

## Trayectorias de crecimiento radial de especies maderables, yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) y serebó (*Schizolobium parahyba*) en un bosque subhúmedo de la provincia Guarayos (Santa Cruz – Bolivia)

Radials trajectories growth of timber species, yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) and serebó (*Schizolobium parahyba*), in a subhumid forest of the Guarayos province (Santa Cruz – Bolivia)

Alejandra Romero-Seas<sup>1,2\*</sup>, Marisol Toledo<sup>1,2</sup>, Pieter A. Zuidema<sup>3</sup>  
& Peter van der Sleen<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Km 9 Carretera al norte, El Vallecito, Santa Cruz, Bolivia.

\*Autora para correspondencia: aleromero seas90184@gmail.com

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Km 9 Carretera al norte, El Vallecito, Santa Cruz, Bolivia.

<sup>3</sup>Forest Ecology and Forest Management Group, Wageningen University, PO Box 47, 6700 AA Wageningen, Holanda.

### Resumen

La dendrocronología permite detectar variaciones en el crecimiento de los árboles. Las preguntas planteadas en la investigación fueron: ¿Existen diferencias en las trayectorias de crecimiento de yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis* Kunth) y serebó (*Schizolobium parahyba* Vell S. F. Blake), especies que pertenecen a gremios ecológicos distintos? y ¿estos cambios en las trayectorias es debido a la precipitación o son una consecuencia de sus estrategias adaptativas locales? Los objetivos fueron 1) evaluar la formación de anillos anuales en yesquero blanco y serebó y 2) evaluar cambios en las trayectorias de crecimiento radial de estas especies. Se colectaron 207 muestras de barrenos y discos, provenientes de la Área Forestal Comunitaria La Chonta (ex. Concesión Forestal La Chonta; Prov. Guarayos) y la propiedad privada Don Humberto (Prov. Sara), aplicando metodología estándar de la dendrocronología (montado, lijado y medición del ancho de los anillos). Se determinó la formación anual de anillos para yesquero blanco a través de una correlación positiva entre el promedio del ancho de los anillos y la precipitación anual ( $r = 0.73$ ;  $p = 0.003$ ). El crecimiento de serebó no presentó sincronización con la precipitación, pero se demostró la formación de anillos anuales con muestras de edad conocida. La mayoría de los individuos de yesquero blanco lograron 25 cm DAP (diámetro a la altura del pecho), a los primeros 40 años, aunque algunos alcanzaron solo 65 cm en 130 años. En cambio para el serebó, la mayoría logró 10 cm en los primeros tres años y 30 cm a los 12. Las trayectorias de crecimiento radial, considerando que son especies de gremios ecológicos distintos, mostraron patrones de crecimiento diferentes para cada especie y de igual manera para los individuos de una misma especie, esto posiblemente como consecuencias de adaptaciones propias de las especies.

**Palabras clave:** Anillos de crecimiento, Dendrocronología, Tendencias de crecimiento.

## Abstract

Dendrochronology allows to study variations in the growth of the trees. The following research questions were addressed: The growth trajectories of yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis* Kunth) and serebó (*Schizolobium parahyba* Vell S. F. Blake) species that belong to different ecological guilds? And how these changes in trajectories is due to precipitation or are a consequence of their local adaptative strategies. Objectives were 1) to asses if rings are formed annually in the stem of yesquero blanco and serebó and 2) to evaluate changes in the growth trajectories of these species. We collected 207 samples of cores and disks from La Chonta (Prov. Guarayos) and the privately farm Don Humberto (Prov. Sara). We applied standard dendrochronological method. The annual ring formation in yesquero blanco was shown with a positive correlation between the average width of the ring and the annual precipitation ( $r = 0,73$ ;  $p = 0,003$ ). In serebó there was no synchronized growth, but we found proof for the formation of annual growth rings with samples. The majority of individuals of yesquero blanco achieved 25 dbh (diameter at breast height) in the first 40 years, although some of them only reached 65 cm dbh in 130 years. On the other hand, the majority of serebó trees achieved 10 cm dbh in the first three years and 30 cm dbh at the age of 12 years. Radial growth trajectories, considering that these are species of different ecological guilds showed different growth patterns for each species as well as for individuals of the same species. **Key words:** Dendrochronology, Growth rings, Growth trajectories.

## Introducción

En las últimas décadas se han establecido y monitoreado un elevado número de parcelas permanentes en diversos bosques tropicales, que proporcionan datos necesarios sobre la abundancia, distribución espacial, mortalidad y reclutamiento de los árboles; estas mediciones periódicas permiten obtener información fundamental de los bosques (Condit 1995, Dauber *et al.* 2003). Sin embargo, la información obtenida de las parcelas con relación a los ritmos de crecimientos está limitada a mediciones repetidas que solamente se registran en un periodo corto. Estos datos no permiten evaluar y validar ritmos de crecimiento con relación a la vida de un árbol (Gadow *et al.* 1999, Dauber *et al.* 2005, Clark 2007).

La dendrocronología - una disciplina científica de reciente aplicación para los bosques tropicales - permite obtener datos de toda la vida de un árbol en diferentes condiciones ambientales a partir de los anillos de crecimiento anuales. Asimismo, se pueden realizar contribuciones que permitan

responder a preguntas referentes a la edad, tasa de crecimiento, autoecología, incremento de la biomasa de los árboles, relaciones con las fluctuaciones climáticas e información sobre el manejo de los bosques tropicales, haciendo posible aportar con datos complementarios al método de parcelas permanentes (Brienen 2005, Gutiérrez 2008, Tomazello *et al.* 2009, Rozendaal 2010).

En Bolivia la dendrocronología ha sido aplicada principalmente en dos regiones: la andina y la oriental. En la región andina se lograron establecer los parámetros climáticos que controlan el crecimiento de *Polylepis tarapacana* (Rosaceae) (Argollo *et al.* 2004). En la región oriental, los estudios se han enfocado al análisis del crecimiento de especies forestales maderables. En el norte de Bolivia, Brienen & Zuidema (2003) efectuaron una revisión de 32 especies maderables para determinar la potencialidad de las mismas en la formación de anillos de crecimiento para efectos de evaluación del manejo forestal en Bolivia. A partir de esta información, estos autores reconstruyeron la edad y patrones de crecimiento de seis especies

forestales: *Amburana cearensis* (Fabaceae), *Bertholletia excelsa* (Lecythydaceae), *Cedrela odorata* (Meliaceae), *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae), *Peltogyne heterophylla* (Fabaceae) y *Tachigali vasquezii* (Fabaceae). De igual manera, Rozendaal (2010) en los bosques de la Amazonia boliviana realizó la reconstrucción del aumento del crecimiento en árboles juveniles a través del tiempo y dinámica de *Cedrela odorata* (Meliaceae), *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae), *Clarisia racemosa* (Moraceae), *Peltogyne heterophylla* (Fabaceae) y *Pseudolmedia laevis* (Moraceae).

Otros estudios realizados en la región oriental del país, específicamente en el departamento de Santa Cruz, fueron realizados por López (2003), quien a partir de análisis dendrocronológicos determinó el crecimiento diamétrico promedio de 11 especies forestales del bosque subhúmedo de Guarayos: *Ampelocera ruizii* (Ulmaceae), *Albizia niopoides* (Mimosaceae), *Aspidosperma cylindrocarpon* (Apocynaceae), *Cariniana ianeirensis* (Lecythydaceae), *Centrolobium microchaete* (Fabaceae), *Ficus boliviana* (Moraceae), *Hura crepitans* (Euphorbiaceae), *Pouteria nemorosa* (Sterculiaceae), *Pseudolmedia laevis* (Moraceae), *Sweetia fruticosa* (Fabaceae) y *Terminalia oblonga* (Combretaceae). El mismo autor en el 2011, estableció las tasas de crecimiento y variabilidad del crecimiento con relación a las condiciones climáticas de 10 especies forestales que crecen en el bosque seco chiquitano de Concepción: *Amburana cearensis* (Fabaceae), *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae), *Cariniana ianeirensis* (Lecythydaceae), *Cedrela fissilis* (Meliaceae), *Centrolobium microchaete* (Fabaceae), *Copaifera chodatiana* (Fabaceae), *Ficus boliviana* (Moraceae), *Hymenaea courbaril* (Fabaceae), *Machaerium scleroxylon* (Fabaceae) y *Zeyheria tuberculosa* (Bignoniaceae).

El Instituto Boliviano de Investigación Tropical (IBIF) colaboró al proyecto de Bosques Tropicales y Cambio Climático (TROFOCLIM), el cual se realizó en tres países (Bolivia, Camerún y Tailandia). Este proyecto procuró entender mejor el crecimiento de los árboles en base

a los incrementos a través de cambios en los patrones de supresión y liberación y finalmente analizaron si los cambios en las tendencias de los árboles tropicales se producen por efecto del cambio climático.

Entre las especies seleccionadas en este estudio se encuentran el yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis* Kunth) y serebó (*Schizolobium parahyba* Vell S.F. Blake). López (2003), quien describe de yesquero blanco: el leño presenta un contraste de color y la formación de una línea de parénquima terminal entre el leño tardío e inicial, además la formación relativa de lentes de crecimiento. De manera similar para el serebó, Silveira (2011) describe el engrosamiento de la pared celular, achatamiento radial y aumento en la fibra de la madera y además lentes de crecimiento. Todas estas características anatómicas determinan la formación de los anillos de crecimiento.

Brienen & Zuidema (2003) mencionan que existen alrededor de 35 especies maderables que lograrían la formación de anillos de crecimientos anuales, entre éstas tenemos a yesquero blanco y serebó, las mismas que presentan distintos gremios ecológicos, la primera considerada como una especie pionera y la segunda pionera por Justiniano *et al.* (2000 y 2001). Actualmente en Bolivia existen datos relacionados a las tasas medias regionales de crecimiento en Bolivia, los mismos no reflejan el crecimiento específico para cada especie. Esta investigación brindará datos concretos y complementarios para yesquero blanco y nuevo para el serebó, relacionados al crecimiento radial de toda la vida de un árbol en diferentes condiciones ambientales, utilizando los anillos de crecimiento. Se plantearon las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias en las trayectorias de crecimiento de yesquero blanco y serebó, especies que pertenecen a gremios ecológicos distintos? y ¿Estos cambios en las trayectorias es debido a la precipitación o son una consecuencia de sus estrategias adaptativas locales?. De esta manera los objetivos específicos de este trabajo son: evaluar la formación anual

de los anillos de crecimiento y determinar cambios en las trayectorias crecimiento radial a través del tiempo en yesquero blanco y el serebó, aplicando la dendrocronología.

### Área de estudio

El estudio se realizó con muestras de tipo discos y barrenos; procedentes de dos áreas del departamento de Santa Cruz:

#### Área Forestal Comunitaria La Chonta (ex Concesión Forestal La Chonta)

Ubicada en el municipio de Ascensión, de la provincia Guarayos (15° 47' S, 62° 55' O), se encuentra biogeográficamente en la región brasileño-paranense, provincia del Cerrado, sector Chiquitano y en el distrito de Guarayos. El tipo de bosque constituye un bosque chiquitano sempervirente estacional (Navarro & Maldonado 2011). Esta área tiene una extensión de 100.000 hectáreas, donde se han identificado más de 100 especies de árboles, de las cuales sólo 18 fueron aprovechadas comercialmente (Ohlson - Kiehn *et al.* 2003). Presenta una temperatura anual promedio de 24-25°C; la precipitación anual promedio es de 1.562 mm (Navarro & Maldonado 2011). El clima es generalmente pluviestacional, aunque existe un contraste entre las épocas seca y húmeda (López 2003).

#### Propiedad privada Don Humberto

Ubicada en el municipio de Santa Rosa del Sara de la provincia Sara (17°07' S, 63°25' O). El tipo de bosque de la zona es un chaparral esclerófilo preandino central del Cerrado (Navarro & Maldonado 2011). Tiene una extensión de 1.500 hectáreas en las cuales se desarrollan de forma intensiva actividades agropecuarias y forestales (plantación y aprovechamiento de serebó, como especie biorremediadora de suelos); presenta una temperatura anual promedio de 24°C y

una precipitación anual promedio de 1.535 mm. El clima es generalmente húmedo tropical (Quiroga 1999).

### Generalidades del yesquero blanco y el serebó

El yesquero blanco (*C. ianeirensis*) tiene importancia comercial en Bolivia, ya que su madera es de buena calidad (Justiniano *et al.* 2001). Presenta una distribución que se creía limitada al bosque atlántico del Brasil. Pero actualmente se conoce que abarca hasta la zona del centro-este de Bolivia; en las provincias Guarayos, Velasco y Ñuflo de Chávez en el departamento de Santa Cruz y las provincias Iténez y Cercado en el departamento del Beni.

Es un árbol de 30 m de altura, la floración es altamente sincrónica y estacional; comienza a manifestarse una vez iniciadas las lluvias, esta especie tiene como principales polinizadores a los himenópteros (abejas) (Justiniano *et al.* 2001). Los factores de topografía, precipitación y suelo condicionan aún más la presencia o ausencia y establecimiento de esta especie; los suelos de color rojo, más ácidos y pobres en nutrientes no albergan individuos de esta especie (Justiniano *et al.* 2001).

El serebó (*S. parahyba*) se empleaba exclusivamente en sistemas agroforestales y silviculturales, por su rápido crecimiento y fácil adaptación a sitios con alto grado de perturbación de suelo y vegetación. En la actualidad el uso de la madera de serebó se ha acrecentado en la fabricación de placas de piso, cajas, paneles, embalajes, puertas y juguetes, por la baja densidad de la madera (Rizzini 1978, Lorenzi 1992). Richter *et al.* (1974) manifestaron que la madera presenta susceptibilidad contra el ataque de insectos, hongos y termitas. Presenta una distribución restringida al Neotrópico, que abarca desde el sur de México hasta el sureste del Brasil (Justiniano *et al.* 2000). En Bolivia, tiene una amplia distribución geográfica, que se extiende desde el norte del país hasta la zona central - oriental y comprende las áreas

húmedas de tierras bajas de los departamentos de Pando, Beni, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

Es un árbol que alcanza hasta los 40 m de altura y es considerada como heliófita tardía y pionera creciendo en bosques secundarios y áreas perturbadas; presenta importancia en los programas de reforestación en áreas degradadas (Justiniano *et al.* 2000). La reproducción del serebó comienza a los ocho años, **la floración se realiza entre** junio-agosto, mientras que la fructificación se realiza entre agosto y noviembre. El éxito en la polinización se debe a la presencia de algunas abejas y mariposas diurnas y en cuanto a la dispersión de semillas se conoce que es por anemocoria (Silveira 2011, Suárez 2011). La germinación de esta especie es más efectiva en tierras removidas con una previa escarificación del suelo (Fredericksen & Pariona 2002, Cuéllar 2007).

## Métodos

### Colectas de muestras

En esta investigación el muestreo aplicado para las dos áreas de estudio, fue aleatorio. Los individuos de yesquero blanco y serebó fueron seleccionados en un radio de distancia de 50 m; esta estrategia de muestreo se desarrolló con el fin de disminuir la auto-correlación y conseguir una buena distribución en diferentes categorías de tamaño, representativas en el bosque.

Se realizaron colectas en dos áreas del departamento de Santa Cruz; Área Forestal Comunitaria La Chonta, provincia Guarayos y Propiedad Don Humberto, provincia Sara (Fig. 1). En el Área Forestal Comunitaria La Chonta; se realizaron dos entradas de campo en época seca, al finalizar octubre (2010 y 2011); tratando de abarcar toda la superficie del área anual de aprovechamiento (AAA) para 2011.

Se seleccionaron 200 árboles de diámetros  $\geq 10$  cm de diámetro con 100 muestras para cada especie (Tabla 1). Los árboles muestreados

presentaron un estado sanitario óptimo de la madera, es decir no presentaban daños físicos, hongos ni patógenos en el perímetro del fuste.

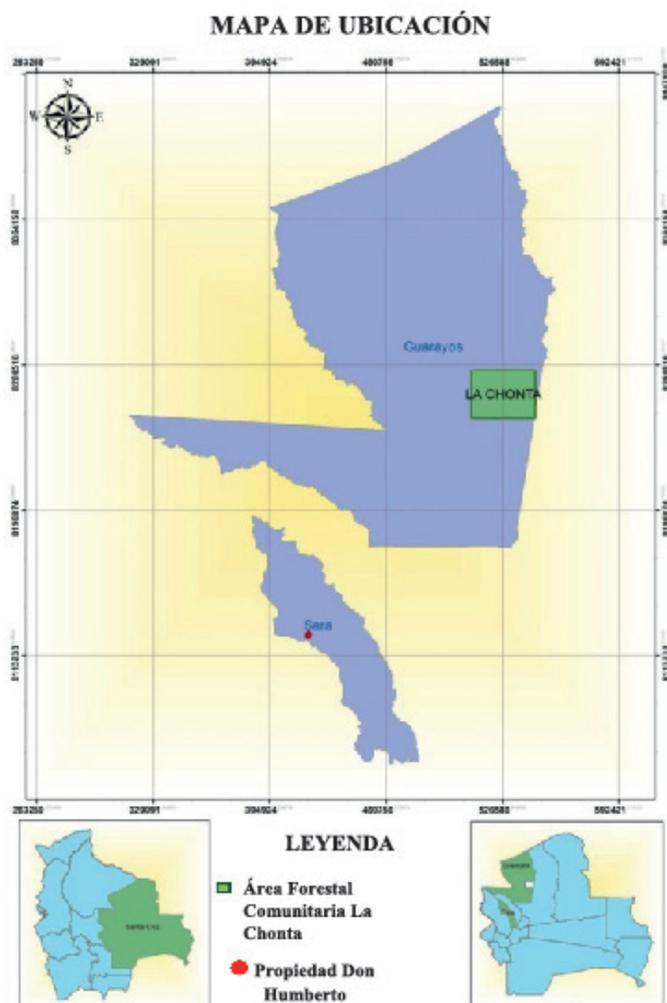
Para la colecta de muestras se siguieron dos métodos: En el primer método, se obtuvieron muestras (discos) provenientes de los tocones de árboles talados de 5 cm de grosor cortados a partir de los 30 cm desde el suelo. A cada disco se le asignó un código indicando la especie y el número de muestra. En el segundo método, se extrajeron muestras (barrenos) mediante un taladro Pressler de 40 cm de longitud. Finalmente, las muestras de barrenos fueron acondicionadas en tubos de plástico, selladas y codificadas respectivamente, que junto a las muestras (discos) fueron trasladadas al laboratorio.

En la propiedad privada Don Humberto se colectaron solamente siete muestras de serebó provenientes de las plantaciones, los árboles presentaban edades comprendidas entre 13 y 16 años, todo esto con la finalidad de determinar la anualidad de los anillos de crecimiento en esta especie.

Los discos permiten fácilmente realizar el seguimiento de un radio a otro, identificando correctamente los anillos, detectando anillos falsos y sobrepuestos así delimitando con mayor precisión los límites. Sin embargo, este método es destructivo y es más caro, además que en muestras grandes dificulta su manipulación. Con los barrenos se facilita la manipulación y permite la supervivencia del árbol visualizando con mayor nitidez la estructura de la madera. Sin embargo, las muestras que presentan un crecimiento irregular obstaculizan la identificación de los anillos además por la dureza de las maderas tropicales se puede dificultar su obtención (Gené *et al.* 1993, Brien & Zuidema 2003).

### Procesamiento de las muestras

Posterior a la colecta se siguió el método tradicional de procesamiento de las muestras en dendrocronología, el cual consiste en: montado,



**Figura 1.** Ubicación de la Área Forestal Comunitaria La Chonta (ex La Chonta Ltda.) y la Propiedad Privada Don Humberto, en el departamento de Santa Cruz-Bolivia.

**Tabla 1.** Muestras colectadas en ambas áreas de estudios.

Especies	Número de muestras (árboles)			Especies	Número de muestras (árboles)	
	Área Forestal Comunitaria La Chonta				Propiedad privada Don Humberto	
	Barrenos	Discos	Total		Barrenos	Total
yesquero blanco	55	45	100	yesquero blanco	-	-
serebó	85	15	100	serebó	7	-
Totales	140	60	200	Totales	-	7

secado, lijado y pulido (Stokes & Smiley 1968, Suintaxi 2010). La medición de las muestras y la obtención de series dendrocronológicas datadas se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Dendrocronología de la Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno en Santa Cruz.

El primer paso, antes de analizar los anillos de crecimiento, fue definir y detectar en base a revisión bibliográfica, los componentes celulares de estas estructuras en las dos especies en estudio. A continuación se explica el procedimiento de datado y marcación según el tipo de muestra (Stokes & Smiley 1968, Brien & Zuidema 2003, Gutiérrez 2008). En las muestras de discos se analizaron tres radios por muestra. Al último anillo formado se le asignó el año 2011, debido a que este fue el último año de crecimiento, y se realizó una cuenta regresiva hasta llegar al primer año de formación en la médula del individuo. Paralelamente se realizó el marcado en el borde de los anillos; se comenzó en el radio donde se encuentran los anillos más claros y más anchos. La identificación de los anillos de crecimiento se facilitó con la utilización de un estereomicroscopio Leica M 80, amplitud de zoom 8:1 con aumento estándar de 7.5x–60x proporcionando una amplia vista general de los anillos de crecimiento.

El ancho de los anillos de los discos fue medido con el programa TSAP Win Professional (Time Series Analysis and Presentation), diseñado para medir las secuencias gráficas de los anillos de crecimiento; el que a su vez está integrado a un LINTAB 6 - tabla de medición corrediza - que funciona como soporte y facilita la medición de los discos.

A las muestras de barrenos se les asignó el año 2011 como último año de crecimiento realizando un conteo regresivo hasta la médula de la madera; simultáneamente se realizó el marcado de los bordes de cada anillo. La identificación de los anillos de crecimiento se realizó con una lupa estereoscópica marca Boeco, modelo NTB 3C.

Se efectuó primero un escaneado de las muestras de barrenos con un escáner EPSON Expression 10000 XL de alta resolución (1.800 dpi) con una precisión de 0.01 mm, seguidamente el ancho de los anillos se midió con el programa WinDENDRO 2009.

Para los dos tipos de muestra de ambas especies se aplicó agua durante el marcado de los límites para incrementar la visibilidad.

El grosor de los anillos formados en diferentes individuos no suelen presentar coincidencias en sus valores, a causa de diferencias en cuanto a la edad o en relación con muchos otros factores intrínsecos o extrínsecos. Para esto el cofechado (también llamado *crossdating* en inglés) se convierte en un procedimiento importante dentro de la dendrocronología, el cual consiste en realizar sincronizaciones visuales de las muestras, para comparar y corregir variaciones en los anchos de los anillos provenientes de un mismo árbol. De esta manera, se logra identificar el año exacto en que fue formado el anillo, detectar anillos falsos o ausentes y de esta manera corregir la secuencia, incorporando o extrayendo anillos de crecimiento (Stokes & Smiley 1968, Fritts 1976, Brien & Zuidema 2003).

Los anillos en la zona medular están frecuentemente muy cerca unos de otros (producto de las tasas bajas de crecimiento), lo que dificulta la visualización de los límites de los anillos, en algunos casos desaparecen a causa de la descomposición de la madera. Sólo en aquellos individuos que no se observaron los anillos de crecimiento en la médula se realizó una estimación, asumiendo la presencia de anillos en la zona medular. Algunos segmentos de los anillos no fueron muy claros de detectar, por lo tanto, se consideraron para los análisis estadísticos, sólo los árboles o individuos que presentaron anillos visibles.

### **Análisis de datos**

Previo análisis estadístico, se comprobó que los datos obtenidos cumplan con los supuestos requeridos en las pruebas paramétricas, como

la normalidad en las distribuciones de las variables, la homocedasticidad (igualdad de varianzas) y la independencia de los datos. Posterior a esto se utilizó la correlación de Pearson a nivel de significancia de 0.05 para determinar el grado y sentido de la asociación lineal existente entre la variable: 1) precipitación anual vs. Promedio del ancho de los anillos. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SPSS (Statistical Package for Social Science) versión 19.

Para definir la formación de los anillos de crecimiento del yesquero blanco se realizó una simple correlación entre los promedios de los tres radios del ancho de los anillos de 29 individuos y se relacionó con datos de precipitación fiables obtenidos de la estación meteorológica de La Chonta (disponible para 1993-2006). Para el serebó se realizó, el conteo de anillos de crecimiento provenientes de una plantación con edad conocida.

Para evaluar las trayectorias de crecimiento radial acumulativo (tipo de crecimiento secundario referido al incremento continuo en grosor del tallo a través de los años) en ambas especies se procedió a filtrar y ordenar los datos del ancho de los anillos y los años correspondientes; con esta información se determinó el promedio anual del ancho de los anillos de los tres radios obtenidos para cada individuo. Posteriormente, se calculó la sumatoria de los anillos de crecimiento en forma acumulativa (crecimiento radial expresado en milímetros). Esta sumatoria acumulativa es la suma del promedio anual de los anchos de los anillos a partir del primer año hasta el año de la colecta de la muestra. Una vez obtenida la sumatoria acumulativa para cada especie se procedió a comparar las tendencias de crecimiento en ambas especies, calculando el crecimiento del área basal para estimar mejor la superficie total del tronco. Esto brindó una mejor aproximación para el crecimiento de la biomasa.

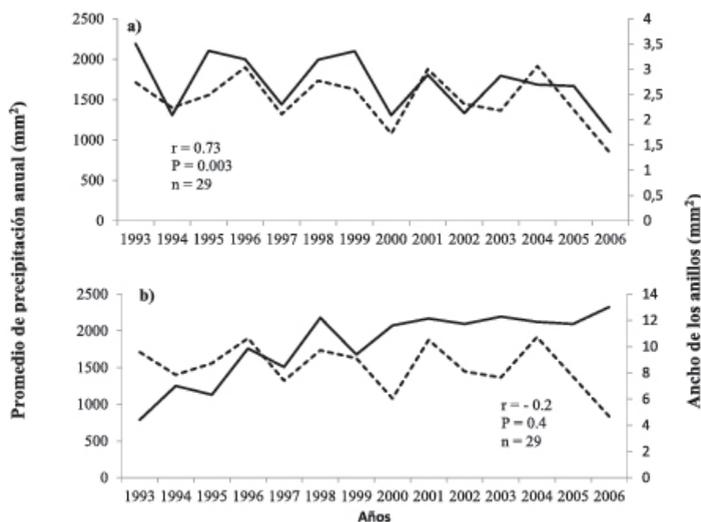
## Resultados

### Formación anual de los anillos de crecimiento en *Cariniana ianeirensis* y *Schizolobium parahyba*

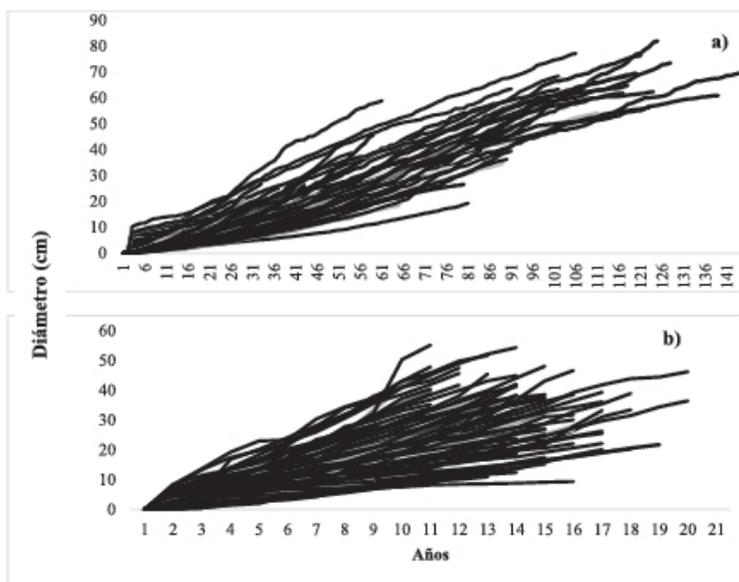
El promedio del ancho de los anillos del yesquero blanco presentó una correlación positiva y significativa con la precipitación anual en un periodo de 13 años ( $r = 0.73$ ;  $p = 0.003$ ). Esta sincronización confirma que los anillos de crecimiento en el yesquero blanco son anuales. Contrariamente los anillos del serebó provenientes de los bosques naturales de la TCO Guarayos ex La Chonta, no presentaron una correlación con la precipitación anual ( $r = -0.2$ ;  $p = 0.4$ ) (Figs. 2 - 3). Sin embargo, se confirmó la formación anual de los anillos en el serebó, mediante el conteo de los anillos de crecimiento de siete individuos provenientes de la plantación; los 14 años encontrados coincidieron relativamente con la edad de la plantación (16 años).

### Trayectorias de crecimiento radial acumulativo

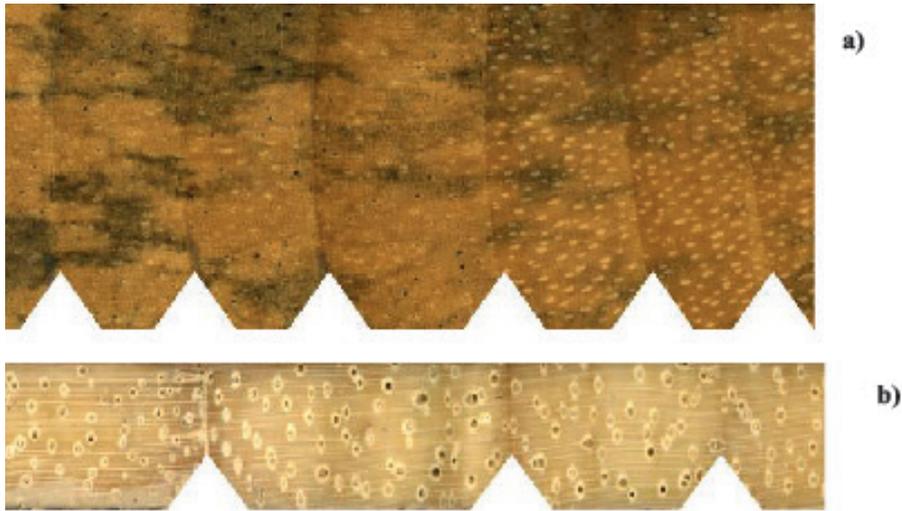
Los 96 individuos analizados de yesquero blanco en los primeros 20 años crecieron 16 cm DAP (diámetro a la altura del pecho), a los 40 años alcanzaron 25 cm y algunos de los individuos longevos (130 años) superaron los 65 cm. En cambio, los 94 individuos analizados del serebó en los primeros tres años demostraron un crecimiento de 10 cm y a los 12 años, 30 cm y algunos de los individuos longevos (17 años) superaron los 35 cm. Las edades observadas para algunos árboles del yesquero blanco alcanzaron los 130 años, mientras que para el serebó alcanzaron fueron de 21 años. Las trayectorias de crecimiento radial, mostraron patrones de crecimiento distintos para cada especie y de igual manera para los individuos de una misma especie (Fig.4).



**Figura 2.** Correlación entre el promedio del ancho de los anillos (líneas continuas) y precipitación anual de la estación meteorológica de La Chonta (líneas discontinuas) para el periodo 1993-2006. a. yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) y b. serebó (*Schizolobium parahyba*)



**Figura 3.** Ejemplos de muestras de tipo barrenos. a. yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) y b. serebó (*Schizolobium parahyba*) especies utilizadas en este estudio. Los triángulos blancos en la base hacia arriba registran el límite del crecimiento de los anillos con un aumento de 3x.



**Figura 4.** Trayectorias de crecimiento acumulativo con respecto al edad en años por a. yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*; n = 96) y b. serebó (*Schizolobium parahyba*; n = 94).

## Discusión

### Formación de los anillos de crecimiento

La relación entre el promedio de los anchos de los anillos de crecimiento del yesquero blanco y la precipitación anual sugiere una sincronía entre ambas variables lo que confirma la formación anual de anillos de crecimiento. Esta relación positiva entre el crecimiento diamétrico y la precipitación puede ser un factor limitante debido a la existencia de una dependencia del recurso hídrico en las plantas y la sensibilidad en el crecimiento de esta especie (Brienen 2005). En los sitios que presenten una estacionalidad climática bien definida, la mayoría de las especies responderían rítmicamente año tras año, registrando características ambientales con periodicidad anual (Szejner 2012). Por esta razón, Rozendaal (2010) para *Pseudolmedia laevis* (Moraceae) en la Amazonia boliviana utilizó la misma metodología aplicada en esta investigación permitiendo confirmar la formación anual de anillos de crecimiento.

El serebó al ser una especie pionera presentó un rápido crecimiento, Fredericksen & Pariona (2002). La serie estudiada entre el ancho de los anillos y la precipitación no presentó una sincronización debido a que la serie de datos de crecimiento no es muy longeva, además el crecimiento podría estar siendo afectado por otros factores ambientales (luz, nutrientes, entre otros). Sin embargo, el conteo de los anillos de crecimiento en individuos de una plantación de serebó demostró y confirmó la formación anual de los anillos. La mayoría de los individuos analizados y provenientes de la plantación tenía similar número de anillos con la edad de la plantación (16 años). Brienen *et al.* (2008), utilizaron la misma metodología que en esta investigación, para conocer la formación de anillos de *Schizolobium parahyba*. A pesar de ser esta alternativa muy útil en dendrocronología, para confirmar la edad de las plantaciones, los propietarios en las entrevistas muchas veces proporcionan estimaciones y edades no muy precisas de las plantaciones o bosques secundarios, lo que puede dificultar la determinación correcta

de la periodicidad de la formación de anillos Brien *et al.* (2008). Similarmente Rozendaal (2010) propuso realizar el conteo de anillos provenientes de plantaciones privadas como una alternativa para determinar la periodicidad de los anillos de crecimiento. Es importante, considerar que las condiciones de crecimiento en plantaciones no son las mismas que en los bosques naturales, debido a las diferencias en la disponibilidad de humedad, nutrientes, luz y factores considerados altamente relevantes en el crecimiento de los árboles (Mariaux 1980). Sin embargo, este método puede ayudar a confirmar la formación de anillos de crecimientos de carácter anual.

### Trayectorias de crecimiento radial

Para *C. ianeirensis*, las trayectorias de crecimiento en una fase de crecimiento inicial no presentaron cambios considerables aun siendo esta especie la más longeva con 140 años. Sin embargo, posterior a esta etapa los individuos adultos lograron incrementar su crecimiento. Esto concuerda con Finegan (1992), quien afirma que las especies que toleran parcialmente la sombra, no necesitan grandes cantidades de luz y muestran bajas tasas de crecimiento. También López (2011) demostró la poca variabilidad en las trayectorias de crecimientos acumulativos (entre 36-58 cm) de esta especie en nueve individuos, que no superaron los 120 años de edad.

En el presente estudio los árboles de *S. parahyba* mostraron unas trayectorias de crecimiento rápido sin lograr sobrevivir hasta una alta edad (21 años edad máxima encontrada en este estudio), lo que sugiere una dependencia en los claros de luz, concordando con Richter *et al.* (1974), quien aplicó la dendrocronología para determinar trayectorias de crecimiento para esta especie en bosques de la Amazonia brasileña. Silveira (2011) encontró individuos del serebó entre 24-35 años en los bosques amazónicos brasileños. En cuanto a la ecología de *S. parahyba*, Eckstein *et al.* (1980) explicaron que

esta especie presenta precocidad y longevidad relativamente corta, siendo generalmente de vida corta debido a la capacidad y habilidad por establecerse en claros o ambientes perturbados, lo cual estaría influyendo favorablemente en las tasas de crecimiento. Para el serebó el presentar altas tasas de crecimiento generaría ventajas ecológicas al conseguir mayor tamaño (biomasa) y de esta manera captar recursos (luz, agua y nutrientes) en menos tiempo, permitiendo una mayor capacidad competitiva (Villar *et al.* 2004). Los árboles tropicales muestran gran variación en sus crecimientos, no sólo entre especies sino también entre individuos de la misma especie. Estos datos de crecimiento a largo plazo son indicadores de diferencias en la historia de desarrollo de los árboles (Brien 2005).

### Conclusiones

La formación anual de los anillos de crecimiento de *Cariniana ianeirensis* (yesquero blanco) y *Schizolobium parahyba* (serebó) necesita ser confirmada con pruebas adicionales a pesar de la formación de anillos visibles a simple vista. La sincronización entre el promedio del ancho de los anillos y la precipitación para el yesquero blanco, permitieron confirmar la formación anual de los anillos. Para el serebó la utilización de muestras provenientes de una plantación de edad conocida, permitió confirmar el carácter anual de los anillos de crecimiento en esta especie.

Las trayectorias de crecimiento radial mostraron patrones que difieren fuertemente entre ambas especies; de igual manera para individuos de la misma especie. Además de esto se observó un contraste de edades máximas entre yesquero blanco y serebó, probablemente afectado por ser especies de diferentes gremios ecológicos (121 y 21, años respectivamente).

### Agradecimientos

Un especial agradecimiento al proyecto TROFOCLIM financiado por la Unión Europea

(European Research Council, grant 242955), por el apoyo económico. Al personal del IBIF por su apoyo logístico y técnico. De manera similar agradecer a la carrera de Ingeniería Forestal y al Laboratorio de Botánica de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno en Santa Cruz por el préstamo de las instalaciones y equipos. Finalmente las gracias al personal de las áreas de colecta en La Chonta y Don Humberto y a los asistentes por el apoyo en la fase de campo, sin el cual no hubiera sido posible la realización de esta investigación. Nuestros agradecimientos a Danaë M. A. Rozendaal por sus comentarios y sugerencias. Los autores también agradecen a Mónica Moraes y a Daniel M. Larrea, además de los revisores anónimos quienes contribuyeron en mejorar este trabajo.

### Referencias

- Argollo, J., C. Soliz & R. Villalba. 2004. Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los andes centrales de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 39: 5-24.
- Brienen, R. & P. Zuidema. 2003. Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica. Programa Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana (PROMAB) e Instituto de Geología y Medio Ambiente de la Universidad Mayor de San Andrés (IGEMA), Riberalta. 33 p.
- Brienen, R. 2005. Tree rings in the tropics: a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees. Programa Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana (PROMAB), Riberalta Scientific Series 12. 144 p.
- Brienen, R. & P. Zuidema. 2006. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology* 94: 481-493.
- Brienen, R., E. Lebrija-Trejos, M. Van Breugel, E. Pérez – García, F. Bongers, J. Meave & M. Martínez-Ramos. 2008. The potential of tree rings for the study of forest succession in Southern Mexico. *Biotropica* 41(2): 186-195.
- Clark, D. 2007. Detecting tropical forests responses to global climatic and atmospheric change: Current challenges and a way forward. *Biotropica* 39(1): 4-19.
- Cuéllar, A. 2007. Remoción y germinación de semillas de especies heliófitas durables en un bosque húmedo tropical. Tesis de licenciatura en ingeniería forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz. 55 p.
- Condit, R. 1995. Research in large, long-term tropical forest plots. *Tree* 10: 18-22.
- Dauber, E., T. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leñaño, J.C. Licona & F. Contreras. 2003. Tasas de incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento con base en las parcelas permanentes instaladas en diferentes regiones de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz. 53 p.
- Dauber, E., T. Fredericksen & M. Peña-Claros. 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 214: 294-304.
- Di Rienzo, J. A., M.G. Balzarini, F. Casanoves, L.A. Gonzales, E. M. Tablada, M. Diaz & C.W. Robledo. 2008. Estadística para las ciencias agropecuarias. Cuarta edic., Brujas Editorial, Buenos Aires. 32 p.
- Eckstein, D., J. Ogden, G. Jacoby & J. Ash. 1980. Determinación de la edad y ritmo de crecimiento de árboles tropicales: La aplicación de métodos dendrocronológicos. pp. 86-109. En: Bormann, F. & G. Berlyn (eds.) *Edad y Tasa de Crecimiento de los Árboles Tropicales*. Continental Editorial, Veracruz.
- Finegan, B. 1992. Bases ecológicas para la producción forestal y agroforestal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba. 38 p.
- Fredericksen, T. & W. Pariona. 2002. Effect of skidder disturbance on commercial

- tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 116: 151-161.
- Gadow, K., A. Rojo, J. Álvarez, & R. Rodríguez. 1999. Ensayos de crecimiento, parcelas permanentes, temporales y de intervalo. *Investigación Agrícola: Sistema de Recurso Forestal* 1: 1-12.
- Gutiérrez, E. 2008. La dendrocronología: métodos y aplicaciones. pp. 303-315. En: Nieto, X. & M. A. Cau. (eds.) *Arqueología Náutica Mediterránea*. Generalitat de Catalunya. Editorial, Barcelona.
- Quiroga, J.A. 1999. Bolivia un mundo de potencialidades. Atlas estadístico de municipios. La Paz. 35 p.
- Justiniano, M., T. Fredericksen & D. Nash. 2000. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas - serebó o sombrerillo *Schizolobium parahyba*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz. 37 p.
- Justiniano, M., T. Fredericksen & D. Nash. 2001. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas - yesquero blanco *Cariniana ianeirensis*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz. 47 p.
- López, L. 2003. Estudio de anillos de crecimiento en once especies forestales. Tesis de licenciatura en ingeniería forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz. 85 p.
- López, L. 2011. Una aproximación dendrocronológica a la ecología y el manejo de los bosques tropicales secos del Cerrado boliviano. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Comahue, Bariloche. 280 p.
- López, L., R. Villalba & M. Peña-Claros. 2011. Los anillos de crecimiento de *Centrolobium microchaete* (Fabaceae, Papilionoideae), una herramienta para evaluar el manejo forestal de los bosques secos tropicales del Cerrado boliviano. *Ecología en Bolivia* 46(2): 77 – 94.
- Lorenzi, H. 1992. Árvores brasileiras- Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Plantarum, Nova Odessa, São Paulo. 15 p.
- Mariaux, A. 1980. Esfuerzos anteriores en la medida de la edad y el crecimiento anual en los árboles tropicales. pp. 20-30. En: Bormann, F. & G. Berlyn (eds.) *Edad y Tasa de crecimiento de los Árboles Tropicales*. Continental, Editorial, Veracruz.
- Navarro, G. 2011. Clasificación de la vegetación de Bolivia. Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz. 713 p.
- Ohlson - Kiehn, C., A. Alarcon & U. Choque. 2003. Variación en disturbios del suelo y el dosel causados por el aprovechamiento de diferentes intensidades en un bosque tropical húmedo de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz. 31 p.
- Richter, H. G., I. Tomazelli & J.C. Moreschi. 1974. Estudio tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahybum*). *Revista Floresta* 5: 26-30.
- Rizzini, C. T. 1978. Plantas do Brasil: árvores e madeira úteis do Brasil. Manual de dendrologia brasileira, Edgard Blücher, São Paulo. 38 p.
- Rozendaal, D. 2010. Looking backwards: Using tree rings to evaluate long-term growth patterns of Bolivian forest trees. Programa Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana (PROMAB), Riberalta, Scientific Series 12. 150 p.
- Silveira, M. 2011. Dendrocronologia, fenología, actividade cambial e qualidade de lenho de arvores de *Cedrela odorata*, *Cedrela fissilis*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, no estado do Acre, Brasil. Tesis de doctorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo. 216 p.
- Stokes, M.A. & T.L. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago. 73 p.
- Suárez, W. 2011. Estudio fenológico de seis especies forestales con potencial

- maderable en el bosque universitario del valle del Sacta - Cochabamba. Tesis de licenciatura, Escuela Forestal (ESFOR), Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 20 p.
- Suntaxi, E. 2010. Realizar una aproximación dendroclimatológica, en un bosque seco utilizando la especie guasmo (*Guazuma ulmifolia*) y su relación con la precipitación y temperatura en el periodo 1974-2007. Tesis de licenciatura en ingeniería agrícola y biología, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. 147 p.
- Szejner, P. 2012. Aplicaciones de la dendrocronología para el manejo sustentable de los recursos forestales. Córdoba. 11 p.
- Tomazello, M., F. Roig & P. Zevallos. 2009. Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. *Ecología en Bolivia* 44(2): 73–82.
- Villar, R., J. Ruiz-Robledo, J. Quero, H. Poorter, F. Valladares & T. Marrañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: Aspectos fundamentales e implicaciones ecológicas. pp. 191 - 227. En: Valladares, F. (ed.) *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*. EGRAF S.A. Madrid.

Artículo recibido en: 13 de Enero de 2015.

Manejado por: Daniel Larrea.

Aceptado en: 24 de Marzo de 2015.