Crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. *et* Meyer, Anacardiaceae

Ana María Giménez[1]
Norfol A. Ríos [1]

RESUMEN

El Chaco Argentino es la región fitogeográfica cubierta por bosques, más extensa del país. El recurso forestal es su principal fuente de riqueza y se encuentra en un estado de alarmante deterioro. El objetivo del trabajo es analizar el crecimiento de árboles individuales de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. *et* Meyer, familia Anacardiaceae, en función de la edad. Se incluyó una muestra de 10 individuos con DAP (diámetro a la altura de pecho, 1.30m) superior a 30cm, de la localidad de Los Pirpintos, Departamento Copo, Santiago del Estero, Argentina. La metodología adoptada para la selección de los árboles fue la de Helinska, y para determinar el crecimiento, se empleó el análisis epidométrico de fuste.

Los anillos de crecimiento son medianamente demarcados del tipo 3 Coster, con un espesor medio de 2.19 mm (1.6 y 4.5). El espesor de anillos varía significativamente con respecto a la edad y no está correlacionado con la misma. Los anillos de crecimiento presentaron el máximo de espesor a la edad de 61 años.

La evolución del volumen de fuste, el diámetro, sección normal y altura total se correlacionan positivamente con la edad. Las variables DAP, área de sección normal, volumen de fuste, altura total, IMA e IA y la edad, se ajustan a funciones polinómicas de segundo grado. El diámetro de copa/ edad, diámetro de copa/ DAP, sección de copa/área de sección normal, se ajustan a funciones logarítmicas. El DAP se correlaciona positivamente con el diámetro de copa y la edad. Por las relaciones de crecimiento se estima un turno tecnológico de corta superior a 250 años.

PALABRAS CLAVE:
Anillos de crecimiento, análisis epidométrico, crecimiento de árboles individuales, *Schinopsis quebracho-colorado*.

ABSTRACT

The Argentinian Chaco is the most extensive phytogeographic region of the country. The forest resource is the principal source of wealth, and it is found in an alarming state of deterioration. The objective of this paper is to explain the growth as a function of age of *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. *et* Meyer, Anacardiaceae. Ten trees with DBH (diameter at breast height, 1.3 m) over 30 cm, from the natural forest of Los Pirpintos, Copo Department, Santiago del Estero, Argentina, were studied. The methodology adopted for the study is that of Helinska. Growth was determined by epidometric analysis.

1 Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA)- Facultad de Ciencias Forestales- Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (s) 1912. CP: 4200. Santiago del Estero.Argentina
Manuscrito recibido para su publicación el 3 de noviembre de 1998.

Growth rings are moderately boundary distinct (type 3 Coster). Average tree ring thickness is 2.19 mm (1.6 y 4.5). Ring thickness varies significatively with age and is not correlated with this variable. Growth rings have a maximum thickness at 61 years old.

The evolution of shaft volume and the age are positive correlated, the same as the diameter, normal section and total height. The variables DBH, normal section area, total height, MIA, IA and age adjusted to second degree polynomial functions. Crown diameter/age, crown diameter/DBH, crown section/normal section area adjusted to logarithmic functions. DBH correlates positively with crown diameter and age. For the relationships of growth it is estimated a technological cut shift over 250 years.

KEY WORDS:
Growth rings, stem analysis, individual tree growth, *Schinopsis quebracho - colorado*.

INTRODUCCION

Schinopsis quebracho-colorado (Schlecht.) Barkl. *et* Meyer (quebracho colorado santiagueño), perteneciente a la familia Anacardiaceae, es la principal especie leñosa de la región Chaqueña Seca. Tiene un potencial incalculable para usos diversos como la producción de vigas, postes, durmientes, carpintería de obra en general, obtención de tanino, parquet y combustible.

Esta especie es la principal fuente de materia prima calificada del bosque nativo de la región y su existencia comienza a ser escasa. Este árbol orientó durante mucho tiempo la vida entera de la provincia de Santiago del Estero, constituyendo el pilar de su economía forestal (Cozzo, 1967). La necesidad de aplicar planes de ordenación que preserven el recurso hacen imprescindibles investigaciones sobre el crecimiento de los árboles.

El crecimiento de las plantas es el fenómeno resultante de la expresión de su potencial genético a través de la manifestación conjunta de micro y macroprocesos metabólicos (fotosíntesis, respiración, absorción de nutrientes y agua, regulación hormonal), que suceden en el vegetal y su interacción con los factores ambientales (Larson, 1994). El crecimiento se manifiesta de diferentes maneras y considera la evolución de las distintas magnitudes dendrométricas. Se expresa en función de la edad (tiempo transcurrido desde la germinación) o de un período.

La edad de los árboles se determina mediante el conteo de los anillos de crecimiento (Coster, 1927). La evidencia de los anillos en especies de zonas templadas y semiáridas, ha sido ampliamente tratada (Fritts, 1976). El análisis de los anillos de crecimiento se emplea con fines múltiples en botánica, climatología, en la ciencia forestal y otras (Schweingruber,1989). Los anillos de crecimiento de una planta leñosa están influenciados por la estacionalidad favorable y desfavorable de las condiciones de crecimiento (Worbes, 1992). Para estimar el crecimiento de un árbol o de una masa hay que conocer la edad. El estudio de crecimiento parte siempre de un postulado biológico, el de la persistencia de la especie por un tiempo prolongado, lo bastante como para que le sea asignable un número concreto de años.

Las relaciones de crecimiento entre las diferentes partes del árbol han sido ampliamente investigadas. Ottorini *et al*., (1996) estudiaron la relación entre las dimensiones de copa y el desarrollo del tallo en *Fraxinus*, simulándose la evolución de la copa con el incremento de sección del fuste. Goelz (1996) establece la predicción del radio de copa en función del DAP, la altura total y el rango de crecimiento de la copa. Esta relación puede ser usada para predecir la competencia y generar índices.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objetivos: determinar el patrón de anillos de crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado,* analizar la evolución de los anillos de crecimiento con la edad, estudiar la evolución de las magnitudes dendrométricas y evaluar el crecimiento con la edad.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en 10 individuos adultos de la especie *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. *et* Meyer., quebracho colorado santiagueño, perteneciente a la familia Anacardiaceae. Los individuos estudiados provienen del bosque nativo (Fig. 1), seleccionados en el predio de la Cooperativa Forestal Los Pirpintos de 5,000 ha, en la localidad de Los Pirpintos, Departamento Copo, Provincia de Santiago del Estero, Argentina (25º 58 28" Lat. S. y 62º 09 04" Long. O) los cuales fueron cortados en julio de 1995.

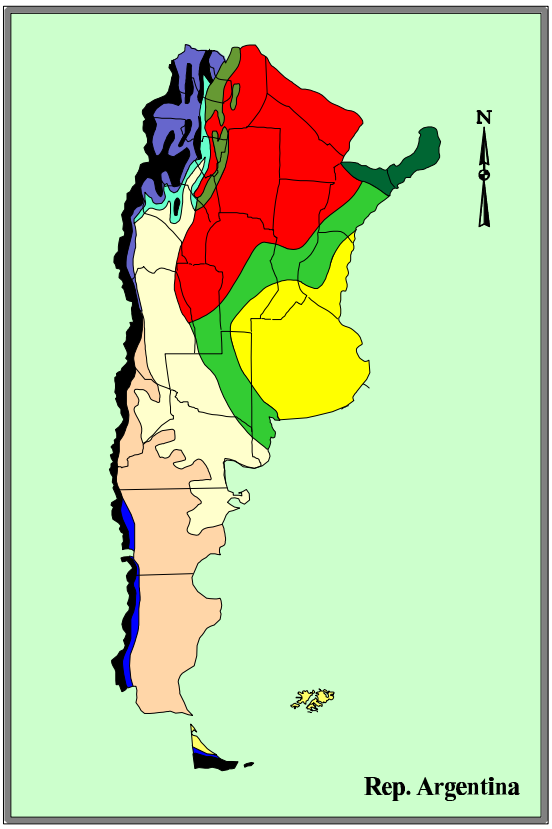
El clima de la región chaqueña es subtropical, continental, de estepas y montes esteparios. El relieve plano permite la libre circulación de la atmósfera, siendo ésta la causa de la uniformidad climática de la formación fitogeográfica (Ledesma, 1973). El clima del Chaco Semiárido se caracteriza por ser cálido, con temperaturas uniformes. Los veranos son cálidos con temperaturas máximas absolutas que superan los 45ºC y los inviernos relativamente fríos (-10ºC). El clima tiene un carácter semiárido, con precipitaciones escasas y estivales alternando con sequías en períodos bien delimitados (Minetti y Acuña, 1994) La precipitación media anual es de 600 mm (500 - 700).

El área de estudio pertenece a la región fitogeográfica denominada Distrito Chaqueño Occidental, del Dominio Chaqueño (Cabrera, 1976), donde prevalece el bosque clímax caracterizado por el quebrachal de colorado (*Schinopsis quebracho-colorado* Barkl. *et* Meyer) y blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht.). Entre las especies arbóreas más importantes se citan: *Zizyphus mistol* Griseb*., Prosopis alba* Griseb*., Prosopis nigra* Hieron*., Prosopis kuntzei* Harms*., Prosopis ruscifolia* Griseb*., Caesalpinia paraguariensis* Burk*. y Cercidium australe* Johnst. El volumen comercial de madera con corteza para todas las especies en función de estratos y por clases diamétricas varía de 10 a 70 m^3/ha (Thren y Zerda, 1994).

La elección de los árboles para el estudio se efectuó con base a los siguientes criterios: individuos adultos, sanos, con diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 30 cm, sin defectos en el fuste, posición dominante en el rodal y copa simétrica.

Cada árbol seleccionado constituyó el centro de una parcela circular con un radio de 17.84 m que delimita una superficie de 1000 m^2 (Fig. 2). En cada árbol se midió el DAP (diámetro de referencia a 1.30 m), altura de fuste y altura total, marcándose la dirección Norte en el fuste. Se midieron los radios de la copa para determinar su superficie, empleando para tal fin el método de ángulo fijo, con ángulos de 45º.

El árbol seleccionado fue colectado y se extrajeron rodajas (Fig. 3) de 5 cm de espesor, en la altura de 0.30, 1.30 y de allí cada metro hasta la primera ramificación (Helinska *et al*., 1991). Las muestras se trabajaron con cepilladora, lijadora de banda y orbital con juego de lijas de granulometría de 600 a 100, hasta tener una superficie lisa que demarcara con la mayor fidelidad los anillos de crecimiento. La marcación y medición de anillos se efectuó con el Equipo Computarizado ANIOL y el programa CATRAS (Aniol, 1991). Con este procedimiento se determinó número de años y espesor de los anillos con una precisión de centésimas de milímetro.



Regiones Fitogeográficas

Dominio Amazónico
- Provincia de las Yungas
- Provincia Paranaense

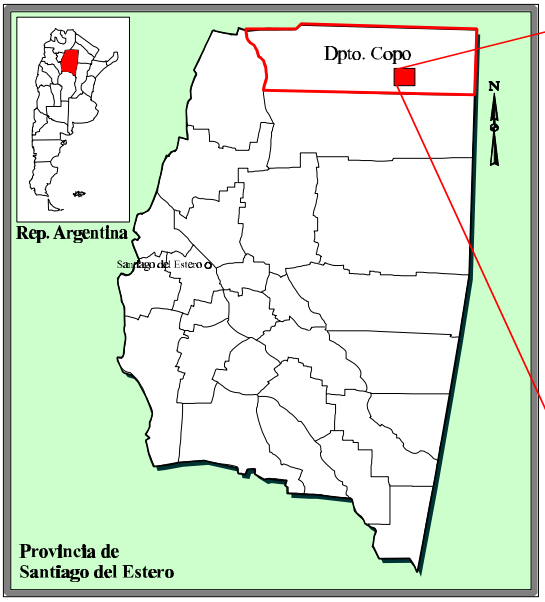
Dominio Chaqueño
- Provincia Chaqueña
- Provincia del Espinal
- Provincia de la Prepuna
- Provincia del Monte
- Provincia Pampeana

Dominio Andino Patagónico
- Provincia Altoandina
- Provincia Puneña
- Provincia Patagónica

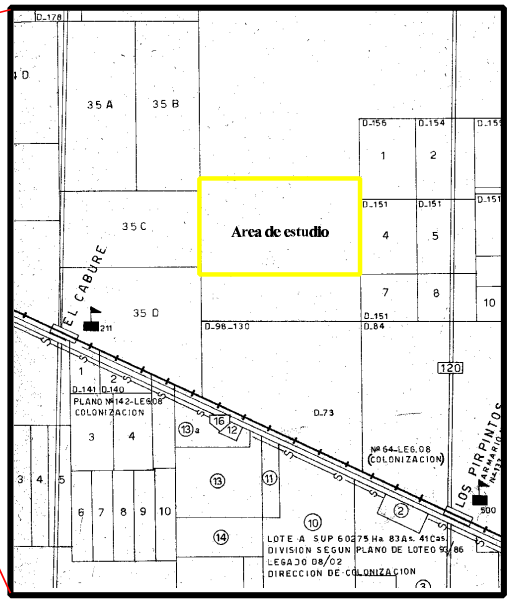
Dominio Subantártico
- Provincia Subantártica
- Provincia Insular

Dominio Antártico
- Provincia Antártica

Basado en la clasificación de Angel L. Cabrera



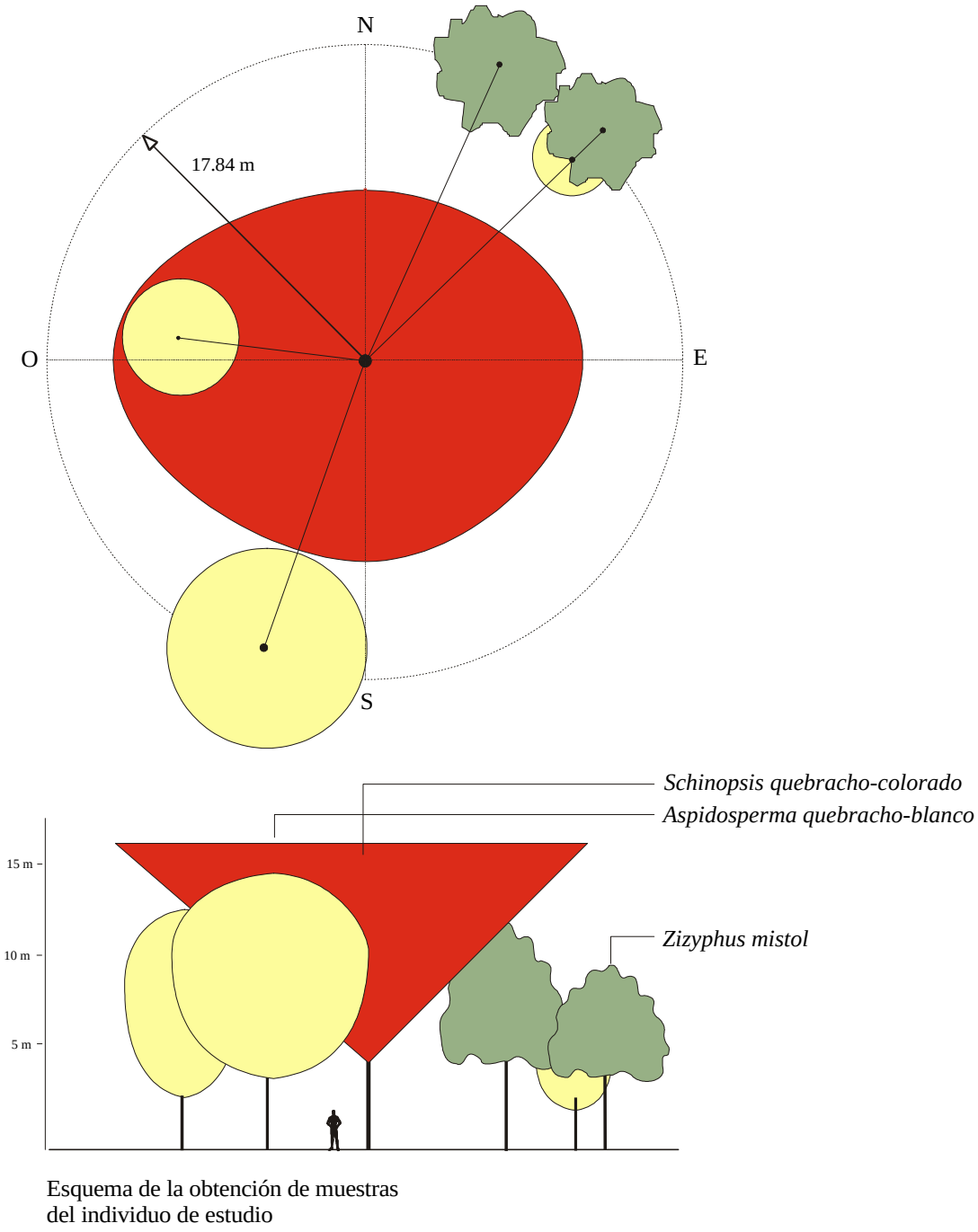
Localización del area de estudio



Escala 1 : 200.000
Carta Catastral

Fuente: Dirección Gral. de Catastro - Sgo. del Estero

Figura 1. Localización del área de estudio en la región del Chaco, Argentina.



Esquema de la obtención de muestras
del individuo de estudio

Figura 2. Diseño y establecimiento de las parcelas de muestreo.

Para el estudio de crecimiento
H1, H2, H3, H4.... y corteza

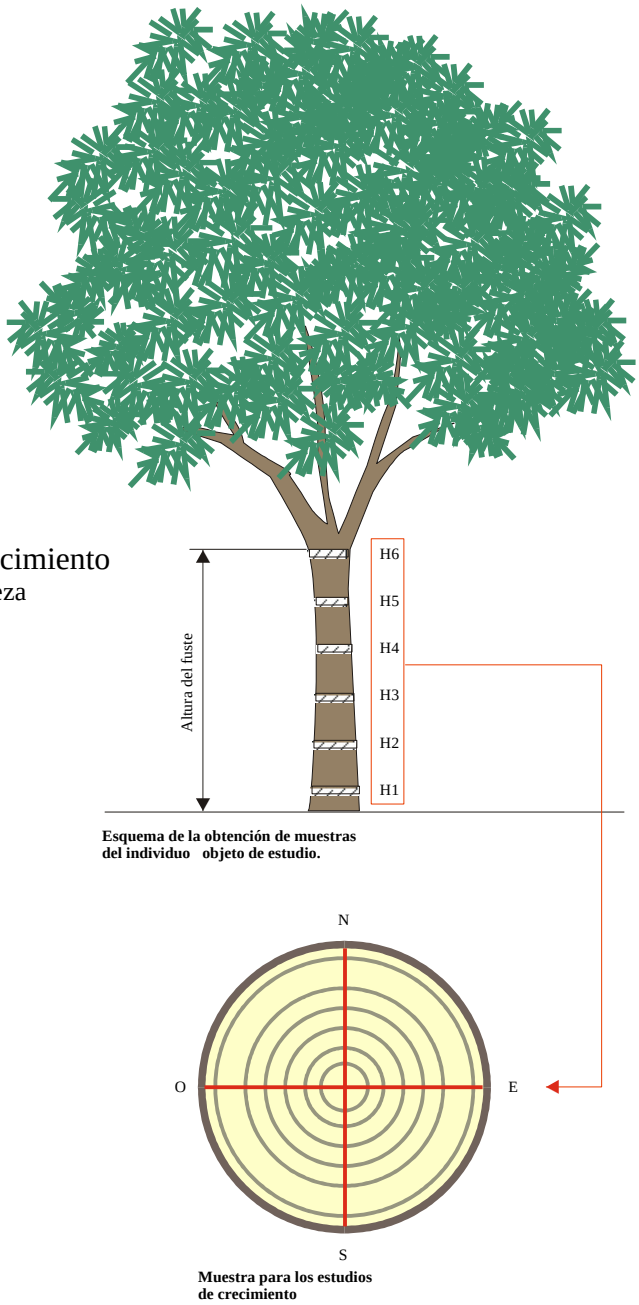


Figura 3. Esquema de toma de muestras de los árboles en estudio.

Se trabajó en los radios de orientación Norte, Este, Sur y Oeste. Se especificó la media aritmética y la desviación estándar.

El análisis epidométrico de los árboles se realizó con el programa de computación AE (Ríos *et al*., 1996), que calcula la evolución en diámetro, sección, volumen de fuste, incremento medio anual e incremento corriente. Se trabajó con las mediciones de espesor de anillos obtenidas en el CATRAS. Se sincronizaron los anillos manualmente y por cuadrantes, a fin de tener diferencia de edad (±2 años). Los datos fueron exportados en ASCII e introducidos al AE. Las mediciones se efectuaron de corteza a médula, ya que el programa AE así lo requiere. El AE promedia el espesor de anillos de las cuatro orientaciones medidas y a partir de este dato medio, genera la planilla de diámetro, sección y volumen de fuste en función de la edad. Se graficó la evolución de cada parámetro en función de la edad utilizando una hoja de cálculo.

Para el estudio de las tendencias de crecimiento se usó el método basado en la edad biológica de los árboles (Komin, 1987), trabajándose con individuos de edades diferentes. El espesor de los anillos de cada uno de ellos se alineó con los de otros individuos según la edad biológica y no cronológica. El espesor de anillos de todos los árboles fue promediado para producir la curva del árbol base. Así se expresó biológicamente las tendencias de crecimiento de la especie en determinado sitio. Este proceso de promediación atenúa en gran parte las fluctuaciones anuales en el anillo debido a causas ambientales, que quedan descartadas (Stokes y Smiley, 1978). La estandarización de la curva de crecimiento medio asume que la forma de la estructura a cualquier edad biológica es independiente al período de tiempo durante el cuál se produce. Posteriormente se calculó el área de la sección normal promedio a 1.30 m de altura en los individuos estudiados en función de la edad.

Para estudiar la relación altura / edad se compararon las alturas de todos los árboles año por año. Se calculó la función que representa la evolución de esta variable con la edad. Se trabajó con valores promedios de altura para cada edad. Además se calculó el IA (incremento anual) y el IMA (incremento medio anual) para el volumen de fuste. El análisis estadístico se orientó a visualizar las relaciones existentes entre las variables de referencia y el ajuste a una función matemática mediante una hoja de cálculo. Se analizaron los modelos de regresión para las variables estudiadas y la edad (Tabla 2).

Los análisis de regresión se efectuaron con el programa SAS. Se analizó la asociación entre variables con base en el coeficiente de correlación de Pearson, como la probabilidad asociada, representada por prueba de F y el análisis de varianza de la regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Anillos de crecimiento.

La especie presenta anillos de crecimiento moderadamente demarcados, de contorno regular. El anillo está definido a nivel microscópico por una banda delgada de 1-3 capas de fibras de paredes gruesas, tipo 3 de Coster. Giménez y Moglia (1993) citan el tipo 3 para el género *Schinopsis*. Macroscópicamente, el anillo se evidencia en la albura por una línea clara seguida por otra oscura. En el duramen se pone de manifiesto una línea oscura al comienzo de cada anillo.

Esta descripción corresponde al patrón normal de anillo. No obstante, se observan en las secciones transversales modificaciones producidas por heridas de incendios. La especie tiene escasa reacción al efecto del fuego, cubriendo la herida a largo plazo, por incremento del crecimiento en la zona vecina, siguiendo el mecanismo citado por Giménez (1994) en *Prosopis* sp. y Bravo *et al*. (1995) en *Schinopsis* sp.

Entre las alteraciones producidas más frecuentes se destacan la decoloración del leño vecino a la herida, secreción de tanino de forma inusual, ondulamiento de los anillos e interrupción de la albura.

El espesor medio de los anillos fue de 2.195 mm con valores extremos de 1.6 y 4.5 mm, una desviación estándar de 0.51 y un coeficiente de variabilidad de 22.5%, lo que concuerda con lo presentado por una publicación boliviana (Ministerio de Desarrollo, 1995) cita un espesor medio de anillos de 2.3 mm y Giménez *et al*. (1994) de 2.13 mm para dos sitios en la Provincia de Santiago del Estero. El espesor de los anillos correspondientes a la sección de 1.30 m y la edad presentan una correlación de 0.206, se ajusta a una curva explicada por un función polinómica de segundo grado con un R^2 de 0.4980 (Fig. 4).

En la figura 4 se ilustra cómo el espesor de los anillos de los individuos en conjunto, presenta un valor máximo a los 61 años de edad. El comportamiento del espesor de los anillos en cada individuo permitió leer sus respectivas historias de crecimiento.

Relaciones de crecimiento con la edad.

La curva promedio de evolución DAP - edad se ajusta a una ecuación polinómica de segundo grado con un R^2 de 0.9954 y un coeficiente de correlación de 0.9970, con un DAP de 30cm a los 67 años.

En la figura 5 se comparan los valores obtenidos para la relación DAP/ edad con los calculados por Araujo y Lencina (1994) para determinar el tiempo de tránsito de la especie. La curva obtenida a partir de los árboles objeto de estudio tiene valor superior a la estimada por dichos autores.

El área de la sección normal en relación con la edad ajusta a una función polinómica de segundo grado con un R^2 de 0.9921 y un coeficiente de correlación de 0.9718 (Fig. 6). En esta figura se ilustra el ANOVA de la relación referida, en donde el modelo lineal es altamente significativo con R^2 de 0.944 y un CV de 13.6. Sin embargo, los residuales muestran una tendencia en su disposición que indica que la regresión es posible de ser mejorada con la inclusión del término cuadrático. En el modelo cuadrático se muestra una mejoría en el ajuste con valores de R^2 de 0.987 y un CV de 6.55%.

La relación altura/edad (Fig. 7) se ajusta a un modelo representado por una función polinomial de segundo grado con R^2 de 0.9794 y un coeficiente de correlación de 0.9838. De lo presentado en la figura 7 se puede observar que esta ecuación es valiosa para la estimación de uso factible esperado para la especie. La altura total máxima a los 110 años de edad corresponde a 17 m, para una la altura de fuste comercial de 7.50 m; los individuos estudiados presentaban fuste de buena forma y cilíndricos.

La regresión de la relación volumen del fuste/edad (Fig. 8) se ajusta a una función polinomial de segundo grado con un R^2 de 0.9876 y un coeficiente de correlación de 0.958. En esta gráfica se ilustra que el volumen de fuste promedio alcanzado a los 111 años de edad es de 0.7 m^3. El ANOVA de la regresión muestra que la variación explicada por la regresión en un modelo lineal es altamente significativa con un R^2 de 0.919. Sin embargo, los parámetros estimados posibilitan escoger un modelo cuadrático con un R^2 de 0.968.

Incremento anual e Incremento medio anual.

Los resultados del incremento medio con sus valores máximos se expresan en la Tabla 1. Lencinas (1993) cita para la especie en un análisis epidométrico de cinco individuos de la localidad de Arraga, Santiago del Estero, un máximo de IMA al DAP de 0.44 - 0.47 cm para edades entre 52 y 81 años; en sección normal para 95 a 100 años, y en volumen no se llegó al máximo a las edades estudiadas. El IMA al DAP a nivel del suelo es 3.189 mm. Bottges

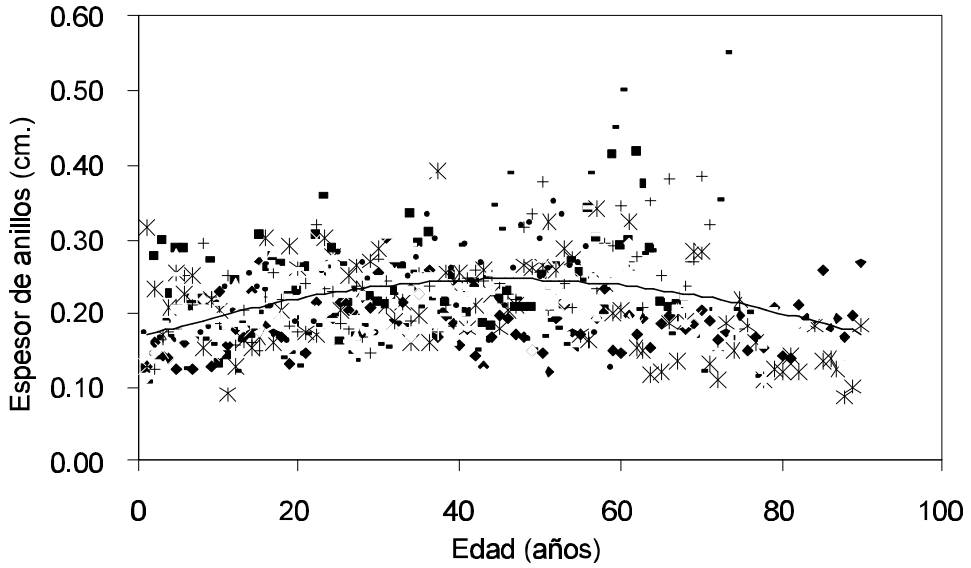


Figura 4. Relación del espesor de los anillos de crecimiento a 1.30 m con la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

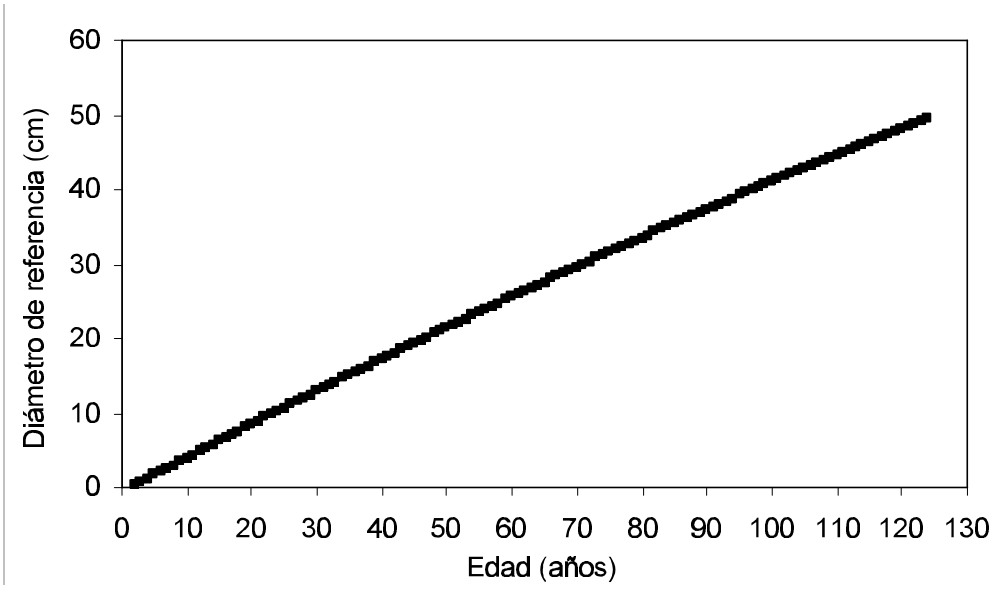


Figura 5. Relación del diámetro de referencia (DAP) con la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

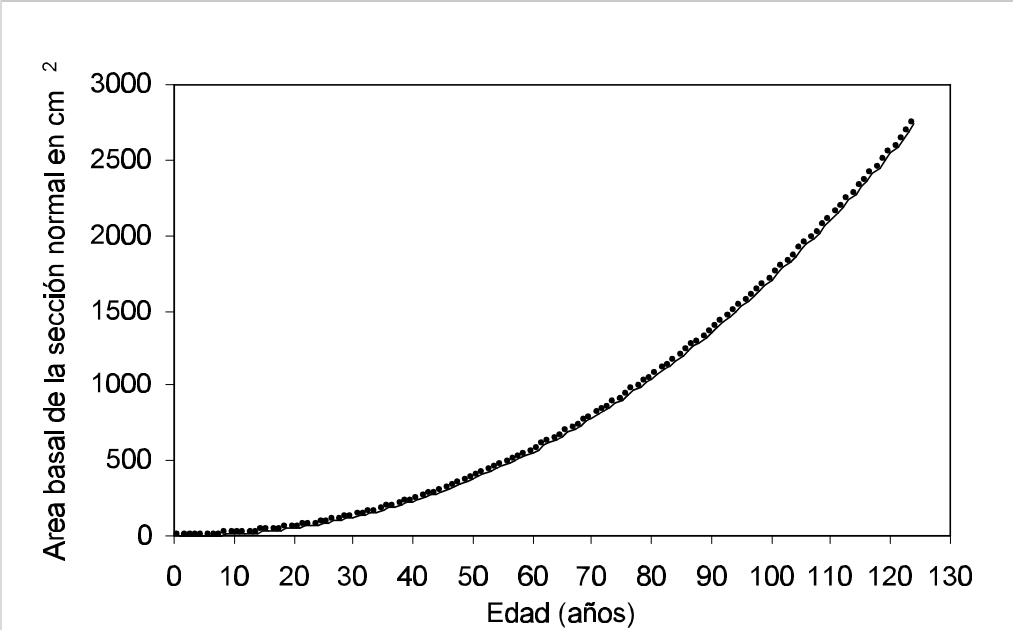


Figura 6. Relación del área basal de la sección normal con la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

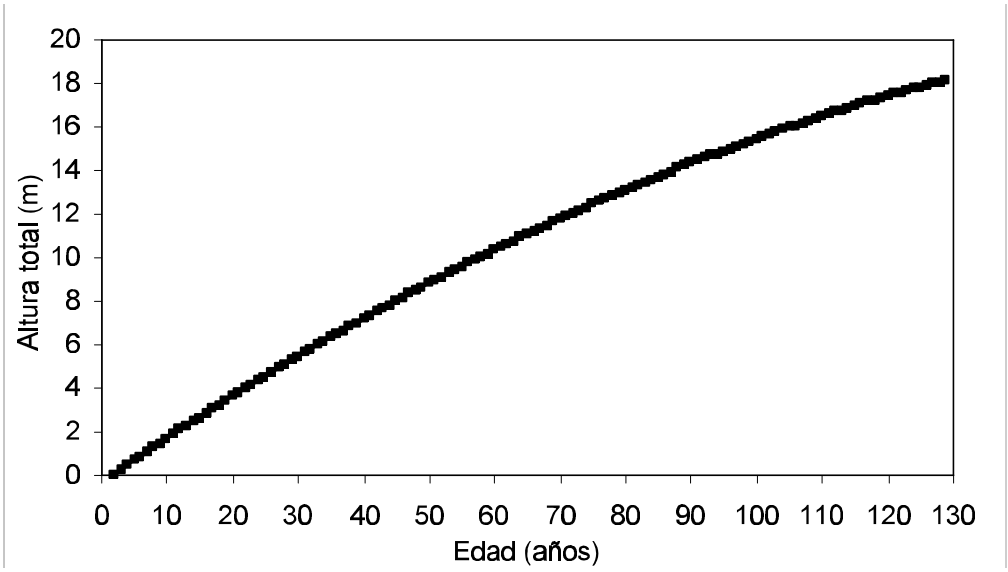


Figura 7. Relación de la altura total con la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

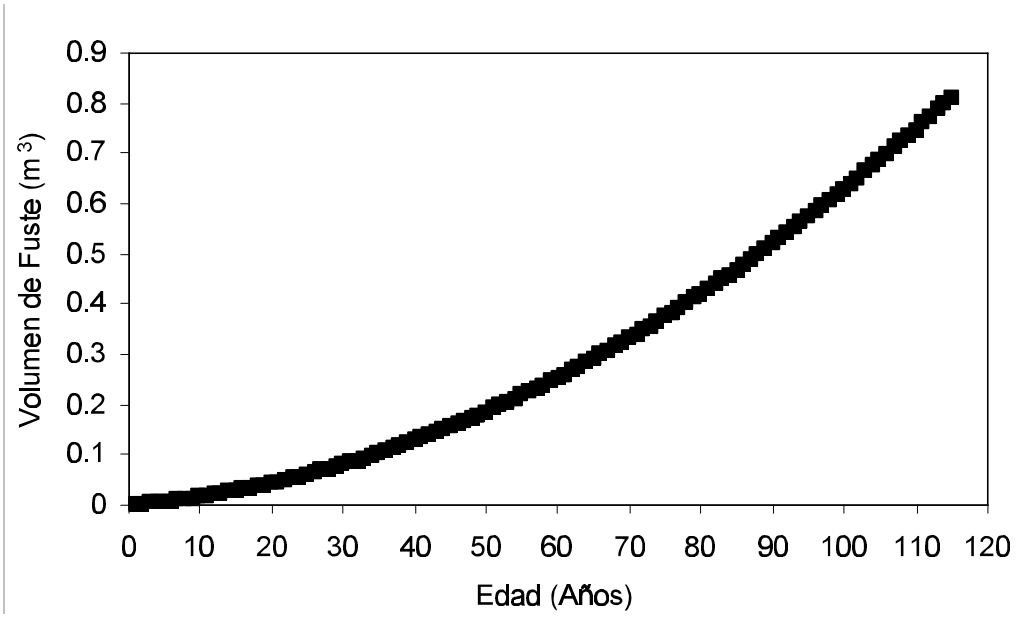


Figura 8. Relación del volumen del fuste con la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

Tabla 1. Valores máximos de Incremento medio anual (IMA) para diferentes magnitudes dendrométricas a la edad de 124 años

PARAMETRO	IMA MAXIMO	EDAD
DAP	0.445 cm	61
Altura total	0.180 m	70
Sección normal	16.4 cm^2	124
Volumen de fuste	7.071 cm^3	124

(1990) cita un valor de 3.3 mm y Lencinas (1993) 3.24 mm para diferentes sitios.

Con los datos de la curva promedio de volumen se calculó el IA e IMA promedio. Las funciones se indican en la figura 9. En esta figura el IA es explicado por una función polinómica con R^2 de 0.9902 y el IMA a una polinómica con un R^2 de 0.9947. El coeficiente de correlación lineal muestra la estrecha asociación existente (0.96) con un nivel de confianza altamente significativo. La edad culminante de crecimiento es aquella en que el IA llega a su valor máximo (Assman, 1970). Cálculos previos de IMA e IA en función de incremento diametral, incremento de sección normal, dieron valores máximos a edades más tempranas. Funciones similares son citadas para *Prosopis flexuosa* (Perpignal *et al*. 1995) y *Prosopis nigra* (Giménez *et al*. 1996).

El ANOVA de la regresión fue realizado. Por la naturaleza biológica del IA y del IMA fueron utilizados modelos cuadrático cuya bondad de ajuste se puede verificar por lo valores del nivel de significancia del modelo de 0.0001, un R^2 de 0.90 y un CV de 14% para IA y 0.0001de R^2 de 0.93, un C V de 14.5% para IMA.

Relación Altura total / DAP.

Se establecen la relación altura total / DAP, según se expresa en la figura 10. La regresión ajusta a una función polinomial de segundo grado con R^2 de 0.9889, con un coeficiente de correlación de 0.9867. El ANOVA para el modelo cuadrático muestra que gran parte de la variabilidad total es explicada por la regresión con un CV de 6% (Fig. 10).

Se cotejaron las curvas de regresión de la relación altura/DAP correspondientes a los estratos de bosques descriptos en el inventario de los departamentos Copo y Alberdi (Thren y Zerda, 1994) y la obtenida en el presente trabajo, con resultados inferiores en el análisis de árboles individuales.

DAP / diámetro de copa; sección normal/ sección de copa.

Schinopsis quebracho-colorado presenta la evolución del diámetro de copa con la edad según se expresa en la figura 10. El diámetro de copa aumenta con la edad y se ajusta a una función logarítmica con R^2 de 0.6311 y un coeficiente de correlación de 0.8416.

En la figura 11 se ilustra como el DAP está correlacionado con el diámetro de copa con un coeficiente de correlación de 0.8526. La regresión se ajusta a una función logarítmica con un R^2 de 0.7116, según se expresa en la figura 12, en esta figura se puede notar la relación de la proyección de la copa con el área de la sección normal (Fig. 13), se ajusta a una función logarítmica con R^2 de 0.7077, y un coeficiente de correlación de 0.8560.

En la figura 13 se ilustran cómo las dos relaciones planteadas anteriormente la sección y el diámetro de copa evolucionan positivamente con el aumento del DAP y el área de la sección normal.

Del análisis de las magnitudes dendrométricas realizado precedentemente, se puede estimar para *Schinopsis quebracho-colorado* un ciclo de vida superior a 250 años, para un DAP de 1.2 m, según la proyección del IMA e IA en volumen.

Los diámetros máximos que se encuentran en el bosque nativo actualmente (DAP 50 cm) le corresponden clases de edad 120-140 años. Tortorelli (1956) cita diámetros máximos al DAP de 1.5 m y altura máxima de 25 m. Esto significa que se está cortando el bosque en un estado de pleno crecimiento. En la Tabla 2 se expresan las relaciones de crecimiento y sus respectivas funciones.

CONCLUSIONES

Se concluye que *Schinopsis quebracho-colorado* presenta las siguientes características:

- **S** Los anillos de crecimiento son medianamente demarcados del tipo 3 Coster, con un espesor medio de 2,19 mm. El espesor de anillos varía significativamente respecto a la edad y no está correlacionado con la misma. Los anillos de crecimiento tienen un máximo de espesor a la edad de 61 años.
- **S** La evolución del volumen de fuste y la edad están altamente correlacionadas, al igual que el diámetro, sección normal y altura total.
- **S** El DAP correlaciona con el diámetro de copa y la edad.
- **S** Las variables DAP, área de sección normal, volumen de fuste, altura total, IMA e IA y la edad, se ajustan a funciones polinomiales de segundo grado.

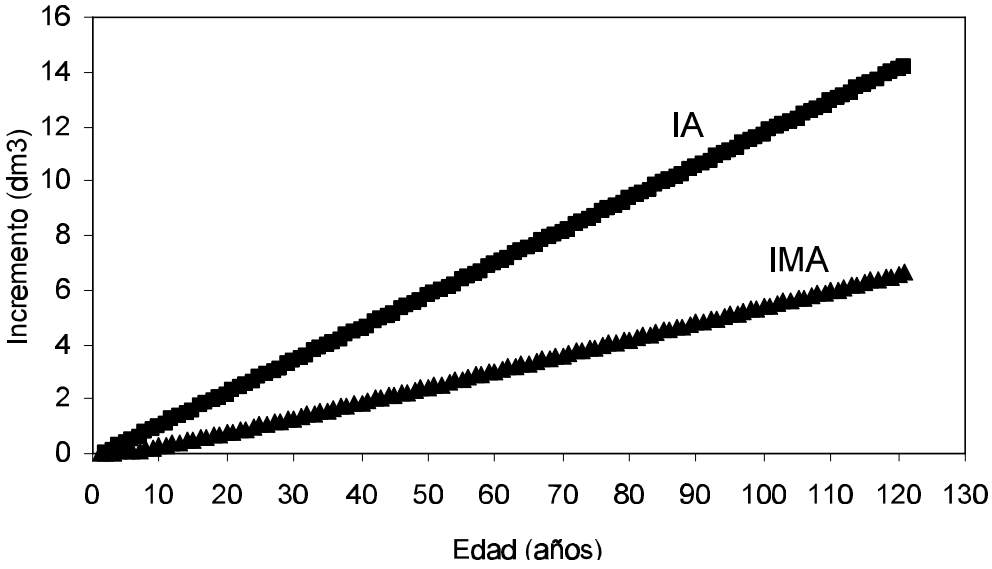


Figura 9. Relación del Incremento anual y el incremento medio anual y la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

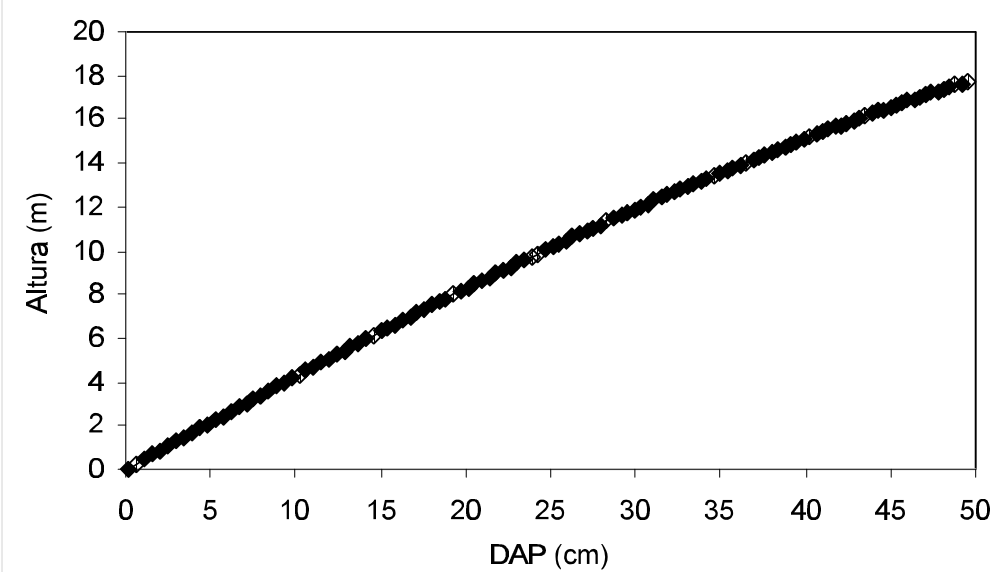


Figura 10. Relación entre la altura total y el DAP en *Schinopsis quebracho-colorado*

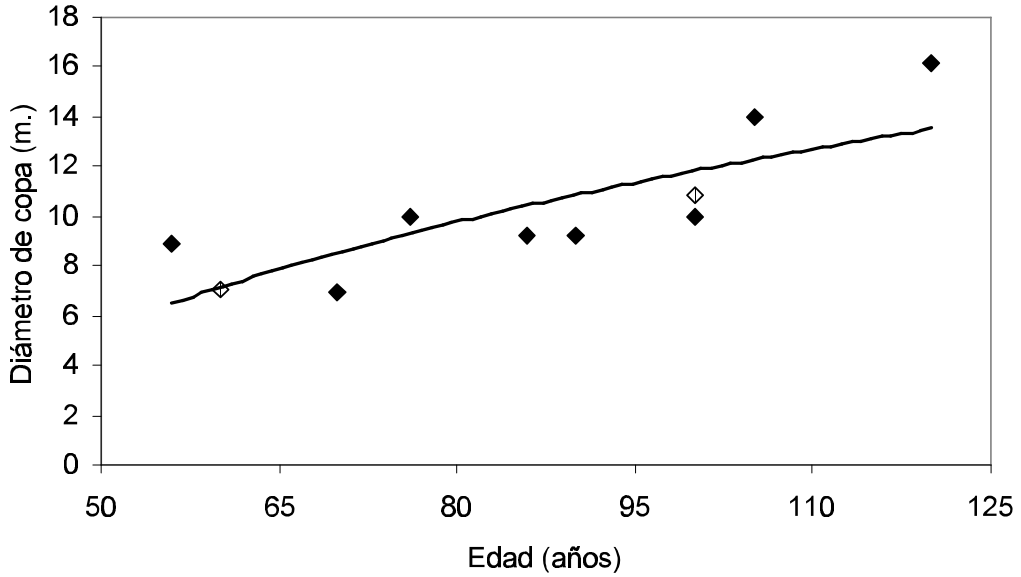


Figura 11. Relación entre el diámetro de la copa y la edad del árbol en *Schinopsis quebracho-colorado*

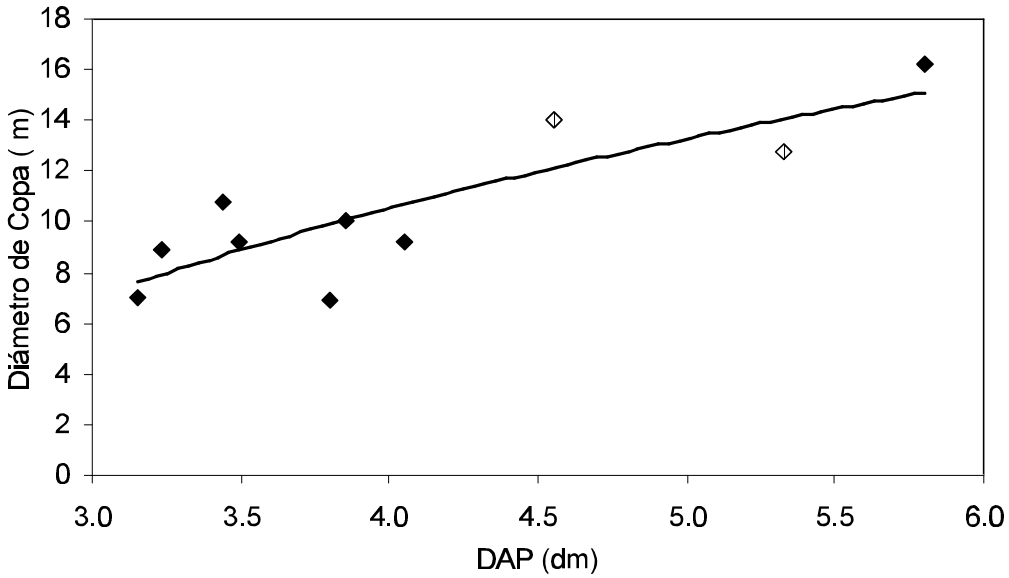


Figura 12. Relación del DAP y el diámetro de copa en árboles de *Schinopsis quebracho-colorado*

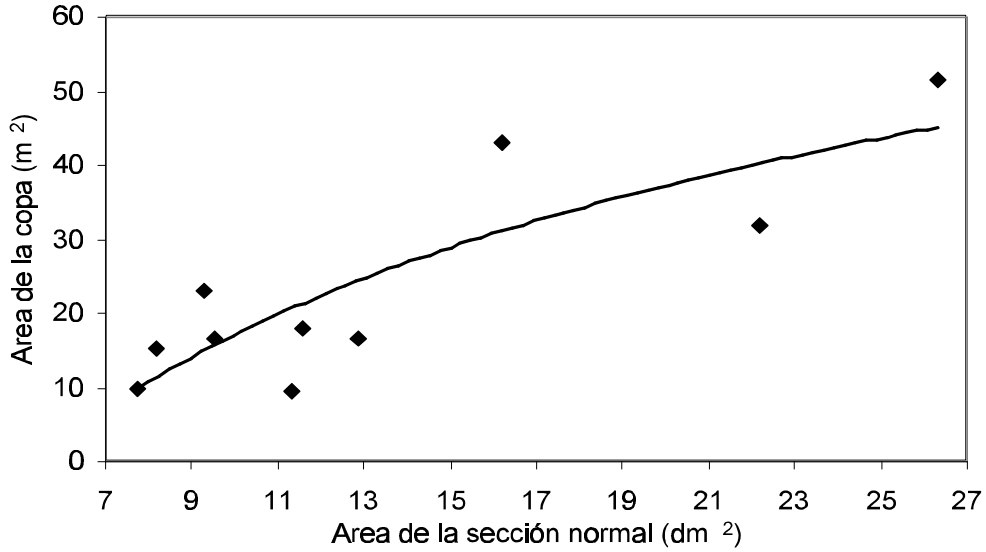


Figura 13- Relación entre el área de la sección normal y el área de la copa en árboles de *Schinopsis quebracho-colorado*

Tabla 2. Relaciones de crecimiento y sus respectivos modelos de regresión

RELACION DE VARIABLES	ECUACION	R^2
Diám. a la altura del pecho (DAP)/edad	$y = 0.0005 x^2 + 0.4671 x - 0.7296$	0.9954
Area de sección normal/edad	$y = 0.1155 x^2 + 2.0243 x – 20.0$	0.9921
Volumen/dad	$y = 59.531 x^2 –1106.7 x + 5311.2$	0.9876
Incremento medio anual (IMA)/edad	$y = 0.00477 x^2 + 50.5440 x - 652.26$	0.9947
Incremento anual (IA)/edad	$y = 2E 14 x^2 + 119.06 x – 1166.2$	0.9902
Anillos de crecimiento/ edad	$y = 0.5 x^2 + 0.0034 x + 0.166$	0.498
Altura/DAP	$y = 0.0005 x^2 + 0.2089 x + 0.5704$	0.9889
DAP/diámetro copa	$y = 12.278 Ln (x) – 6.4839$	0.7116
Area de sección normal/ área de copa	$y = 28.89 Ln (x) – 49.363$	0.7077
Diámetro copa/edad	$y = 9.2036 Ln (x) – 30.556$	0.6311
Altura/edad	$y = 0.0005 x^2 + 0.2075 x - 0.5242$	0.9794

- El diámetro de copa/ edad, diámetro de copa/ DAP, sección de copa/ área de sección normal, se ajustan a funciones logarítmicas
- A la edad de 120 años el crecimiento en sección y volumen están en la etapa de incremento

BIBLIOGRAFIA

Aniol, R. 1991. Computer aided tree rings analysis system, User manual. Schleswig, F.R.G, Alemania.

Araujo, P. y J. Lencinas. 1994. Crecimiento diamétrico y ciclo de corta para quebracho-colorado *Schinopsis quebracho-colorado*. Anuario INSIMA 1994: 1-16.

Assman, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press. Nueva York. 245 p.

Bottges, N. 1990. Die Auswirkung herkommlicher Exploitationsverfahren auf Quebracho- Walder im semiariden Chaco, N W Argentinien. Magisterarbeit Georg-August-Universitat Gottingen. 94 p.

Bravo, S., A. Giménez y C. Kuntz. 1995. Efectos del fuego sobre patrones de crecimiento en leñosas de la región chaqueña. Taller INTA Incendios forestales. 18 p.

Cabrera, A. 1976. Regiones fitogeográfica argentinas. Fascículo 1. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Segunda Edición, Tomo II. Editorial ACME SACI.

Coster, C. 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresringbildung in den Tropen. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 37: 49-160.

Cozzo, D. 1967. La Argentina Forestal. Editorial Universitaria de Buenos Aires. 240p.

Fritts, H. 1976. Tree rings and the climate. Academic Press., New York. 576 p.

Giménez, A. 1994. Efecto de incendios forestales en el crecimiento de *Prosopis kuntzei*. Actas del I Congreso Forestal Latinoamericano, Paraná. Tomo I: 14-24.

Giménez, A. y G. Moglia. 1993. Determinación de patrones de crecimiento de especies leñosas arbóreas de la región chaqueña seca. Revista de Difusión Científica y Tecnológica de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Yvyrateta Año 4, N: 4: 46- 60.

Giménez, A., G. Moglia, C. López, M. Riberi y M. Juárez. 1994. Determinación de patrones de crecimiento de leñosas del Chaco seco: *Schinopsis quebracho-colorado*. Informe Proyecto CICYT UNSE.

Giménez, A., N. Ríos, C. Gaillard y M. Pece. 1996. Estudio de crecimiento de *Prosopis nigra*. Jornadas Argentinas de Prosopis. Santiago del Estero.

Goelz, J. 1996. Open-grown crown radius of eleven bottomland hardwood species: prediction and use in assessing stocking. South. J. Applied For. 20 (3): 156- 161.

Helinska, R., E. Raczkowska y G. Fabisiak. 1991. Radial variation and growth rate in the length of the axial elements of sessile oak wood. IAWA Bull. 12 (3): 257- 262.

Komin, G. 1987. Methods of calculation of growth indices for trees of different age in totality. Unpublished research report.

Larson, P. 1994. The Vascular Cambium. Development and Structure. Springer Series in Wood Science, 720 p.

Ledesma, N. 1973. Características climáticas del Chaco Seco. Ciencia e Investigación Argentina 29 (7-10): 168-181.

Lencinas, J. 1993. Análisis epidométrico de árboles dominantes de Quebracho colorado y estudio de estructuras del rodal en el Chaco seco. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Trabajo final de graduación: 78 p.

Minetti, J. y L. Acuña. 1994. Régimen de variabilidad interanual de las precipitaciones anuales en el centro-este de la Pcia. de Santiago del Estero. INTA. Centro Regional Tucumán, Santiago del Estero.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. 1995. Estudio tecnológico y dendrológico del Género Schinopsis (Anacardiaceae) en la Chiquitania y el Chaco Boliviano. Santa Cruz, Bolivia. 100 p.

Ottorini, J. , N. Le Goff y C. Cluzeau. 1996. Relationships between crown dimensions and stem development in *Fraxinus excelsior*. Canadian J. Forest Res. 26 (3): 394-401.

Perpigñal, E.; M. Balzarini, L. Catalán, L. Pietrarelli y U. Karlin. 1995. Edad de culminación del crecimiento en *Prosopis flexuosa* D.C. en el Chaco Arido Argentino. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 4(1): 45-55.

Ríos, N., A. Giménez y A. Torales. 1996. AE, un programa para el Análisis epidométrico de fuste. III Jornadas Forestales del Chaco, Formosa .

Schweingruber, F. 1989. Tree rings. Basics and applications in Dendrocrhonology Klumer Academic Publishers. 280 p.

Stokes , M. y T. Smiley. 1978. An introduction to tree rings dating. Univ. Chicago Press. Chicago. 120 p.

Thren, M. y H. Zerda. 1994. Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero, Departamentos Copo y Alberdi. Convenio GTZ–UNSE-CFI. 114 p.

Tortorelli, L. 1956 . Maderas y bosques argentinos. Editorial ACME, SACI, Buenos Aires. 891 p.

Worbes, M. 1992. Occurrence of seasonal climate and age of trees in inundation forests, sabanas and a mountain forest in the Neotropics. IAWA Bull.: 10: 109-122.