

Potencialidad de *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, subfamilia: Mimosoideae) para estudios dendrocronológicos en desiertos subtropicales de alta montaña

Potential of *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, subfamily: Mimosoideae) for dendrochronological studies in high-montane subtropical deserts

MARIANO S. MORALES¹, RICARDO VILLALBA¹, HECTOR R. GRAU², PABLO E. VILLAGRA¹,
JOSÉ A. BONINSEGNA¹, ALBERTO RIPALTA¹ & LEONARDO PAOLINI²

¹Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Mendoza, Casilla de Correo 330 (5500) Mendoza, Argentina; e-mail: mmorales@lab.cricyt.edu.ar

²Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas, Universidad Nacional de Tucumán, Casilla de Correo 34 (4107) Yerba Buena, Tucumán, Argentina; e-mail: liey@tucbbs.com.ar

RESUMEN

Debido a la escasez de especies con anillos anuales de crecimiento, la dendrocronología de regiones áridas de montañas tropicales y subtropicales está muy poco desarrollada. En este trabajo evaluamos el potencial de la especie arbórea *Prosopis ferox*, "churqui", para estudios dendrocronológicos analizando las características anatómicas del leño y las relaciones entre registros climáticos y cronologías de ancho de anillos de una colección realizada a 3.500 m, en la quebrada de Humahuaca (23°13' S, 65°20' O), Provincia de Jujuy, Argentina. Las observaciones microscópicas de cortes histológicos muestran que los anillos están claramente demarcados por una banda parenquimática terminal clara. Comparando la cronología estandarizada de ancho de anillos con los registros instrumentales de La Quiaca (22°06' S, 65°36' O), se observan correlaciones significativas con precipitaciones por encima de la media y temperaturas por debajo de la media durante los meses de verano (diciembre-marzo). Esto se interpreta como una relación positiva con la disponibilidad de agua en el suelo durante el período de crecimiento. Esta cronología representa no solamente el primer registro dendrocronológico desarrollado a partir de *P. ferox*, sino también la primera cronología de anillos de árboles en la provincia biogeográfica Prepuneña. La buena discriminación de los anillos anuales de crecimiento, la fuerte relación con variables climáticas, el amplio rango de distribución de la especie en el noroeste de Argentina y sur de Bolivia (20° a 25° S) y la longevidad observada en individuos aislados (c. 500 años), hacen de *P. ferox* una especie muy promisoría para estudios dendroclimáticos y dendroecológicos en desiertos subtropicales de alta montaña.

Palabras clave: dendrocronología, *Prosopis ferox*, desiertos montañosos subtropicales, prepuna.

ABSTRACT

Due to the scarcity of species with annual tree rings, the use of dendrochronological techniques has received little attention in tropical and subtropical montane dry areas. In this study, we assess the dendrochronological potential of *Prosopis ferox*, "churqui", through the analysis of its wood anatomy and the relationships between climate and tree growth variations from trees collected at 3,500 m, in the Humahuaca valley (23°13' S, 62°20' W), Jujuy province, Argentina. Microscopic observations show that annual rings are clearly defined by a relatively lighter parenchyma belt formed at the end of the annual band. Comparisons between the standardized ring-width chronology and the instrumental records from La Quiaca (22° 06' S, 65°36' W) indicated that above-average rainfall and below-average temperature during summer (i.e., December to March) favor tree growth. This can be interpreted as a positive relationship between radial growth and abundant soil water content during the growing season. The chronology shown here represents not only the first dendrochronological record from *P. ferox*, but also the first tree-ring chronology for the Prepuna biogeographic province. The well-defined annual rings, the strong relationship between growth and climatic variables, the large range of distribution across northwestern Argentina and southern Bolivia (20° to 25° S), and the longevity observed in some individuals (c. 500 years), indicate that *P. ferox* is a very promising species for dendroclimatic and dendroecological studies in subtropical montane ecosystems.

Key words: dendrochronology, *Prosopis ferox*, subtropical montane deserts, Prepuna.

INTRODUCCIÓN

La dendrocronología es una herramienta de gran utilidad para reconstruir, con resolución anual, las variaciones climáticas y los cambios ecológicos pasados. El uso de técnicas dendroclimatológicas en una región o área determinada está dada por la existencia de especies longevas (más de 100-200 años), con anillos anuales visibles y un crecimiento radial influenciado por las variaciones climáticas (Fritts 1976).

La presencia de anillos de crecimiento demarcados es una característica bien definida en el leño de la mayoría de las especies arbóreas y arbustivas que crecen en las regiones templadas y frías donde existe una fuerte estacionalidad climática que induce un período de reposo invernal en el crecimiento. En las regiones tropicales y subtropicales, por el contrario, los estudios dendrocronológicos están fuertemente limitados por el bajo número de especies que producen anillos anuales de crecimiento, la corta longevidad de sus especies y, en general, la baja preservación de la madera muerta (Boninsegna & Villalba 1996, Villalba 2000). No obstante, las bandas de crecimiento son comunes en aquellas regiones subtropicales en donde la existencia de cierta estacionalidad climática, en conjunto con condiciones particulares del sitio, inducen un período de dormancia en el crecimiento. Por ejemplo, en ambientes áridos de montaña, el crecimiento leñoso anual es reducido, los árboles pueden alcanzar edades mayores a los 200 años y las condiciones atmosféricas favorecen la preservación de la madera, por lo que podría esperarse la existencia de especies con potencial para estudios dendrocronológicos.

Las regiones subtropicales áridas y semiáridas de América del Sur (18-26 °S) han sido raramente explorados desde este punto de vista. Sin embargo, en estos ambientes, las variaciones estacionales de la temperatura resultarían suficientes como para inducir en algunas especies la formación de anillos de crecimiento en forma análoga a lo que ocurre en las regiones templadas. El efecto inductor de un reposo vegetativo por acción de las bajas temperaturas invernales se intensifica con la altura. Por consiguiente, las especies que crecen en sitios elevados son más propensas a la formación de anillos anuales de crecimiento (Villalba et al. 1998). La inducción de un período de reposo vegetativo por efecto de las bajas temperaturas de invierno se ve reforzada, en el subtrópico montañoso de América del Sur, por la fuerte variación estacional en las precipitaciones. La región montañosa subtropical Prepuneña del sur boliviano-noroeste argentino (18-28° S) experimenta una marcada

estacionalidad en las precipitaciones, concentrándose en verano entre el 60 y el 80 % de las lluvias según las distintas localidades (Bianchi & Yáñez 1992).

Prosopis ferox Griseb, "churqui", es la principal especie arbórea, que crece en los valles intermontanos secos de altura del noroeste de Argentina y sur de Bolivia entre 2.400 y 3.700 m de altura (Burkart 1976, López 2000). En esta región, el ambiente árido y la altitud determinan la existencia de un clima con una amplitud térmica diaria mayor que la anual, una gran variabilidad interanual en las precipitaciones y la ocurrencia de tormentas severas muy intensas de corta duración.

Tratándose de una de las pocas especies arbóreas que crece en estos ecosistemas, sería muy importante poder identificar la respuesta de *P. ferox* a los cambios climáticos y ecológicos a través del estudio de sus anillos de crecimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de *P. ferox* para su uso posterior en estudios dendroecológicos y dendroclimatológicos destinados a reconstruir los cambios ambientales pasados en las regiones montañosas del noroeste de Argentina y sur de Bolivia. Para esto, se describe en primer término las características anatómicas que definen sus anillos de crecimiento y se establecen las relaciones entre el crecimiento radial y las fluctuaciones climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Prosopis ferox

Prosopis ferox Griseb, "churqui" (Mimosoideae) es un árbol espinoso, frecuentemente ramificado desde la base, con corteza rugosa y madera de alta densidad con diferenciación de albura y duramen. En Argentina (Legname 1982), se lo encuentra entre los 2.700 y 3.500 m de altitud, en ambientes áridos (precipitación menor de 300 mm anuales) del norte del valle Calchaquí (provincia de Salta), la quebrada de Humahuaca (provincia de Jujuy) y en el valle del río Grande de San Juan (en el límite entre Jujuy y Bolivia). En Bolivia (Saldías-Paz 1993, López 2000), se lo observa en valles secos interandinos entre 1.900 y 3.500 m, en los departamentos de Potosí, Tarija y Chuquisaca (Fig. 1). Aunque las descripciones botánicas generalmente lo consideran un arbusto o arbolito (Burkart 1976), hemos encontrado ejemplares de hasta 0,7 m de diámetro de fuste y 10 m de altura. Hacia los sectores más áridos de su distribución, se lo encuentra solamente en fondos de valles o en condiciones topográficas que sugieren la existencia de

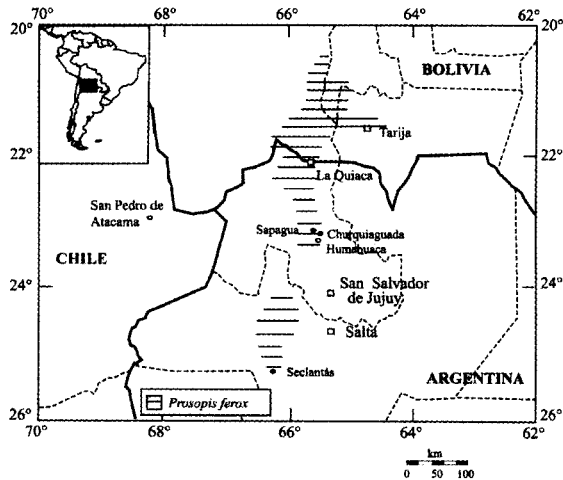


Fig. 1: Distribución geográfica de las principales poblaciones de *Prosopis ferox* en Argentina y Bolivia en base a Legname (1982), López (2000) y nuestras observaciones de campo. Líneas segmentadas indican límites provinciales.

Geographic distribution of *Prosopis ferox* in Argentina and Bolivia, based on Legname (1982), López (2000), and our field observations. Dashed lines indicate provincial borders.

napas freáticas. Crece en formaciones de bosques abiertos monoespecíficos. Es muy utilizado para leña y para construcciones rústicas. En muestras de madera obtenidas en el extremo sur de su distribución (localidad de Seclantás, Provincia de Salta) observamos aproximadamente 500 anillos de crecimiento, lo que sugiere una longevidad apreciable.

Área de estudio

Las muestras para este estudio fueron recolectadas en bosques próximos a las localidades de Churquiaguada (23°11' S, 65°19' O) y Quebrada de Sapagua (23°08' S, 65°21' O) a 3.400 m, próximas a la ruta Nacional 9, en la Quebrada de Humahuaca, Provincia de Jujuy, Argentina (Fig. 1). Florísticamente, la región pertenece a la Provincia biogeográfica Prepuneña, con numerosos elementos de la Provincia del Monte (Cabrera 1976). Entre las especies que comúnmente acompañan a *P. ferox* se encuentran *Gochnatia glutinosa*, *Trichocereus pasacana* (cardón), *Larrea divaricata*, *Cassia crassiramea* y varias especies de *Opuntia* (Ruthsatz & Movia 1975, Cabrera 1976). *Prosopis ferox* forma un bosque abierto con individuos agrupados en manchones, comúnmente asociados con cardones sobre una matriz de arbustos.

En el área de muestreo, la temperatura decrece marcadamente con la altitud, en tanto que la precipitación depende en gran medida de la localización topográfica en relación a la dirección predominante de las masas de aire húmedo. Los datos climáticos provenientes de las localidades de Humahuaca (23°13' S, 65°20' O) y La Quiaca (22°06' S, 65°36' O), ubicadas a 2.940 y 3.460 m de altitud, respectivamente, podrían considerarse como representativos de las condiciones climáticas que imperan en los sitios de estudio. En Humahuaca y La Quiaca las temperaturas medias anuales son de 10 y 9,5 °C, en tanto que la precipitación total anual alcanza 175 y 322 mm en promedio, respectivamente. El déficit hídrico es más marcado entre abril y diciembre, mientras que en los meses de verano existe una recarga hídrica del suelo sin que se registren condiciones de exceso de agua (Bianchi & Yáñez 1992). Las precipitaciones de noviembre a marzo representan el 95 y 93,3 % de la precipitación total en Humahuaca y La Quiaca, respectivamente.

Para La Quiaca, la amplitud térmica anual entre el mes más cálido (diciembre) y el mes más frío (junio) es de 8,7°C, siendo inferior a la amplitud diaria media de temperatura para cualquier mes del año, que oscila entre 14,3 °C en enero a 23,5 °C en julio (Fig. 2).

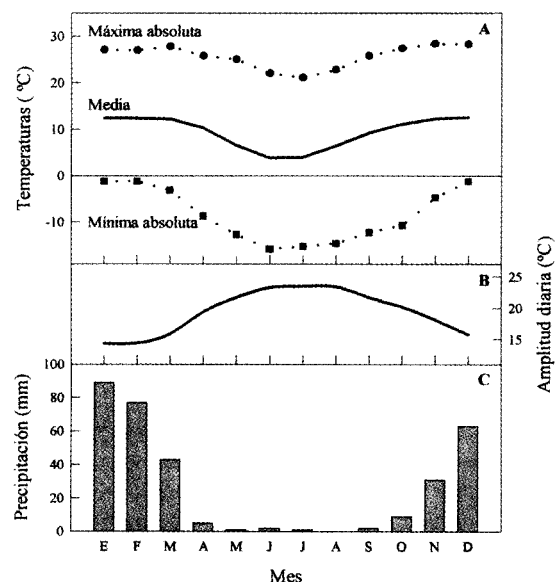


Fig. 2: Diagrama climático correspondiente a la estación meteorológica La Quiaca: (A) variaciones mensuales de la temperatura media, máxima y mínima absolutas; (B) amplitud media diaria de la temperatura; (C) distribución de la precipitación mensual a lo largo del año.

Climatic diagram from La Quiaca meteorological station: (A) monthly variations of mean, and absolute maximum and minimum temperatures; (B) daily mean amplitudes of temperature; (C) annual precipitation distribution.

Recolección y procesamiento de muestras

Entre noviembre de 1999 y mayo de 2000, colectamos 16 secciones transversales y ocho muestras con barreno mecánico de incremento, en troncos vivos y muertos de individuos de *P. ferox*. Evitamos muestrear individuos localizados directamente sobre el cauce de los arroyos ya que sus crecimientos estarían más afectados por cambios en la escorrentía que por las variaciones del clima. Estos individuos, serían potencialmente menos sensibles a la variabilidad en las precipitaciones por crecer en sitios con una provisión adicional de agua (sensu Fritts 1976). Dada la proximidad de los dos sitios de muestreo (inferior a 15 km), las muestras fueron analizadas todas en conjunto.

Con el objeto de determinar el arreglo de los elementos constitutivos del leño asociados a la delimitación de los anillos de crecimiento, se realizaron cortes histológicos del material colectado para su posterior observación microscópica. Para ello, las muestras fueron maceradas, de acuerdo con la técnica de Boodle (D'Ambrogio de Argueso 1986), y cortadas con un micrótopo de deslizamiento (15 μm medio de espesor). Las secciones fueron teñidas con safranina y montadas en bálsamo de Canadá.

Las muestras de barreno fueron montadas sobre regletas de maderas. Tanto las muestras de barreno como las secciones transversales fueron pulidas con lijas de granos progresivamente más finos. Los anillos de crecimiento fueron correctamente datados al año de formación siguiendo la metodología descrita por Stokes & Smiley (1968). La determinación de los anillos de crecimiento es más dificultosa a medida que aumenta la edad de los individuos. Este patrón es común entre las especies del género *Prosopis* (Villalba & Boninsegna 1989). Finalmente, los anillos fueron medidos con una precisión de 0,01 mm. La calidad del fechado fue controlada usando el programa COFECHA (Holmes 1983), que calcula índices de correlación entre las series individuales de anchos de anillos para identificar anillos ausentes o falsos. Las series de ancho de anillos resultantes fueron estandarizadas, utilizando el programa ARSTAN (Cook 1985), para eliminar las tendencias biológicas propias del crecimiento y minimizar las variaciones en el crecimiento que no son comunes a todos los árboles (Fritts 1976). Las series estandarizadas fueron finalmente promediadas para obtener una cronología media a partir de los dos sitios muestreados. En consecuencia, la cronología obtenida constituye una serie temporal que representa las variaciones anuales en el crecimiento radial de los árboles de *P. ferox* en los dos sitios muestreados.

Análisis de las relaciones entre el clima y el crecimiento radial

Con el objeto de determinar las variables climáticas más fuertemente relacionadas con el crecimiento de los árboles, las variaciones interanuales en el ancho de anillos fueron comparadas con los registros instrumentales (temperatura y precipitación) de La Quiaca (22°06' S, 65°36' O) durante el período 1920-1990. La estación meteorológica de La Quiaca, aún cuando más distante a nuestros sitios de muestreo que la estación de Humahuaca, fue seleccionada para este análisis debido a que posee los registros climáticos más extensos y homogéneos de la Puna argentina. Adicionalmente, la altitud de La Quiaca es muy similar a la de los sitios de estudio.

Un método simple de comparación entre anillos de crecimiento y variaciones climáticas es el de la función de correlación (Blasing et al. 1984). Este método consiste en correlacionar las variaciones interanuales en el ancho de los anillos de crecimiento de una cronología con las fluctuaciones climáticas interanuales tomadas mes por mes. La relación estadística entre el ancho de anillo y la variable climática es examinada sobre el período común entre la cronología y los datos instrumentales. Como el crecimiento en un año dado puede estar influenciado por las condiciones climáticas del año previo, el período de comparación analizado comprendió 17 meses, desde enero de la estación previa de crecimiento hasta mayo del año en que se formaron los anillos. Los totales mensuales de precipitación y las temperaturas medias mensuales para La Quiaca fueron tomados de Bianchi & Yáñez (1992) y de Vose et al. (1992), respectivamente.

RESULTADOS

La observación microscópica de los cortes histológicos de la madera de *P. ferox* revela que los anillos de crecimiento están demarcados por una banda de tejido parenquimático terminal de color más claro que el tejido fibroso circundante (Fig. 3). Esta banda de tejido parenquimático, formada muy probablemente al final de la estación de crecimiento, se extiende en forma ininterrumpida todo a lo largo del borde del anillo de crecimiento.

La cronología final obtenida cubre el período 1883-1999 y está basada en 40 series (Fig. 4); dos series por sección transversal. Los estadísticos comúnmente usados (Briffa 1995) para establecer la calidad de una cronología (desviación estándar, $DE = 0,307$; sensibilidad media, $SM = 0,262$; y

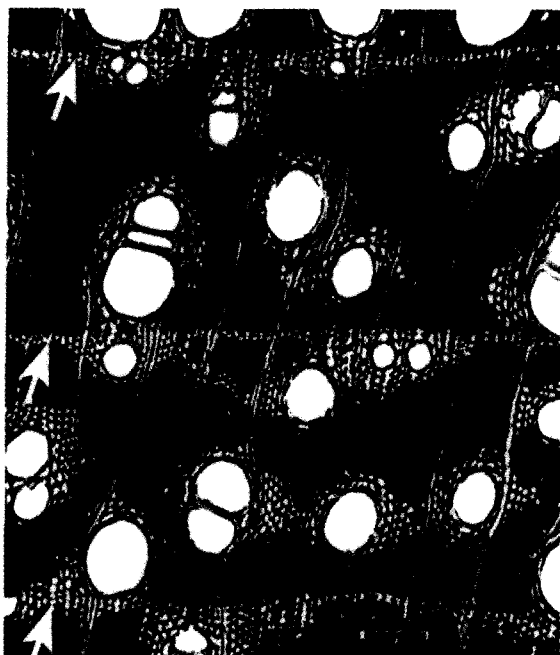


Fig. 3: Anillos de crecimiento en una sección transversal del leño de *Prosopis ferox*. Los anillos de crecimiento están demarcados por una banda de tejido parenquimático terminal (flechas) de color más claro que el tejido fibroso circundante. La barra en la parte inferior derecha representa 100 μm .

Tree rings in *Prosopis ferox*. Tree rings are marked by a narrow band of terminal parenchyma (arrows), lighter in color than the enclosing fibers. The bar represents 100 μm .

correlación media entre muestras, $R_{\text{bar}} = 0,328$), indican que existe un alto porcentaje de señal común en las variaciones interanuales del crecimiento radial entre los individuos muestreados. Un análisis de componentes principales (Cooley & Lohnes 1971), incluyendo 20 series provenientes de 12 árboles para el período común 1944-1997 (54 años), indica que la varianza común entre las muestras explicada por el primer componente principal es de 39,7 %.

La función de correlación mostró que el crecimiento radial de *P. ferox* en los sitios de estudio, está fuertemente controlado por las condiciones climáticas del verano (Fig. 5). El crecimiento radial se relaciona significativamente con temperaturas por debajo de la media y precipitaciones por encima de la media durante el verano (diciembre a marzo), coincidiendo con el período anual de mayores precipitaciones, con temperaturas medias superiores a los 12 °C y amplitudes térmicas diarias inferiores a los 15 °C. Para el período 1920-1990 (70 años), los coeficientes de correlación entre el ancho de anillos y las variaciones de la precipitación y la temperatura de verano (enero a marzo) son $r = 0,50$ ($P < 0,01$) y $r = -0,56$ ($P < 0,01$), respectivamente (Fig. 6). No se observan correlaciones significativas con las condiciones climáticas de los meses previos a la estación de crecimiento.

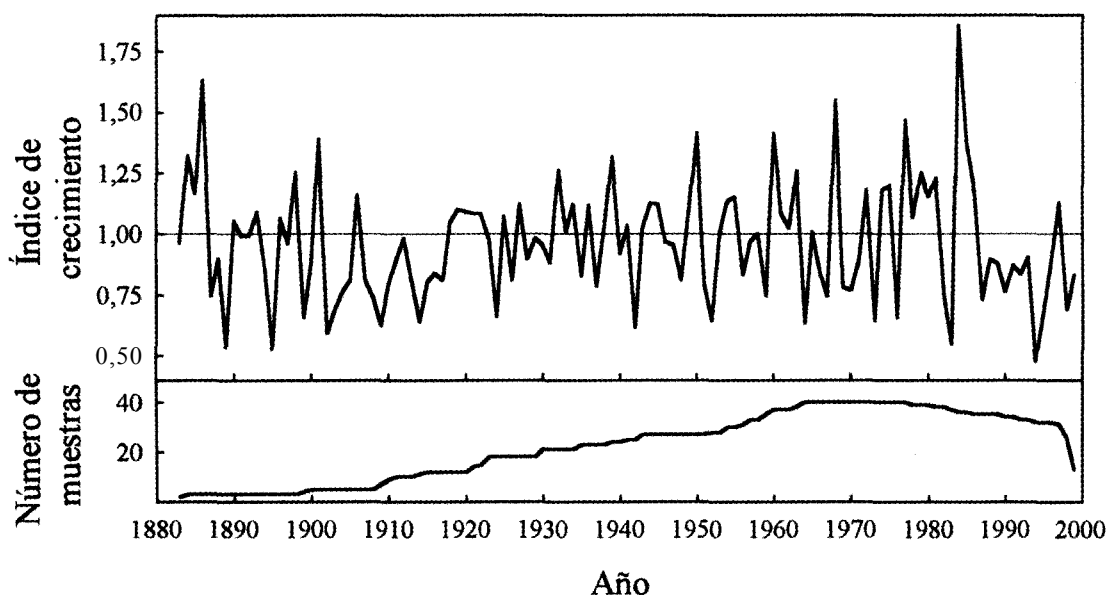


Fig. 4: Cronología de ancho de anillos para *Prosopis ferox* en Humahuaca, Jujuy. El número de muestras incluidas en la cronología se indica en la parte inferior de la figura.

Tree-rings chronology from *Prosopis ferox* at Humahuaca, Jujuy. Sample replication is indicated at the bottom of the figure.

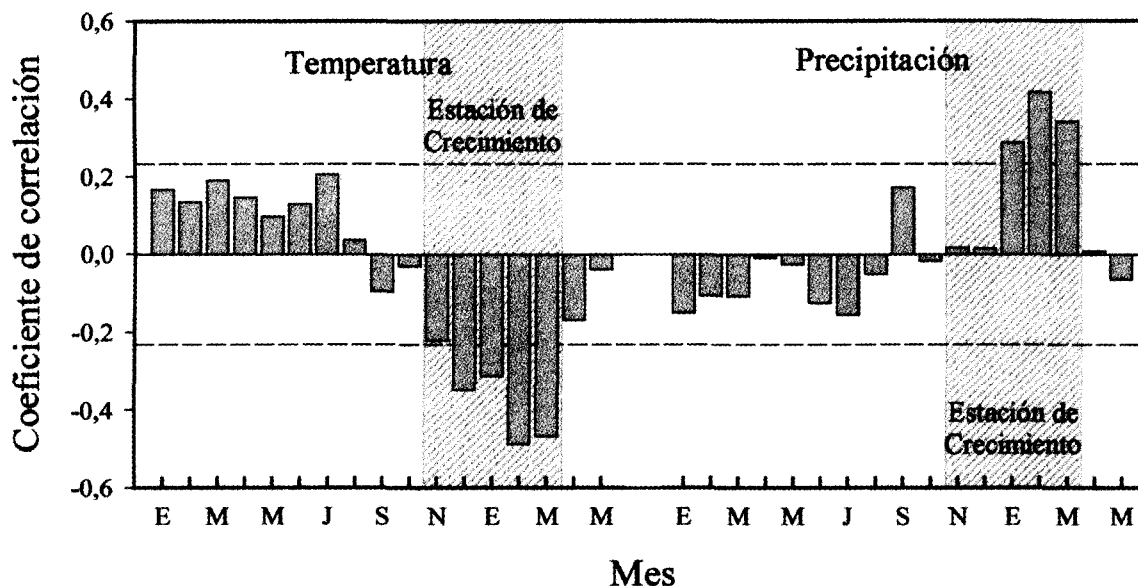


Fig. 5: Función de respuesta de la cronología de *Prosopis ferox* al clima calculada sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la temperatura y la precipitación en La Quiaca para el período 1920-1990. Las líneas segmentadas representan los límite de significancia del 95 % de los coeficientes de correlación.

Response function for *Prosopis ferox* chronology. Precipitation and temperature records from La Quiaca were used for comparison with tree growth over the interval 1920-1990. The dashed lines represent the 95 % confidence level for the correlation coefficients.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que *P. ferox* posee anillos de crecimiento anuales claramente demarcados y que las variaciones en el ancho de los anillos están fuertemente controladas por las características climáticas durante la estación de crecimiento. Como se puede observar en los resultados, la temperatura y humedad están correlacionadas significativamente con el crecimiento radial. Sin embargo, la precipitación se relaciona positivamente, mientras que la temperatura lo hace en forma negativa, indicando de esta manera que el factor que controla el crecimiento sería el balance hídrico. Así, las temperaturas muy elevadas durante la estación de crecimiento actuarían aumentando la evapotranspiración y reduciendo la disponibilidad de agua en el suelo. En La Quiaca, las temperaturas de verano están negativamente correlacionadas con las precipitaciones ($r = -0,60$, $n = 80$, $P < 0,001$). Los veranos cálidos son, en su gran mayoría, secos, lo que también contribuiría a explicar la relación inversa entre las temperaturas de verano y el crecimiento radial, presumiblemente más afectado por humedad que por temperatura.

En este trabajo se presenta la primer cronología de ancho de anillos desarrollada a partir de *P. ferox*. A su vez, esta serie constituye el primer

registro dendrocronológico para la provincia biogeográfica de la Prepuna. La cronología actual apenas excede los 100 años. Sin embargo, el conteo de los anillos de crecimiento en secciones transversales de ejemplares muertos de *P. ferox* provenientes de la localidad de Seclantás, Salta, indicaría que esta especie puede alcanzar edades mayores a los 500 años. Adicionalmente, se observan ejemplares muertos de *P. ferox* con corteza completamente erosionada lo que sugiere una buena conservación del leño durante períodos de varias décadas. El hecho de que su madera haya sido utilizada para postes y tirantes en construcciones rústicas durante el pasado abre también la posibilidad de usar este material para extender temporalmente los registros dendrocronológicos. En conjunto, estas características indicarían que *P. ferox* posee el potencial para desarrollar cronologías de varios siglos de extensión. Estas cronologías excederían temporalmente el período cubierto por los datos instrumentales y las cronologías de ancho de anillos provenientes de los bosques húmedos montanos del noroeste argentino (e.g., Villalba et al. 1998).

Hasta el presente sólo se han desarrollado dos cronologías con especies del género *Prosopis*, la que se presenta en este trabajo y otra a partir de *Prosopis flexuosa* en el Chaco Árido argentino (Villalba & Boninsegna 1989). No obstante, es

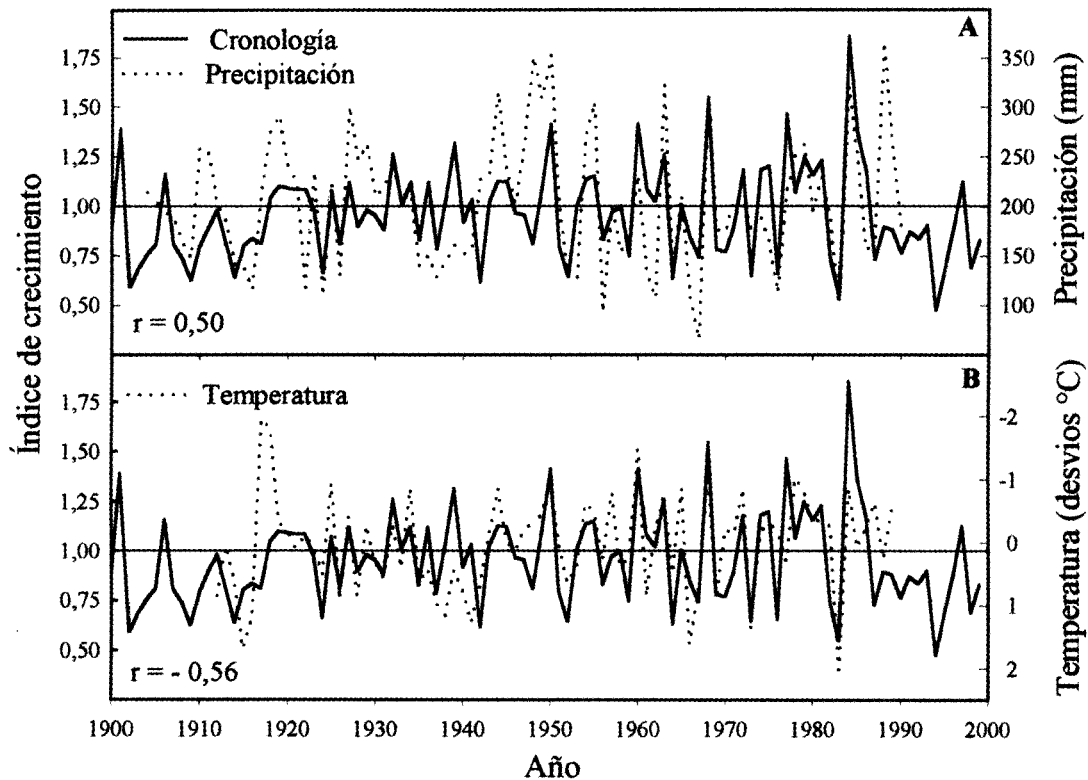


Fig. 6: Variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento de *Prosopis ferox* en Humahuaca y fluctuaciones estacionales (enero a marzo) de la precipitación y la temperatura en La Quiaca. Las variaciones en la temperatura han sido graficadas inversamente para facilitar la comparación entre variables.

Tree-ring variations from *Prosopis ferox* at Humahuaca, and seasonal (January to March) fluctuations of precipitation and temperature at La Quiaca. To facility the comparison between variables, temperature variations has been plotted inversely.

importante destacar que los estudios anatómicos del leño de las especies de *Prosopis* indican que muchas de ellas poseen anillos de crecimiento anuales claramente demarcados, y en consecuencia, una gran potencialidad para la realización de estudios dendrocronológicos (Villalba et al. en prensa).

Aún cuando las actividades humanas en la Prepuna están fuertemente afectadas por los cambios ambientales, la variabilidad climática en esta región ha sido poco documentada (Prohaska 1976). El uso conjunto de registros dendrocronológicos provenientes de *P. ferox* en la Prepuna, de *Polylepis* spp. en la Puna (actualmente en desarrollo) y de *Juglans australis* y *Cedrela lilloi* en las Yungas (Villalba et al. 1998), proveerá información valiosa sobre las variaciones climáticas de mediano y largo plazo que han influenciado el clima en las regiones subtropicales montañosas de América del Sur. Estos registros permitirán cuantificar el diferente accionar de forzantes climáticos interanuales tales como El Niño-Oscilación del Sur bajo diferentes regímenes climáticos

de larga escala impuestos por cambios en la actividad solar y la circulación oceánica, por ejemplo.

La distribución de *P. ferox* abarca aproximadamente cinco grados de latitud, desde el valle de Vitichi, Potosí, Bolivia (López 2000), hasta el norte del Valle Calchaquí, Salta, Argentina (Legname 1982). Esta extensa región semiárida de altura se ha caracterizado por el uso intensivo de los recursos naturales por parte del hombre desde épocas prehispánicas. El potencial de *P. ferox* para estudios dendrocronológicos documentado en este trabajo abre importantes posibilidades para estudiar las relaciones pasadas entre clima, vegetación y cambios en el uso de la tierra en los desiertos subtropicales de altura.

AGRADECIMIENTOS

Estos estudios fueron parcialmente financiados por el CONICET, Proyecto 0175/98, y el Instituto Interamericano para el Estudio del Cambio Glo-

bal (IAI). Mariano Morales es becario de formación de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Los autores agradecen la colaboración de Juan Manuel Morales en el trabajo de campo y Víctor Moyano en la preparación de los cortes histológicos.

LITERATURA CITADA

- BIANCHI AR & C YÁÑEZ (1992) Las precipitaciones del noroeste argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Salta, Argentina. 388 pp.
- BLASING TJ, AM SOLOMON & DN DUVICK (1984) Response functions revisited. *Tree-Ring Bulletin* 44: 1-15.
- BONINSEGNA JA & R VILLALBA (1996) Dendroclimatology in the southern hemisphere: review and prospects. En: Dean JS, DM Meko & TW Swetnam (eds) *Tree rings, environment and humanity: 127-141*. Radiocarbon. The University of Arizona, Tucson, Arizona.
- BRIFFA KR (1995) Interpreting high-resolution proxy climate data. The example of dendroclimatology. En: von Storch H & A Navarra (eds) *Analysis of climate variability, applications of statistical techniques: 77-94*. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- BURKART A (1976) A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae, subfamilia: Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum* 57: 219-249, 450-525.
- CABRERA A (1976) Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agronomía y Jardinería*. Tomo 2, fascículo 1. Editorial Acme, Buenos Aires, Argentina. 85 pp.
- COOK ER (1985) A time series analysis approach to tree-ring standardisation. Tesis de Doctorado (Ph.D.), The University of Arizona, Tucson, Arizona. 171 pp.
- COOLEY WW & PR LOHNES (1971) *Multivariate data analysis*. Wiley & Sons, New York, New York.
- D'AMBROGIO DE ARGUESO A (1986) *Manual de técnicas en histología vegetal*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 84 pp.
- FRITTS HC (1976) *Tree rings and climate*. Academic Press, London, United Kingdom. 567 pp.
- HOLMES RL (1983) Computer-assisted quality control in tree ring dating and measurement. *Tree Ring Bulletin* 43: 69-75.
- LEGNAM PR (1982) Árboles indígenas del noroeste argentino. *Opera Lilloana (Argentina)* 34: 1-123.
- LÓPEZ RP (2000) La Prepuna boliviana. *Ecología en Bolivia* 34: 45-70.
- PROHASKA F (1976) The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. En: Schwerdtfeger W (ed) *World survey of climatology: climates of Central and South America: 13-112*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- RUTHZATS B & CP MOVIA (1975) Relevamiento de las estepas andinas del noreste de la provincia de Jujuy, Argentina. Fundación para la educación, la ciencia y la cultura, Buenos Aires, Argentina. 126 pp.
- SALDIAS-PAZ M (1993) Mimosoideae. En: Killeen TJ, E García & SG Beck (eds) *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden: 420-456.
- STOKES MA & TL SMILEY (1968) *An introduction to tree-ring dating*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 73 pp.
- VILLALBA R (2000) Dendroclimatology: a southern hemisphere perspective. En: Smolka PP & W Volkheimer (eds) *Southern hemisphere paleo- and neoclimates: 27-57*. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- VILLALBA R & JA BONINSEGNA (1989) Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* DC. *IAWA Bulletin* 10: 155-160.
- VILLALBA R, HR GRAU, JA BONINSEGNA, GC JACOBY & A RIPALTA (1998) Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. *International Journal of Climatology* 18: 1463-1478.
- VILLALBA R, P VILLAGRA, JA BONINSEGNA, MS MORALES & V MOYANO (en prensa) *Dendroecología y dendroclimatología con especies del género Prosopis*. Multequina (Argentina).
- VOSE RS, RL SCHMOYER, PM STEURER, TC PETERSON, R HEIM, TR KARL & JK EISCHEID (1992) The global historical climatology network: long-term monthly temperature, precipitation, sea level, pressure, and station pressure data. Oak Ridge National Laboratory/53 Carbon Dioxide Information Analysis Center-53, Environmental Sciences Division, Publication No. 3912. 189 pp.

Editor Asociado: J. Gutiérrez

Recibido el 3 de marzo de 2001; aceptado el 23 de agosto de 2001