, cuadrados vacíos □; ejemplar de La Banderita, cuadrados llenos ■.

lidades, como diferencias texturales o estructurales del suelo, aunque es probable que el rol de estos factores sea mínimo.

En base a estudios diamétricos de distintas poblaciones, Bell (1991) sostiene que el crecimiento es similar en lugares secos y lugares húmedos, y que el aspecto diferencial vendría dado por las dificultades en el establecimiento del bosque. Nuestros datos en cambio indican que el factor hídrico es determinante de la tasa de crecimiento. Es probable que los bosques muestreados por Bell, con densidades y diámetros promedio similares en localidades con balances hídricos diferentes tengan edades promedio marcadamente diferentes.

El crecimiento de los mejores ejemplares en la localidad de La Banderita es similar al logrado en plantaciones artificiales en Colombia (Smit, 1970) y Costa Rica (Russo, 1990). Esto

podría alcanzarse niveles de productividad muy interesantes, tanto de madera para postes y cajonería como para aserrar y chapas, con turnos de corte relativamente breves.

Por otro lado, nuestros datos indican que en localidades con precipitaciones limitadas como Taficillo y Hualinchay, aún en sitios topográficamente favorables (laderas de exposición sur, fondos de quebradas), la tasa de crecimiento disminuye a temprana edad. Por lo tanto en estas localidades, la plantación artificial de aliso sólo podría orientarse hacia la producción de madera para cajonería o combustible.

La baja tasa de crecimiento observada a edad avanzada en los ejemplares más viejos muestreados en las localidades más secas merece un análisis más detallado. El ejemplar muestreado en la localidad de Taficillo A (figura 4) ha alcanzado apenas 160 mm de radio con una edad

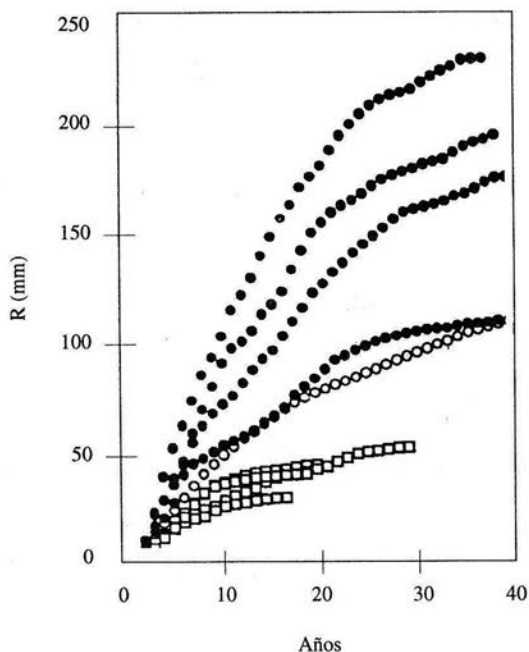


Figura 3. Crecimiento radial acumulado en individuos seleccionados en dos sitios contrastantes. Ejemplares de La Banderita B (localidad muy húmeda, sitio con exposición SW): círculos llenos ●; ejemplares de Taficillo C (localidad seca, sitio con exposición NE): cuadrados vacíos □; crecimiento acumulado promedio de todos los individuos estudiados en todas las localidades: círculos vacíos ○.

igual o superior a 80 años. Los ejemplares de Sierra de Narváez y Hualinchay (figura 2) exhiben un crecimiento apenas superior, llegando a 200-220 mm de radio con 60-70 años de edad. Extrapolando los valores de crecimiento radial de edad avanzada (ca 1,2 mm/año) se obtiene que para llegar a radios superiores a 500 mm (1 m de DAP) sería necesaria una edad de 150 a 300 años o más aún. Ejemplares con estas dimensiones no son comunes, pero existen con relativa frecuencia en los bosques de aliso. Es una muestra de 500 ejemplares Bell (1991) encontró 4% con radio superior a 350 mm. Considerando las tasas de crecimiento medidas en el presente estudio, es probable que la mayoría de estos individuos tenga edades superiores a 100 años. De confirmarse esta suposición, estaría en contradicción con la idea

generalizada de que *A. acuminata* no suele superar esta edad (Neumann, 1994). Siguiendo en el terreno especulativo, para dos ejemplares con radios superiores a 500 y 600 mm encontrados en el estudio de Bell (1991) sería posible extrapolar edades superiores a 200 años. Un estudio dendrológico de individuos de estas dimensiones sería necesario para evaluar esta hipótesis, que de confirmarse situaría a *A. acuminata* como una especie complementaria para estudiar el clima regional de los últimos siglos. En la actualidad sólo *Cedrela* y *Juglans* han sido utilizados para estudios dendroclimáticos en el Noroeste Argentino (Villalba *et al.*, 1992), con cronologías que se extienden hasta 1689. La adición de *A. acuminata* podría ser muy valiosa, pues esta especie ocupa una superficie mucho más extensa y tiene un rango

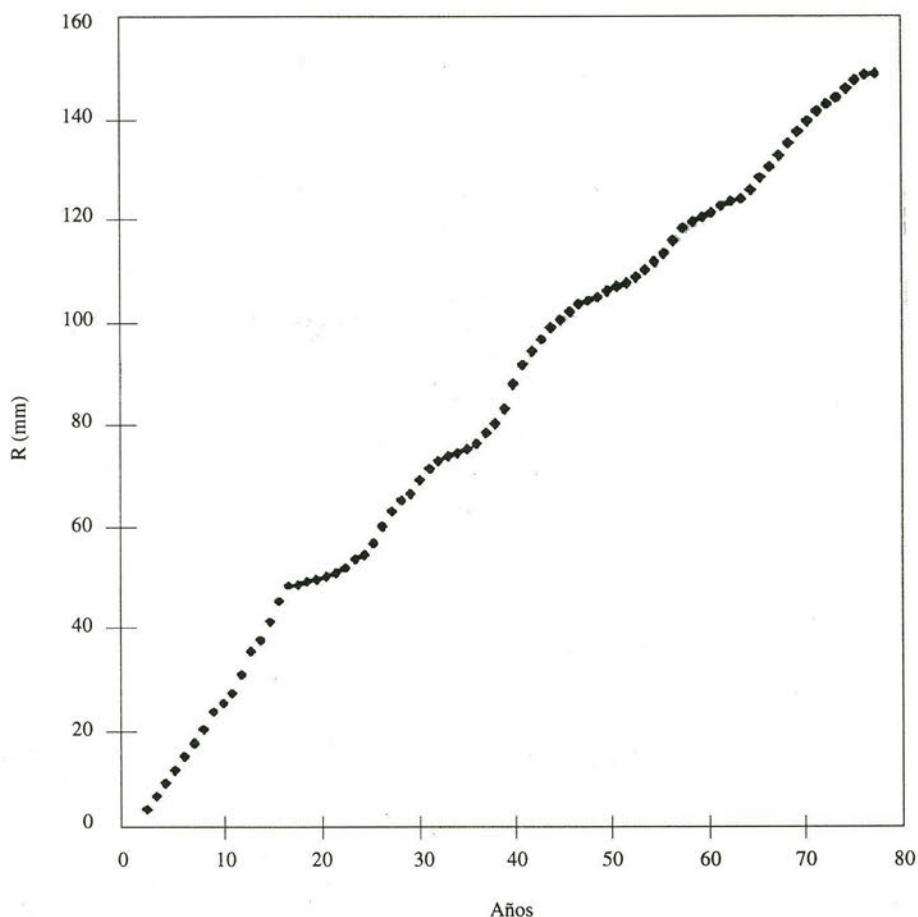


Figura 4. Crecimiento radial acumulado del ejemplar más viejo muestreado (TA20) de Taficillo.

altitudinal más amplio, alcanzando 3.000 m, mientras que *Cedrela* y *Juglans* no superan los 2.000 m. Por otro lado, mientras que *Juglans* y particularmente *Cedrela*, son sensibles a bajas temperaturas en sitios de altura y muestran respuesta a años fríos en sus anillos, es probable que *A. acuminata* sea relativamente insensible a este factor, actuando como mejor indicador de estrés hídrico. Una especie sensible a características hidrológicas de zonas de montaña sería extremadamente valioso, no sólo para estudios paleoclimáticos, sino también para caracterizar el clima actual, dada la falta de estacio-

nes meteorológicas en zonas de montaña.

Las estimaciones de edad en el presente estudio se han basado en la suposición de que los anillos son anuales (Villalba, 1987). Una probable fuente de sobreestimación de edad es la generación de falsos anillos debido a la defoliación parcial o total por ataque de insectos. El follaje del aliso es rico en proteínas y atrae una notable variedad de fitófagos. Aunque de modo infrecuente, se han observado larvas de Lepidoptera (Geometridae) (Vides Almonacid, com. pers.) causando daños extensos y defoliación casi total en ejemplares de aliso.

Los resultados coinciden parcialmente con la idea generalizada de que *A. acuminata* es una especie de crecimiento rápido. Si bien la tasa de crecimiento es elevada en los primeros años, en condiciones poco favorables ésta se reduce rápida y marcadamente, ya a edades muy tempranas. A edades superiores a 20 años (excepcionalmente 30), la tasa de crecimiento es siempre muy lenta, aún en sitios favorables y con baja densidad. Esto sugiere que existen factores endógenos que limitan el crecimiento a partir de cierta edad. Una adecuada identificación de los factores que reducen la tasa de crecimiento y en qué medida ésta está controlada por factores genéticos, son aspectos muy importantes a considerar en futuros trabajos, particularmente si se piensa encarar la explotación comercial del aliso.

Agradecimientos

A J. Boninsegna y R. Villalba (CRICYT, Mendoza), por su orientación y colaboración en el procesamiento y estudio de las muestras. A D. A. Bell, H. R. Grau y Hugo Ayarde, por la lectura crítica del manuscrito.

Este trabajo ha sido financiado en parte con fondos del Proyecto Aliso, PID de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), bajo la dirección del ingeniero L. O. Giusti. Una parte sustancial del mismo ha sido presentado como trabajo de Seminario para optar al título de licenciada en Ciencias Biológicas de la UNT, de la primera autora.

Literatura

- BELL D. A., 1991. «Distribución del bosque de aliso del cerro, *Alnus acuminata* (Betulaceae), en la provincia de Tucumán, Argentina». *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 27: 21-30.
- FRITTS H. C., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London, 553 pp.
- FUERZA AÉREA ARGENTINA, 1986. *Estadísticas Meteorológicas 1961-1970*. 250 pp.
- FURLOW J. J., 1979. «The systematics of the american species of *Alnus* (Betulaceae)». *Rhodora* 81: 1-21.
- GRAU A., 1985. «La expansión del aliso del cerro (*Alnus acuminata* H.B.K.) en el Noroeste Argentino». *Lilloa* 36: 237-247.
- HUECK K., 1954. «Der Anden-Erlenwald (Die *Alnus jorullensis* Assoziation in der Provinz Tucumán-Argentinien)». *Angewandte Pflanzen-Soziologie Festschrift Aichinger* 1: 512-572.
- MINETTI J. L., 1975. «El registro pluviométrico de la provincia de Tucumán». *Estación Experimental Agrícola de Tucumán, Publicación Especial* 57. 85 pp.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980. *Firewood crops. Firewood and shrub species for energy production*. Washington D.C., 236 pp.
- NEUMANN R., 1994. «Cedros del Noroeste Argentino: un recurso forestal y algo más». *Yungas* 4: 2-3.
- RUSSO R. O., 1990. «Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems». *Agroforestry Systems* 10: 241-252.
- SLANIS A. C., 1990. «La flora asociada al "aliso del cerro" (*Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *acuminata*)». Seminario para optar al título de licenciado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, 89 pp., inédito.
- SMIT SICCO B., 1971. «Notas silviculturales sobre el *Alnus jorullensis* de Caldas, Colombia». *Turrialba* 21: 83-88.
- STOKES M. A. & T. L. SMILEY, 1968. *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press, Chicago, 73 pp.
- VERVOORST F., 1982. «Noroeste». En: *Conservación de la vegetación natural de la República Argentina*. Fundación Miguel Lillo, Serie *Conservación de la Naturaleza* 2: 9-23.
- VILLALBA R., 1987. «El árbol ante el clima y los años». *Serie Científica* 35: 44-47.
- VILLALBA R.; R. L. HOLMES & J. A. BONINSEGNA, 1992. «Spatial patterns of climate and tree growth variations in subtropical Northwestern Argentina». *Journal of Biogeography* 19: 631-649.
- ZUCCARDI R. B. & G. S. FADDA, 1992. «Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán». *Publicación Miscelánea* 96, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, 120 pp.