

# Los anillos de crecimiento de *Centrolobium microchaete* (Fabaceae, Papilionoideae), una herramienta para evaluar el manejo forestal de los bosques secos tropicales del Cerrado boliviano

The Growth rings of *Centrolobium microchaete* (Fabaceae, Papilionoideae), a tool for assessing forest management of tropical dry forests of the Bolivian Cerrado

Lidio López<sup>1,2</sup>, Ricardo Villalba<sup>1</sup> & Marielos Peña-Claros<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Dendrocronología e Historia ambiental, IANIGLA/CONICET, Mendoza C.Correo 130-5500, Mendoza, Argentina

<sup>2</sup>Instituto Universitario de Investigación, Gestión Forestal Sostenible, ETS de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, 34004, Palencia, España

<sup>3</sup>Instituto Boliviano de Investigación Forestal, IBIF, 6204, Santa Cruz, Bolivia.

Autor para correspondencia: [lopez@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:lopez@mendoza-conicet.gob.ar)

## Resumen

La información obtenida a partir de los anillos de crecimiento de *Centrolobium microchaete* fue utilizada para proveer tasas de crecimiento, la edad y el tiempo requerido para alcanzar un determinado diámetro en los distritos Chiquitano y Guarayos de la provincia biogeográfica del cerrado Boliviano. Los crecimientos diamétricos promedios de 0.4 cm para Chiquitos y 0.61cm en Guarayos observados en más de 80 años, indican que la especie tiene un crecimiento lento y variable entre sitios y distritos. Los tiempos necesarios para crecer de una clase diamétrica a otra, reflejan que la especie necesita edades superiores a 100 y 80 años, para alcanzar a los diámetros mínimos de corte (DMC) establecidos en Bolivia. Los resultados indican que el crecimiento de *C. microchaete* es lento, el tiempo necesario para alcanzar los DMC es alto y variable dentro de la región del Cerrado, por lo que imponer pautas fijas dentro de regiones para todas las especies, no sería factible en el tiempo para sostener el manejo forestal de los bosques tropicales de Bolivia. **Palabras clave:** Anillos de crecimiento, Diámetro mínimo de corte y manejo, Tasas de crecimiento diamétrico.

## Abstract

We used information from growth rings of *Centrolobium microchaete* to calculate growth rates, age and time required to reach a certain diameter in the districts of Chiquitos and Guarayos from the biogeographical province of the Bolivian Cerrado. The average annual increment over more than 80 years was 0.41 for Chiquitano and 0.61 cm for Guarayos, which indicate that the growth species is slow and variable between sites and districts. The long times needed to growth from one diameter class to the next one, show that the species require older than 100 and 80 years to reach the minimum cutting diameter (MCD) established in Bolivia. The results indicate that growth

rates are low and variable between species and times to reach the MCD are high, so imposing fixed patterns within regions for all species would not be sustainable on the long range to support Bolivian tropical forest management.

**Keywords:** Growth of rings, Growth rates diameter, Minimum cutting diameter and management.

## Introducción

En Bolivia, el mecanismo que regula la actividad forestal desde el año 1996, es la Ley Forestal 1700 (MDSMA 1997). Entre sus principales herramientas de gestión tiene un plan general de manejo forestal, que establece ciclos de corte fijos (CC) de 20 años en todas las regiones del país. Asimismo establece una tasa máxima de extracción del 80 % y la fijación de un diámetro mínimo de corte (DMC) que varía entre 40-60 cm dependiendo de la especie y la región (MDSMA 1997). Esta política forestal, inicialmente tuvo un efecto positivo motivando a los usuarios del bosque se adhieran a este sistema, lo cual ha incrementado notablemente las superficies de bosque legalmente manejadas en el país (Bolfor II 2008). En la actualidad prueba de ello existen más de 8.3 millones de hectáreas bajo los supuestos de "manejo forestal sostenible", de los cuales 2.1 millones de hectáreas están certificadas como bosques productores de madera (IBCE 2009, CFV 2010). Inicialmente, este régimen ha previsto que todos los usuarios (madereros) evalúen la respuesta de los bosques intervenidos a través del monitoreo en parcelas permanentes de muestreo (PPM). Sin embargo se cumplieron solo para acceder a los derechos forestales y muchas PPM fueron abandonadas beneficiadas por el escaso control del estado (Fredericksen & Peralta 2001). Para cumplir el mismo propósito, existe una Red Nacional de PPM situadas en las eco regiones más importantes del país, pero la corta extensión de los datos hasta ahora no ha permitido evaluar los impactos y validar biológicamente las pautas forestales propuestas inicialmente (Dauber *et al.* 2005). Sin duda para que este proceso de validación sea acelerado, se requiere de nuevas técnicas que brinden información precisa

y rápida, ya que los métodos tradicionales requieren varios años, incluso décadas de monitoreo para que los primeros resultados tengan validez (Brienen & Zuidema 2006, Villalba *et al.* 2006, López 2010).

Como una alternativa, económicamente viable, están los anillos de crecimiento de los árboles, con los cuales se puede evaluar la sostenibilidad del manejo forestal de los bosques intervenidos y proveer información sobre tasas de incremento pasadas y presentes (Villalba *et al.* 2006). En algunas regiones del mundo, los anillos de crecimiento de árboles fueron empleados para dar respuesta a una serie de interrogantes ecológicas y de manejo forestal. En los bosques de África Central se utilizaron para la determinación de los DMC y la edad de los árboles cosechables (Stahle *et al.* 1999, Worbes *et al.* 2003, Therrell *et al.* 2007). En la Amazonía brasileña, los anillos de crecimiento se emplearon para estimar los DMC y CC, para especies con alta y baja densidad leñosa (Schöngart 2008). En la Amazonía de Bolivia, con los anillos de crecimiento se establecieron proyecciones a largo plazo del manejo forestal y a su vez se estimaron los porcentajes de aprovechamiento en los próximos CC (Brienen 2005, Brienen & Zuidema 2006, Brienen *et al.* 2006). Para los bosques del Cerrado Boliviano usando marcas de fuego en el leño de los árboles, se determinó la anualidad y las tasas de crecimiento para 11 especies forestales (López 2003, López *et al.* 2009). Asimismo, para especies que mostraron un patrón común de crecimiento, se determinó su relación con las variables climáticas regionales (López & Villalba 2010).

La región del Cerrado boliviano se encuentra entre los más productores de madera y de productos no maderables importante a nivel

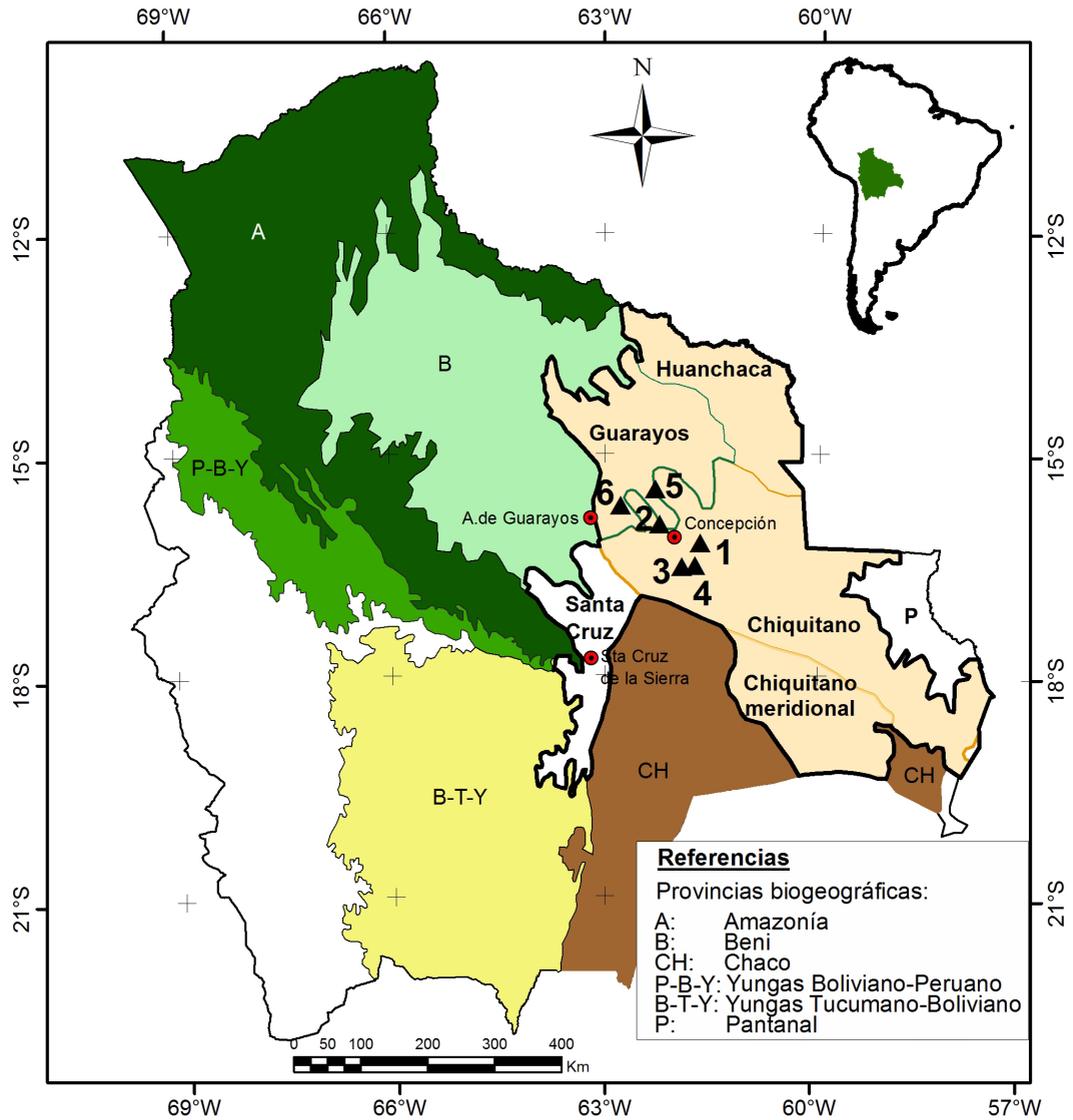
de Bolivia, no sólo en términos de volúmenes aprovechables sino también porque provee madera finas y de buena calidad (Justiniano & Fredericksen 1998b, Mostacedo *et al.* 2009). En esta región *Centrolobium microchaete* tiene una distribución casi específica y se encuentra entre las seis primeras especies de mayor importancia ecológica dentro de los bosques del Cerrado Boliviano (Killeen *et al.* 1993, Justiniano & Fredericksen 1998b). Esta especie maderable es considerada de rápido crecimiento en el Cerrado boliviano (Dauber *et al.* 2005). Mediante la evaluación del crecimiento en diámetro a través del uso de sus anillos anuales, puede emplearse para validar si las pautas forestales que establecen CC y DMC fijos dentro de regiones para todas las especies.

El presente estudio empleó los anillos de crecimiento de *Centrolobium microchaete* con los cuales se determinaron: 1) Las tasas de crecimiento diamétrico y su variación en 100 años para dos distritos de una misma provincia. 2) La variación o consistencia del crecimiento de los árboles a edades y tamaños diamétricos diferentes. 3) ¿Cuáles es la edad necesaria para que esta especie alcance los DMC y qué diámetro promedio puede alcanzar en ciclos de corte de 20 años?

### Área de estudio

La provincia biogeográfica del Cerrado boliviano (Navarro & Maldonado 2004) corresponde al sector boliviano de la provincia del Cerrado, una de las más extensas de América del Sur; extendiéndose desde el centro-norte de Brasil hasta el este de Bolivia y noreste de Paraguay. En la clasificación biogeográfica de Cabrera & Willink (1973), esta formación también es llamada provincia del Cerrado. Los sitios de estudio se ubicaron en los distritos de Chiquitos y Guarayos como se muestra en la Figura 1, los mismos forman parte de los cinco que tiene la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano (Navarro & Maldonado 2004). En el distrito biogeográfico Chiquitano se localizan los sitios

de Concepción, Santa Anita y Zapocó, mientras que al distrito biogeográfico de Guarayos pertenecen las localidades de Santa Mónica, Makanaté y La Chonta (Tabla 1). Los distritos de Chiquitos y Guarayos incluyen bosques que se extienden desde las formaciones húmedas tropicales y sus áreas de transición (Chiquitano-amazónico) hasta las sabanas húmedas del pantanal y los bosques caducifolios del Chaco boliviano (Killeen *et al.* 1993). Los distritos de Chiquitos y Guarayos cubren una importante amplitud territorial (Fig. 1) y cuentan con una alta biodiversidad característica de ambientes tropicales estacionales. Particularmente el distrito biogeográfico chiquitano presenta, en general, suelos poco profundos y muy rocosos sobre relieves dominados por serranías y mesetas. En tanto que el distrito de Guarayos, presenta suelos moderadamente a bastante profundos, con mayor capacidad de retención de humedad (Killeen *et al.* 1993, Navarro & Maldonado 2004). Las temperaturas medias anuales para un intervalo de 1943–2006 y 1947–2006 son de 24.2°C para el distrito Chiquitano (estación meteorológica de Concepción) y 23.8°C para el distrito Guarayos (estación meteorológica de Ascensión de Guarayos). La precipitación total anual, se caracteriza por una marcada estacionalidad, la cual varía de 1.094-1.267 mm en Concepción y 1.400-1.600 mm en Guarayos. Dados los menores niveles de precipitación en Concepción, la estación seca invernal se extiende durante seis meses (abril–septiembre), un mes más que en Guarayos (mayo–septiembre). Las diferencias en la cantidad total de precipitación y la duración de la estación seca determinan que los bosques del distrito biogeográfico de Guarayos tengan más elementos característicos de los bosques tropicales húmedos que los bosques chiquitanos. Asimismo, el dosel superior alcanza alturas mayores en los bosques de Guarayos (20-30 m) que en Chiquitos (15-25 m). Particularmente los bosques de los distritos Guarayos y Chiquitos están dominados por leguminosas, aspecto característico de los



**Figura 1.** Mapa de las provincias biogeográficas de Bolivia (tomado de Navarro & Maldonado 2004). La provincia biogeográfica del Cerrado se ha delimitado con una línea continua más gruesa y los 5 distritos que la forman están identificados con sus respectivos nombres. Se muestra además la ubicación de las áreas de estudio (▲): 1. Concepción, 2. Santa Mónica, 3. Santa Anita, 4. Zapocó, 5. Makanaté y 6. La Chonta.

**Tabla 1.** Localización geográfica de los sitios de estudio en los dos distritos (Chiquitano y Guarayos) de la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano. Se indica las principales pautas forestales actualmente consideradas en cada sitio, el rango diamétrico a la altura del pecho (1.30 cm), tomado en el campo para todos los árboles analizados y el número de árboles por sitio.

| Provincia biogeográfica del Cerrado boliviano |                    | Localización geográfica en Bolivia |          |            | Pautas del manejo forestal |        | Características de la muestra |               |
|---|--------------------|------------------------------------|----------|------------|----------------------------|--------|-------------------------------|---------------|
| Distrito                                      | Sitio              | Lat. S.                            | Long. W. | Altura (m) | CC Años                    | DMC cm | Rango Dap.                    | N° de árboles |
| Chiquitano                                    | Concepción         | 16° 22'                            | 61° 58'  | 503        | 25                         | 40     | 41-90                         | 38            |
|   | Santa Anita        | 16° 32'                            | 61° 55'  | 423        | 25                         | 40     | 41-70                         | 36            |
|   | Zapocó             | 16° 27'                            | 61° 44'  | 464        | 25                         | 40     | 35-55                         | 23            |
| Guarayos                                      | Santa Mónica       | 15° 56'                            | 62° 22'  | 420        | 25                         | 50     | 43-60                         | 50            |
|   | Makanaté           | 15° 29'                            | 62° 17'  | 246        | 25                         | 50     | 44-65                         | 26            |
|   | Guarayos-La Chonta | 15° 38'                            | 62° 46'  | 250        | 25                         | 50     | 28-82                         | 24            |

bosques tropicales (Killeen *et al.* 1993, Uslar *et al.* 2003) y tienen entre los géneros más abundantes a *Centrolobium* (familia Fabaceae).

### Descripción y distribución de la especie

El género *Centrolobium* (familia Fabaceae) es típicamente neotropical con aproximadamente seis especies distribuidas desde Panamá hasta el sur de Bolivia, específicamente en la región chiquitana (Killeen *et al.* 1993). Sus especies son características de bosques subhúmedos a secos, semidecíduos a deciduos ubicados en las regiones marginales del Escudo Precámbrico brasileño. *Centrolobium microchaete* (C. Martius ex Benth.) Lima ex G. P. Lewis (Fabaceae) - localmente conocido como "tarara", "tarara amarilla" o "madera canaria" - es un árbol que alcanza entre 18 y 30 m de altura y hasta 70 cm de diámetro (Killeen *et al.* 1993).

En Bolivia esta especie es abundante en las regiones centro, este y norte del departamento de Santa Cruz (Chichignoud 1990) donde se encuentra entre 240-500 m de altitud (Tabla 1). Esta especie es semidecídua, no tolerante a la sombra y se regenera mayormente a

través de rebrotes. Según, Justiniano & Fredericksen (1998) *C. microchaete* es propia de bosques subhúmedos, semidecíduos y semi siempreverdes de las regiones marginales del Precámbrico; aunque la delimitación de su distribución en países vecinos todavía es confusa (Killeen *et al.* 1993, Justiniano & Fredericksen 1998a). Los árboles de esta especie tienen generalmente el fuste recto y cilíndrico. Posee una corteza externa ligeramente fisurada o agrietada, con las fisuras longitudinales muchas veces formando pequeñas placas más o menos cuadriláteras, de color gris claro tornándose oscuro a medida que el árbol crece y alcanza mayores edades (Justiniano & Fredericksen 1998a).

La madera de *C. microchaete* tiene una densidad básica de 0.58 g/cm<sup>3</sup> y presenta una albura de color blanco-amarillento y duramen amarillo o anaranjado, con franjas muy finas rojas, moradas o negras y es empleada para la elaboración de muebles, objetos artesanales y utensilios caseros (Killeen *et al.* 1993, Justiniano & Fredericksen 1998b). Los anillos de crecimiento están definidos por la presencia de vasos con lúmenes más grande al

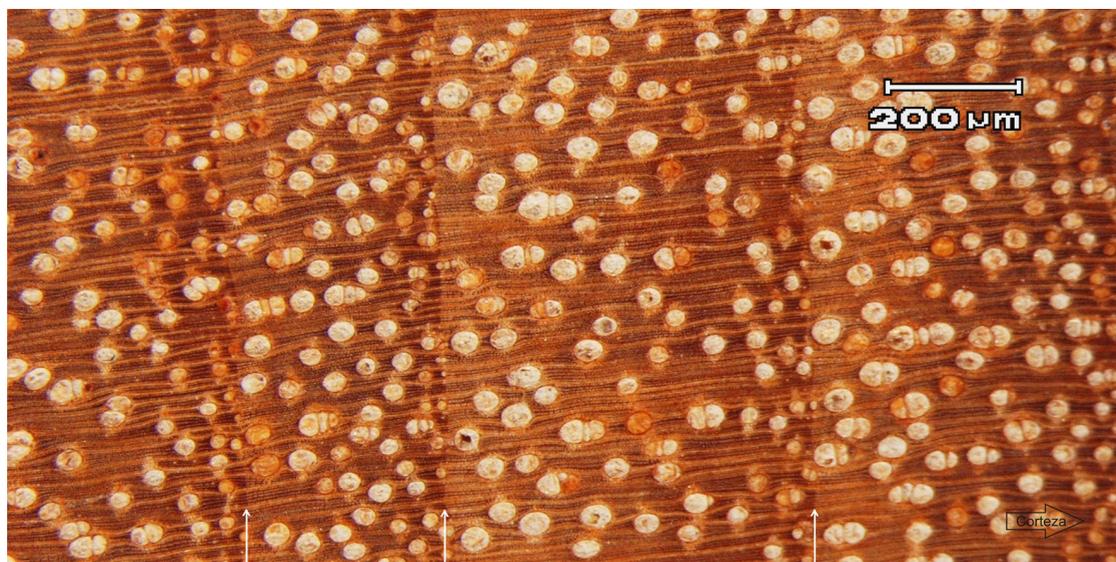
comienzo del ciclo de crecimiento (porosidad circular a semicircular). Se observa un mayor porcentaje de fibras en el leño tardío y una banda muy delgada, pero continua, de tejido parenquimático terminal (López & Villalba 2010). Los vasos son medianos a grandes, solitarios y múltiples radiales, rodeados por parénquima axial. Los radios leñosos son medianos, numerosos y bien marcados (Fig. 2).

### Colección de muestras

En la tabla 1 se presenta las características más importantes de los seis sitios de estudio de donde se realizaron los muestreos del material leñoso de la especie forestal *Centrolobium microchaete*. Los seis sitios de muestreo cuentan con bosques manejados, dos de ellos pertenecen a la categoría de concesiones forestales (Guarayos–La Chonta y Concepción) con superficies de bosque de 100 y 30 mil hectáreas, respectivamente (SmartWood 2004, 2005). Los restantes cuatro sitios (Santa Mónica, Santa Anita, Zapocó y

Makanaté) corresponden a bosques manejados por comunidades originarias, la superficie de éstas no superan las 10 mil hectáreas. Los sitios de Guarayos–La Chonta, Concepción y Santa Mónica, cuentan con el total de su superficie concesionada con la certificación por el Consejo de Administración Forestal (FSC) (IBCE 2009, CFV 2010). En los sitios correspondientes al distrito biogeográfico de Guarayos, el DMC está destinado a árboles con diámetros igual o superior de 50 cm. Por su parte, en los sitios del distrito chiquitano, el DMC es de 40 cm (Tabla 1).

Según la Norma Técnica (248/98) establecida por la Ley Forestal 1700, los CC en Bolivia no deben ser menores a 20 años (MDSMA 1997). En términos biológicos, los CC pueden ser justificados de acuerdo a las distribuciones diamétricas y las tasas de crecimiento en cada plan de manejo forestal, por lo que en su mayoría los sitios correspondientes al Cerrado boliviano establecieron los CC en 25 años (Bolfor 2003, SmartWood 2004, 2005). En ambos distritos la superficie del área anual de aprovechamiento (AAA) se designa dividiendo el área total de la



**Figura 2.** Sección transversal leñosa de *Centrolobium microchaete* que muestra los límites de los anillo anuales de crecimiento (Flechas verticales) determinado por los grandes vasos en la en el leño temprano y abundantes fibras, más oscuras en el leño tardío.

concesión forestal por 25 años, cuya superficie deberá aprovecharse cada año (SmartWood 2004, Dauber *et al.* 2005, SmartWood 2005). En general en los seis sitios de muestreo, las AAA están divididas en bloques de 100 hectáreas, dentro de dos bloques por sitio se colectaron las secciones transversales del fuste de los árboles de *C. microchaete* que eran cortas para obtener maderas. Según el número de árboles por categorías diamétricas entre 40-50 y 50-60 cm, *C. microchaete* posee una densidad promedio de 0.46-0.10 individuos/ha, respectivamente (Justiniano & Fredericksen 1998b, Mostacedo *et al.* 2009). Por lo tanto, el número de muestras por sitio fue variado de acuerdo a la densidad poblacional de la especie dentro una superficie de 200 hectáreas. Las muestras se obtuvieron mediante el uso de motosierra. Dada la dureza que caracteriza a la mayoría de las maderas de esta región, no pueden emplearse los barrenos de incremento tradicionales, los que han sido diseñados para maderas de menor densidad (López 2003). Asimismo, la mayor dificultad en la tarea de delimitar con precisión los anillos de crecimiento en estas especies obliga a trabajar con secciones transversales del fuste de los árboles, en lugar de los tradicionales tarugos de 5 mm de espesor. Contar con secciones transversales o cuñas de los árboles permite tener una mejor visión del plan leñoso y aumenta la precisión en la determinación y medición del espesor de los anillos de crecimiento (López 2010). La mayoría de las muestras fueron tomadas a alturas del fuste que oscilaron entre 1.5-2 m, dependiendo del alcance de los contrafuertes en el fuste y de los procesos de apeo y saneado de los troncos. El corte durante el apeo de los árboles fue generalmente realizado por encima de los contrafuertes, en la parte más circular del fuste.

### Procesamiento de muestras

Las muestras fueron pulidas y fechadas visualmente siguiendo los criterios de Stokes & Smiley (1968). Se describieron

macroscópicamente las características más prominentes del leño, observables a simple vista o con ayuda de una lupa, así como la distribución, el tamaño y tipo de elemento del leño que facilita la delimitación de los anillos de crecimiento (Fig. 1, López & Villalba 2010). Una vez definido el patrón anatómico que delimita a los anillos de crecimiento, se procedió al fechado y co-fechado, la base de este proceso estuvo dada por la correcta visualización del patrón anatómico que delimita a los anillos de crecimiento. Este patrón fue visualmente comparado con los dos radios de un mismo árbol y entre árboles de una misma especie para cada uno de los seis sitios muestreados. Los anillos anuales fueron asignados al año de comienzo de la formación del leño siguiendo la convención para el hemisferio sur de Schulman (1956). En aquellos árboles que presentaron dificultades para realizar una precisa delimitación al año de formación de los anillos de crecimiento, se fecharon dos o más radios opuestos de una sección transversal de un mismo árbol. Si el número de anillos determinado en un radio no fue el mismo que en el radio del sentido opuesto, los radios fueron reexaminados hasta lograr una coincidencia en el número de anillos en ambos radios de la misma sección transversal. Una vez determinada la edad de los árboles para cada sitio se procedió a medir el espesor de los anillos de crecimiento, mediante una tableta Velmex UniSlide conectada a un contador digital Metronics Quick-Chek QC-10V con una precisión de 0.001 mm.

### Estadísticas para la estimación del incremento

A partir de las mediciones radiales del ancho de los anillos de crecimiento, los datos de crecimiento expresados en mm, fueron convertidos a cm y posteriormente transformados en área basal (expresados en m<sup>2</sup>). Para este proceso se empleó el programa (AGE) para el crecimiento de los árboles por

la edad de la DPL (Librería de Programas para Dendrocronología) (Holmes 1983). El incremento corriente anual (ICA) corresponde al incremento diamétrico del árbol para un determinado año. El ICA se calcula restando el crecimiento acumulado (CA) correspondiente al año menos el tamaño que tenía el árbol en el año anterior  $t - 1$ :

$$ICA = CA_t - CA_{t-1}$$

El incremento medio anual (IMA) resulta de dividir el CA para el año por años, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$IMA = \frac{CA_t}{t}$$

Los incrementos diamétricos acumulados, corrientes y medios resultan de promediar los valores radiales correspondientes a dos radios (por lo general opuestos) dentro de una misma sección transversal. El crecimiento diamétrico acumulado por sitio fue determinado promediando los crecimientos individuales considerando la edad biológica de cada serie y no su fecha calendario.

Para ello e independiente de la fecha calendario, se asignó al anillo central (en contacto con la médula) en cada sección transversal el año  $t = 1$ . De esta forma, el crecimiento diamétrico medio acumulado resulta de promediar todos los crecimientos acumulados en base a la edad biológica de cada serie. En forma similar, el crecimiento diamétrico corriente medio se obtuvo promediando los valores provenientes de cada uno de los individuos teniendo en cuenta la edad biológica de cada muestra. El error de estimación de ICA se obtuvo del incremento diamétrico anual de todos los árboles de un sitio para un mismo año

Las diferencias de crecimiento fueron evaluadas durante periodos comunes (100 años) en los cuales el número de individuos fue el más elevado posible en base al número total de individuos colectados. Finalmente para

cada tamaño diamétrico se determinó el tiempo transcurrido y acumulado que requiere esta especie hasta alcanzar un determinado tamaño y el DMC propuesto para *C. microchaete* en los bosques de la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano.

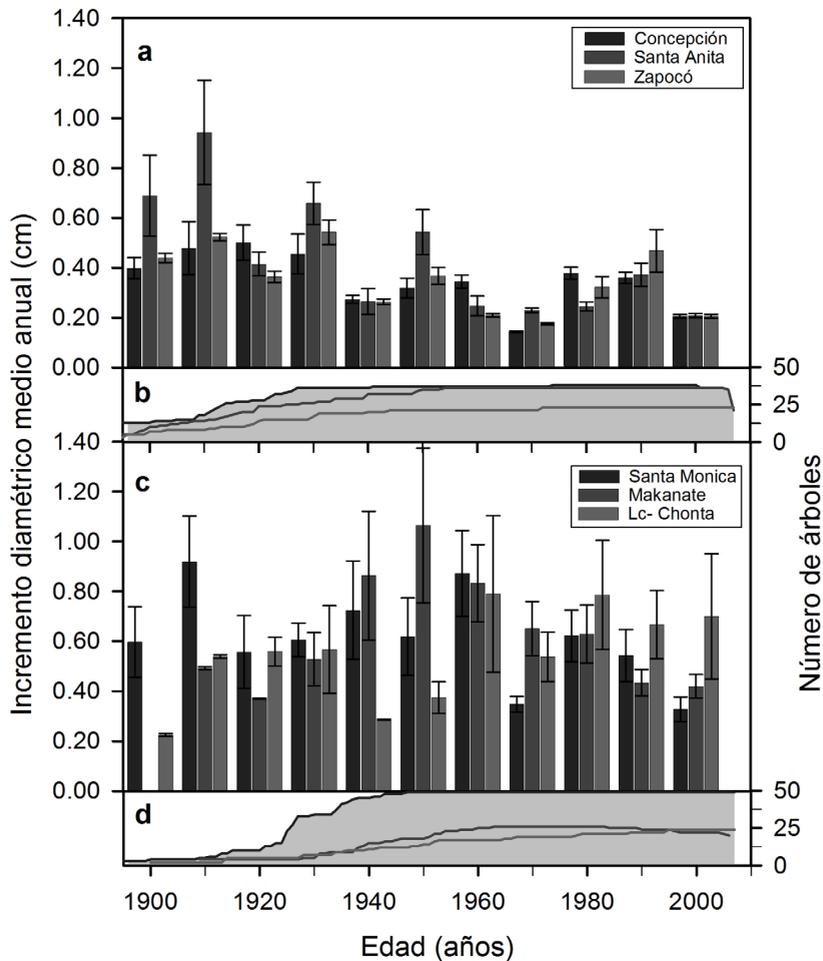
## Resultados

En los tres sitios correspondientes al distrito chiquitano algunos árboles de *C. microchaete* alcanzaron edades superiores a 150 años, sin embargo los crecimientos fueron evaluados durante periodos comunes de 100 años que incluyen 10 ó más ejemplares (Figs. 3a y b). Para este intervalo de 100 años, el crecimiento diamétrico presentó algunas variaciones muy marcadas, sobre todo los primeros 60 años. A partir del año 2000, el crecimiento en los tres sitios es similar. Los periodos donde las tasas de crecimiento en los tres sitios son más bajas corresponden a los años 1940, 1965-1975 y 2000. Por su parte, desde 1900 hasta aproximadamente 1930, el crecimiento tiene la mayor variación, cuyos valores fluctúan entre 0.40-0.90 cm de diámetro. Asimismo desde 1900 hasta 1950, las tasas de crecimiento más altas corresponden a la localidad de Santa Anita y las más bajas a Concepción (Fig. 3a).

Sin embargo, en el distrito de Guarayos - donde el número de ejemplares es superior a 10 árboles desde 1900 (intervalo de estudio 1900-2005) - se observó una mayor variabilidad del crecimiento diamétrico entre sitios, si se compara con los sitios del distrito Chiquitos (Fig. 3d). Asimismo, esta especie en algunos años puede alcanzar crecimientos superiores a 1 cm en la localidad de Santa Anita en 1910, mientras que en otros sitios solo puede crecer 0.20 cm de diámetro (INPA 1970). En general, se observa que el crecimiento medio anual de *C. microchaete* en los sitios correspondientes al distrito biogeográfico de Guarayos alcanza tasas mayores en comparación a los sitios del distrito chiquitano (Figs. 3a, c).

En los sitios del distrito biogeográfico chiquitano, el crecimiento diamétrico no presenta fluctuaciones marcadas que permita distinguir un patrón dominante por clase diamétrica (Fig. 3a). Sin embargo, el crecimiento anual de *C. microchaete* es variable entre clases diamétricas. Generalmente, los mayores crecimientos se observaron en tamaños

diamétricos menores, particularmente hasta cuando los árboles alcanzaron 30 cm. Excepto Concepción, las tasas más altas se observaron entre los 20-40 cm (Fig. 4a). Claramente en los tres sitios de este distrito, el crecimiento diamétrico es menor en clases diamétricas más grandes o superior a los 30 cm. Este patrón es menos distinguishable en los sitios del distrito de

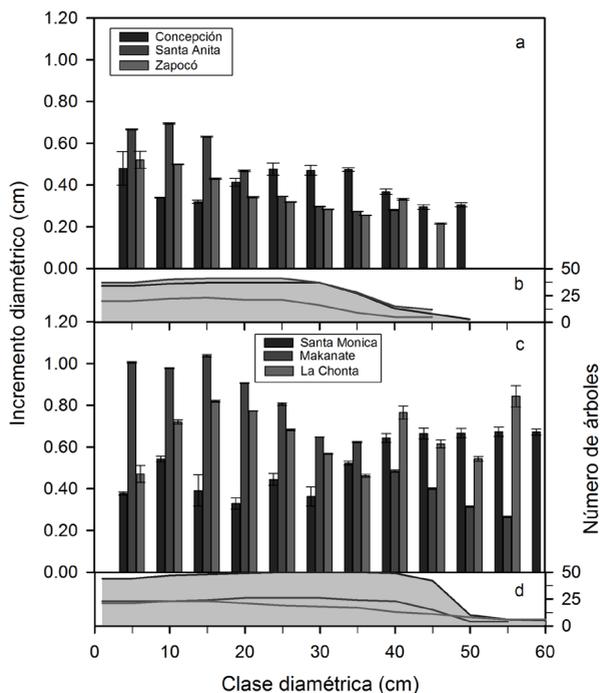


**Figura 3.** Variación interanual y el error de estimación para un periodo de 100 años del crecimiento diamétrico de *Centrolobium microchaete* en dos distritos de la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano. a. Distrito chiquitano, b. número de árboles y sus edades para estimar las tasas de crecimiento, c. sitios del distrito de Guarayos y d. longevidad y número de árboles.

Guarayos (Fig. 4c), aunque en ambos sitios el crecimiento es más uniforme entre las clases diamétricas de 30 y 40 cm (Fig. 4c). El sitio de Makanaté tiene las tasas de crecimiento más altas en diámetros menores, a medida que las clases diamétricas aumentan de tamaño disminuye notablemente el crecimiento (Fig. 4c).

Los tiempos estimados para que los árboles de *C. microchaete* pasen de un determinado diámetro al siguiente en los sitios del distrito Chiquitos, generalmente son mayores que el distrito de Guarayos (Tabla 2). Cuando el crecimiento es óptimo, esta especie requiere 14 años para crecer de 1-10 cm de diámetro en la localidad de Santa Anita, en cambio cuando

el crecimiento es más lento requiere entre 36 años para crecer de 31-40 cm. Asimismo, en los tres sitios de este distrito se requieren de 100-112 años para alcanzar el DMC propuesto para este distrito (40 cm, Tabla 2). El IMA para alcanzar los 40 cm de DMC fueron de 0.41 cm para Concepción, 0.44 cm para Santa Anita y 0.37 cm para la localidad de Zapocó. En cuanto al promedio regional, el incremento medio anual de *C. microchaete* cuando alcanza diámetros de 40 cm es de 0.41 cm a una edad media de 107 años. Asimismo, el tiempo promedio necesario para crecer diámetros de 10 cm, es 26.7 años y los diámetros que requieren menor tiempo generalmente son las clases diamétricas menores (Tabla 2). En las localidades correspondientes



**Figura 4.** Crecimiento medio por tamaño diamétrico para *Centrolobium microchaete* en dos distritos de la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano. a. Sitios del distrito chiquitano, b. longevidad y número de árboles incluidos en este análisis, c. sitios del distrito Guarayos y d. longevidad y número de árboles en los sitios del distrito Guarayos.

**Tabla 2.** Crecimiento radial por clase diamétrica y los tiempos transcurridos y acumulados necesarios para que *Centrolobium microchaete* pase de una clase diamétrica a la siguiente hasta alcanzar el DMC en los sitios del distrito biogeográfico chiquitano (DMC=40 cm). Para cada sitio se reporta el número de ejemplares incluidos y al final un promedio regional para este distrito.

| Distrito biogeográfico chiquitano<br>Sitios de estudio |                         | Clase diamétrica (cm) |       |       |       | Promedio |
|--|-------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|----------|
|  |                         | 1-10                  | 11-20 | 21-30 | 31-40 |          |
| Concepción   |                         |                       |       |       |       |          |
|  | IMA (cm)                | 0.43                  | 0.36  | 0.47  | 0.41  | 0.41     |
|  | Tiempo requerido (años) | 18                    | 26    | 29    | 37    | 27.5     |
|  | Tiempo acumulado (años) | 18                    | 44    | 73    | 110   |          |
|  | Número de árboles       | 36                    | 37    | 37    | 13    | 30       |
| Santa Anita  |                         |                       |       |       |       |          |
|  | IMA (cm)                | 0.68                  | 0.53  | 0.31  | 0.27  | 0.44     |
|  | Tiempo requerido (años) | 14                    | 18    | 31    | 36    | 24.7     |
|  | Tiempo acumulado (años) | 14                    | 33    | 64    | 100   |          |
|  | Número de árboles       | 39                    | 40    | 37    | 15    | 32       |
| Zapocó   |                         |                       |       |       |       |          |
|  | IMA (cm)                | 0.53                  | 0.38  | 0.3   | 0.28  | 0.37     |
|  | Tiempo requerido (años) | 18                    | 26    | 33    | 35    | 28       |
|  | Tiempo acumulado (años) | 18                    | 44    | 77    | 112   |          |
|  | Número de árboles       | 22                    | 21    | 18    | 8     | 17       |
| Promedio regional                                      |                         |                       |       |       |       |          |
|  | IMA (cm)                | 0.55                  | 0.42  | 0.36  | 0.32  | 0.41     |
|  | Tiempo requerido (años) | 16.6                  | 23.3  | 31.0  | 36.0  | 26.7     |
|  | Tiempo acumulado (años) | 16.6                  | 40.3  | 71.3  | 107.3 |          |
|  | Número de árboles       | 32                    | 33    | 31    | 12    | 26       |

al distrito biogeográfico de Guarayos, donde el DMC propuesto para *C. microchaete* fue de 50 cm; los tiempos necesarios para alcanzar dicho diámetro son similares entre sitios. Las localidades que requieren menor tiempo para alcanzar 50 cm de diámetro son Makanaté y La Chonta, donde solo necesitaron de 80 años;

en cambio en Santa Mónica requirió 86 (Tabla 3). El sitio que menor tiempo requiere para crecer diámetros de cada 10 cm es Makanaté, en promedio requiere 16 años. Así mismo, este sitio presenta el mayor valor del incremento medio anual, siendo de 0.71 cm; en cambio La Chonta tiene 0.63 cm y Santa Mónica 0.48 cm.

El promedio regional para este distrito muestra que *C. microchaete* alcanza un incremento medio anual de 0.61 cm en un tiempo medio de 82 años, edad necesaria para crecer 50 cm de diámetro. Asimismo el tiempo requerido para crecer diámetros de cada 10 cm, en promedio necesita 16.4 años en el distrito de Guarayos (Tabla 3).

Finalmente los árboles de *C. microchaete* en el distrito Chiquitos para alcanzar un

crecimiento diamétrico de 40 cm, requieren edades superiores a los 100 años. En cambio, en el distrito de Guarayos donde el crecimiento corriente anual es mayor, esta especie necesita edades superiores a 80 años para crecer un diámetro 50 cm (Fig. 4a).

Los crecimientos acumulados en área basal muestran un patrón de distribución similar entre sitios de un mismo distrito (Fig. 4b). En los

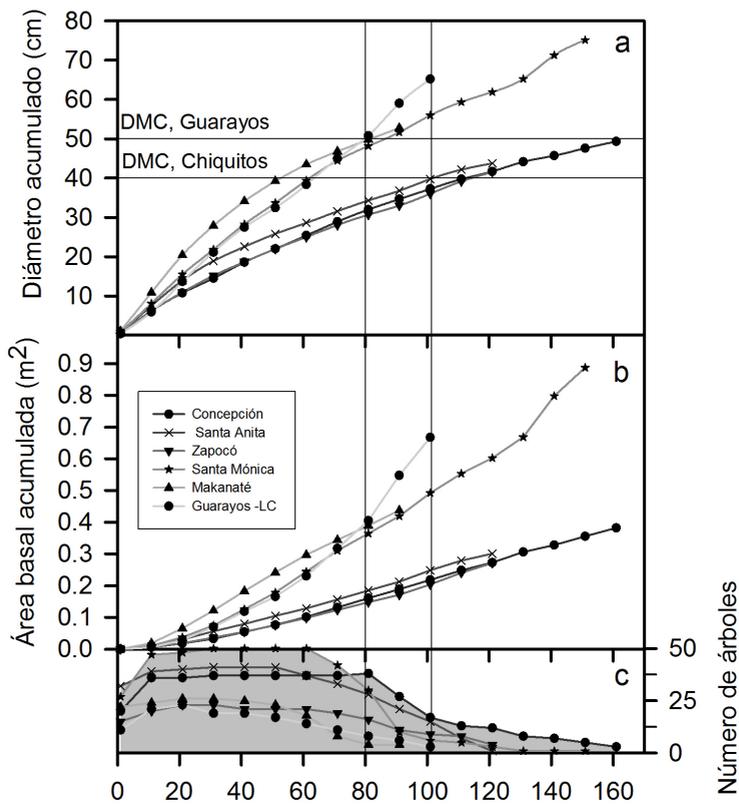
**Tabla 3.** Crecimiento radial por clase diamétrica y los tiempos transcurridos y acumulados necesarios para que *Centrolobium microchaete* pase de una clase diamétrica a la siguiente hasta alcanzar el DMC propuesto para los sitios del distrito biogeográfico de Guarayos (DMC=50 cm). Al final de la tabla se reporta un promedio regional.

| Distrito biogeográfico de Guarayos |                         | Clase diamétrica (cm) |       |       |       |       | Promedio |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
|                                    |                         | 1-10                  | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 |          |
| Sitios de estudio                  |                         |                       |       |       |       |       |          |
| Santa                              |                         |                       |       |       |       |       |          |
| Mónica                             | ICA (cm)                | 0.43                  | 0.35  | 0.39  | 0.58  | 0.66  | 0.48     |
|                                    | Tiempo requerido (años) | 14                    | 15    | 16    | 18    | 23    | 17.2     |
|                                    | Tiempo acumulado (años) | 14                    | 29    | 45    | 63    | 86    |          |
|                                    | Número de árboles       | 47                    | 49    | 50    | 49    | 13    | 41       |
| Makanaté                           |                         |                       |       |       |       |       |          |
|                                    | ICA (cm)                | 0.99                  | 0.97  | 0.72  | 0.54  | 0.35  | 0.71     |
|                                    | Tiempo requerido (años) | 10                    | 10    | 14    | 18    | 28    | 16       |
|                                    | Tiempo acumulado (años) | 10                    | 20    | 34    | 52    | 80    |          |
|                                    | Número de árboles       | 23                    | 26    | 26    | 23    | 7     | 21       |
| Guarayos                           |                         |                       |       |       |       |       |          |
| La Chonta                          | ICA (cm)                | 0.59                  | 0.79  | 0.61  | 0.58  | 0.57  | 0.63     |
|                                    | Tiempo requerido (años) | 16                    | 13    | 16    | 18    | 17    | 16       |
|                                    | Tiempo acumulado (años) | 16                    | 29    | 45    | 63    | 80    |          |
|                                    | Número de árboles       | 23                    | 21    | 18    | 13    | 8     | 17       |
| Promedio regional                  |                         |                       |       |       |       |       |          |
|                                    | ICA (cm)                | 0.67                  | 0.70  | 0.57  | 0.57  | 0.53  | 0.61     |
|                                    | Tiempo requerido (años) | 13.3                  | 12.7  | 15.3  | 18.0  | 22.7  | 16.4     |
|                                    | Tiempo acumulado (años) | 13.3                  | 26.0  | 41.3  | 59.3  | 82.0  |          |
|                                    | Número de árboles       | 31.0                  | 32.0  | 31.3  | 28.3  | 9.3   | 26       |

sitios correspondientes al distrito de Guarayos pueden alcanzar un promedio de 0.4 m<sup>2</sup> en 80 años. Por su parte, en los sitios del distrito chiquitano con tasas más bajas de producción, no superan un promedio los 0.2 m<sup>2</sup> en 100 años de edad. En promedio los sitios del distrito de Guarayos pueden alcanzar un área basal acumulada de 0.9 m<sup>2</sup> en 160 años, en cambio los sitios del distrito chiquitano solo alcanzan 0.4 m<sup>2</sup> en 170 años (Fig. 5b).

No obstante, en los sitios correspondientes al distrito biogeográfico chiquitano cuando

el número de ejemplares es menor a cinco árboles, *Centrolobium microchaete* alcanza edades longevas en comparación a otras especies de estas regiones tropicales. Las edades observadas en algunos árboles *C. microchaete* en la localidad de Concepción fueron de 170 años, por su parte en Santa Anita se observaron edades 127 y 126 en la localidad de Zapocó. En cambio, los sitios del distrito biogeográfico de Guarayos tienen edades menos altas, las estimadas fueron de 160 años para Santa Mónica, 107 para Makanaté y 100 en Guarayos-La Chonta (Fig. 5a).



**Figura 5.** Crecimiento diamétrico y basal acumulado para *Centrolobium microchaete* en dos distritos de la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano. En a. mediante líneas horizontales (40 y 50) y verticales (80 y 102 años) indica las diferencias en tiempo para alcanzar a los DMC en ambos distritos, b. crecimiento acumulado en área basal para los seis sitios de estudio y c. número de ejemplares y sus respectivas edades considerados en este análisis.

## Discusión

En el presente estudio se observó que *Centrolobium microchaete* alcanzó tasas de crecimiento variables entre sitios de un mismo distrito y entre distritos. También presentó variaciones interanuales durante los 100 años de observación, notándose tiempos de hasta una década con crecimientos menores o superiores a la media (Figs. 3a, c y tablas 2, 3). En general, los sitios correspondientes al distrito de Guarayos presentan tasas de crecimiento mayores que los sitios del distrito Chiquitos (Tablas 2 y 3). Los principales factores puede ser debido a la mayor precipitación en Guarayos durante el periodo de crecimiento, mientras que en el distrito chiquitano el periodo seco es más largo y las precipitaciones anuales son menores (López & Villalba 2010). Estas diferencias en el crecimiento entre ambos distritos claramente indican que no puede generalizarse la información para elaborar pautas forestales que regulen el aprovechamiento de todas las especies de un bosque. El empleo de datos debidamente constatados en el campo por sitio y por especie, puede ser una alternativa viable para validar biológicamente algunas normas forestales y obtener resultados coherentes para cada especie en sus condiciones específicas de crecimiento (Villalba *et al.* 2006, Schöngart 2008, López 2010).

Las tasas de crecimiento diamétrico del promedio anual de *C. microchaete* para los distritos chiquitano y Guarayos de 0.41 y 0.61 cm (Tablas 2 y 3) fueron medianamente diferentes a 0.36 y 0.63 cm, valores obtenidos través de mediciones en PPM en los mismos distritos (Dauber *et al.* 2005). Estas diferencias mínimas entre ambos valores pueden ser debidas al tiempo de observación: En este estudio los datos fueron obtenidos desde el primer año de crecimiento por encima de 1.5-2 m hasta cuando los árboles alcanzaron los DMC en ambos sitios. Por su parte, los datos de Dauber *et al.* (2005) provienen de promedios realizados en base a cuatro años de

mediciones. Sin embargo, los crecimientos por clase diamétrica (Tablas 2 y 3) muestran una alta consistencia a los datos reportados para ambos distritos (Chiquitos y Guarayos) por Dauber *et al.* (2005). Si bien existen diferencias mínimas en los promedios generales entre ambas técnicas, los datos de las PPM dan una idea de las tasas de crecimiento que puede alcanzar una especie en un determinado sitio. Sin embargo, en la proyección de simulaciones de crecimiento a largo plazo, es poco recomendable el empleo de datos de corta longitud ya que podrían conducir a una subestimación en los resultados finales (Brienen & Zuidema 2006). En este sentido, los anillos de crecimiento permiten obtener información rápida, precisa y sus promedios reflejan las variaciones ocurridas a lo largo de la vida de los árboles analizados (Villalba *et al.* 2006, López 2010). Por lo tanto, el utilizar tasas de crecimiento a largo plazo permitirá obtener resultados más exactos para la planificación futura de los bosques secos tropicales de Bolivia.

Asimismo, los valores obtenidos por medio del análisis de los anillos de crecimiento permitieron conocer detalladamente cómo se distribuye el crecimiento diamétrico anual por tamaño diamétrico en *C. microchaete* (Figs. 4a, c). En base a estos resultados, es más probable que las clases diamétricas de menor tamaño (1-30 cm) requieran edades menores a 25 años para pasar a la siguiente clase diamétrica. En cambio, en ningún sitio correspondiente al distrito chiquitano, los árboles con diámetros promedios mayores a 20 cm alcanzaron 30 cm en 25 años (Tabla 2). Estas diferencias aun son mayores en diámetros mayores ( $\geq 31$  cm), en que el tiempo promedio necesario para alcanzar 40 cm es de 36 años de edad (Tabla 2). Por lo que los árboles de *C. microchaete* con 30 cm de diámetro en ningún sitio de este distrito alcanzaron el DMC (40 cm) en 25 años. Este ejemplo demuestra la corta extensión que poseen los actuales CC establecidos en Bolivia, específicamente en la provincia biogeográfica del Cerrado boliviano. Dado que muchas investigaciones forestales sostienen que los CC

deberían ser cuatro a cinco veces mayor a los propuestos actualmente (Huth & Ditzer 2001, Brienen & Zuidema 2006, Brienen *et al.* 2006). Por su parte, en los sitios del distrito biogeográfico de Guarayos, los árboles con tamaño diamétrico de 30 cm para alcanzar 40 cm, requieren un promedio de 18 años (Tabla 3). En cambio, para árboles con tamaños diamétricos de 40 cm requieren una edad promedio de 23 años para alcanzar 50 cm (DMC) (Tabla 3).

La especie *C. microchaete* es considerada como una de las especies bolivianas con rápido crecimiento en las regiones del Cerrado boliviano (Dauber *et al.* 2005). Sin embargo, en estos bosques existen otras especies maderables que tienen un crecimiento diamétrico inferior que *C. microchaete* y podemos indicar que los ciclos de corte de 25 años serían extremadamente cortos para estas especies (López 2010). A su vez, los tiempos para que muchas de estas especies alcancen los DMC serán mucho más largos que los observados en *C. microchaete* (Fig. 5b). Es evidente que de lograr el segundo ciclo de aprovechamiento, el sector forestal en Bolivia tendrá que enfrentarse a bosques con menos árboles de edad de corte. Tanto así, que probablemente para el tercer ciclo, las actuales especies como *C. microchaete* no logren alcanzar los DMC, considerando que muy pocos ejemplares por hectárea alcanzan estos tamaños diamétricos (Justiniano & Fredericksen 1998b, Mostacedo *et al.* 2009). Sin duda, los ciclos de corte y otras pautas forestales deben ser revisados en base a las tasas reales de crecimiento, ya que cada especie tiene características diferentes de desarrollo en sitios, tamaños y edades diferentes (Schöngart 2008, López 2010, Rozendaal 2010).

Finalmente, los resultados de nuestro estudio demuestran que la longevidad de *C. microchaete* es muy variable incluso entre árboles creciendo en un mismo sitio y es mayor entre distritos diferentes: A medida que los árboles aumentan en diámetro, disminuye marcadamente el número promedio de ejemplares (Fig. 5c). Las edades observadas

de hasta 170 años en el distrito chiquitano y 162 años para Guarayos reflejan que *C. microchaete* almacena una gran base de datos sobre sus tasas de crecimiento diamétrico y en área basal (Fig. 5b). Estas edades dan una idea parcial del establecimiento de los bosques que ahora están siendo intervenidos, en muchos casos bajo procesos irreversibles (López 2010). Realizando una comparación de cuándo todos los árboles alcanzan los DMC, las edades promedio que requiere *C. microchaete* es de 100–112 años y 80–86 años en el distrito Chiquitano y Guarayos, respectivamente (Fig. 5a). Esta comparación conduce a una clara realidad de que los árboles de *C. microchaete* tienen un crecimiento lento. Por lo que si el enfoque del manejo forestal en Bolivia es la sostenibilidad a largo plazo y lo mismo para la conservación de la biodiversidad dentro de estos bosques, habrá que realizar una pronta modificación de las principales pautas. Las actuales propuestas estarían solo parcialmente destinadas a criterios comerciales, incluso en los bosques certificados del Cerrado boliviano.

## Conclusiones

El análisis de anillos de crecimiento puede ser una alternativa exitosamente viable para proveer tasas de crecimiento de al menos especies forestales que son explotadas actualmente. Esta técnica frente a los métodos tradicionales, permite observar la variación del crecimiento diamétrico, desde el primer año de crecimiento por sobre la altura de obtención de la muestra, hasta la edad máxima que alcanzan los árboles en los bosques secos tropicales de Bolivia.

Los anillos de crecimiento de *Centrolobium microchaete* indicaron que el crecimiento es mucho más lento de lo supuesto; a su vez, presenta una alta variabilidad entre tamaños diamétricos por sitios de de muestreo. Asimismo, existe una alta variabilidad en tiempo para crecer un determinado diámetro y las edades necesarias para alcanzar a los

DMC son altas y muy variables entre sitios. Por lo tanto, imponer CC y DMC fijos dentro de regiones para todas las especies sin tener en cuenta las diferentes tasas de crecimiento que tiene una especie en sitios diferentes, es incorrecto y no sería factible en el tiempo para sostener el manejo forestal de los bosques tropicales del Cerrado boliviano. Estos resultados enfatizan la necesidad de adecuar las pautas de manejo forestal establecidas en Bolivia en base a tasas reales del crecimiento de cada una de las especies forestales, al menos para el caso del Cerrado boliviano.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico a Education for Nature Program, World Wildlife Fund (WWF), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET) Argentina y al proyecto CRN2047 del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), como también, al Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), a INPA Parquet, a la empresa agroindustrial La Chonta y a las comunidades originarias de Santa Mónica, Santa Anita, Zapocó y Makanaté, por su enorme apoyo logístico durante las tareas de campo. Los autores también agradecen a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

### Referencias

- Bolfor. 2003. Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Opciones basadas en Investigación sobre Manejo Forestal. Proyecto, BOLFOR - The Forest Management Trust, Santa Cruz. 8 p.
- Bolfor II (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible). 2008. Informe final. Santa Cruz. 179 p.
- Brienen, R.J.W. 2005. Tree rings in the tropics: a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees. PROMAB-Riberalta Scientific Series (10): 1-137.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2006. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. *Forest Ecology and Management* 226: 256-267.
- Brienen, R.J.W., P.A. Zuidema & H.J. During. 2006. Autocorrelated growth of tropical forest trees: unraveling patterns and quantifying consequences. *Forest Ecology and Management* 237: 179-190.
- Cabrera, A.L. & A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. OEA (Organización de los Estados Americanos), Washington DC. 120 p.
- CFV (Consejo Boliviano para la Certificación Forestal Voluntaria). 2010. Manejo forestal sostenible. Una oportunidad para consolidar Tierras Comunitarias de Origen en Bolivia. Landivar srl., Santa Cruz. 52 p.
- Chichignoud, M. 1990. Atlas de maderas tropicales de América Latina. OIMTCentre Technique Forestier Tropical, Yokohama. 219 p.
- Dauber, E., T.S. Fredericksen & M. Peña. 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 214: 294-304.
- Fredericksen, T. & R. Peralta. 2001. Opciones silviculturales para el manejo forestal en Bolivia. Pp. 157-171. En: Mostacedo, B. & T. Fredericksen (eds.) *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales*. Proyecto, BOLFOR, Santa Cruz.
- Holmes, R.L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- Huth, A. & T. Ditzer. 2001. Long-term impacts of logging in a tropical rain forest – a simulation study. *Forest Ecology and Management* 142: 33-51.
- IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior). 2009. Certificación forestal en Bolivia: Beneficios para las comunidades, empresas y bosques. Publicación informativa 18, Santa Cruz. 178 p.

- Justiniano, M.J. & T. Fredericksen. 1998a. Ecología y Silvicultura de Especies Menos Conocidas—Tarara Amarilla *Centrolobium microchaete*, (C. Martius ex Benth.) Lima ex G. P. Lewis, Papilionoideae. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz. 22 p.
- Killeen, J.T., E. Garcia & S. G. Beck. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden, Quipus srl., La Paz. 958 p.
- López, L. 2003. Estudio de anillos de crecimiento en once especies forestales de Santa Cruz—Bolivia. Tesis de licenciatura en ingeniería forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), Santa Cruz. 147 p.
- López, L. 2010. Una aproximación dendrocronológica a la ecología y el manejo de los bosques tropicales secos del Cerrado boliviano. Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, Rio Negro. 255 p.
- López, L. & R. Villalba. 2010. Climate influences on the radial growth of *Centrolobium microchaete*, a valuable timber species from the tropical dry forests in Bolivia. *Biotropica* 43: 41-49.
- López, L., R. Villalba & M. Peña-Claros. 2009. Relación entre el crecimiento de *Centrolobium microchaete* y las variables climáticas en bosques tropicales de Bolivia. Actas del Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires. 176 p.
- MDSMA (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio ambiente). 1997. Nueva ley forestal. Ley N° 1700 del 12 de julio de 1996. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, La Paz.
- Mostacedo, B., Z. Villegas, J.C. Licon, A. Alarcón, D. Villarroel, M. Peña-Claros & T.S. Fredericksen. 2009. Ecología y silvicultura de los principales bosques tropicales de Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz. 142 p.
- Navarro, G. & Maldonado. 2004. Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos. Centro de Ecología Simón Patiño, Santa Cruz. 719 p.
- Rozendaal, D.M.A. 2010. Looking backwards: using tree rings to evaluate long-term growth patterns of Bolivian forest trees., PROMAB, Riberalta Scientific Series (12): 1-150.
- Schöngart, J. 2008. Growth-oriented logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management* 256: 46-58.
- Schulman, E. 1956. Dendroclimatic changes in semiarid America. University of Arizona Press, Tucson. 142 p.
- SmartWood. 2004. Resumen público de certificación de INPA Parket LTDA (Propiedad Amazonia, Santa Rosita y San Alejandro). Consejo de Manejo Forestal (Forest Stewardship Council o FSC) y de SmartWood, Nueva York. 28 p.
- SmartWood. 2005. Resumen público de certificación de Planet La Chonta Investment Ltda. (Concesiones La Chonta y Lago Rey). Consejo de Manejo Forestal (Forest Stewardship Council o FSC) y de SmartWood, Nueva York. 39 p.
- Stahle, D.W., P.T. Mushoveb, M.K. Cleaveland, F. Roig & G.A. Haynes. 1999. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. *Forest Ecology and Management* 124: 217-229.
- Stokes, M.A. & T.L. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago, 73 p.
- Therrell, M.D., D.W. Stahle, M.A. Mukelabai & H.H. Shugart. 2007. Age, and radial growth dynamics of *Pterocarpus angolensis* in southern Africa. *Forest Ecology and Management* 244: 24-31.

- Uslar, Y.V., B. Mostacedo & M. Saldias. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco, semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico 114/2003. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOS, Santa Cruz. 28 p.
- Villalba, R., S. Delgado, M. De Membrilla & D. Mendoza. 2006. Variabilidad interanual de los caracteres anatómicos en el leño de *Cedrela lilloi* en el noroeste de Argentina. Pp. 59-81. En: Pacheco, S. & A. Brown (eds.) Ecología y Producción de Cedro (género *Cedrela*) en las Yungas Australes, Subtrópico. Liey, Fundación ProYungas, Tucumán. 207 p.
- Worbes, M., R. Staschel, A. Roloff & W.J. Junk. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management* 173: 105-123.

Artículo recibido en: Octubre de 2011.

Manejado por: Luis Aguirre

Aceptada en: Diciembre de 2011.