

# II SIMPOSIO FORESTAL 2023



*Presentación de experiencias e investigación  
de los estudiantes de Ingeniería Forestal*

## Bosques Andinos: Pasado, Presente y Futuro

Exposición Magistral  
Invitado Especial  
**Sebastián González-Caro**  
Doctor en Ecología

fecha límite de inscripción:  
13 DE NOVIEMBRE DE 2023

Información  
Correo: [iforest\\_med@unal.edu.co](mailto:iforest_med@unal.edu.co)  
Teléfono: 430 9021

4 de diciembre 2023  
8:00 a.m. - 5:30 p.m.  
AULA MAXIMA  
BLOQUE 11, PISO 2

Departamento de Ciencias Forestales  
Área Curricular de Bosques y Conservación Ambiental  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Sede Medellín



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**JOSÉ ISMAEL PEÑA REYES**  
RECTOR

**JUAN CAMILO RESTREPO GUTIÉRREZ**  
VICERRECTOR · SEDE MEDELLÍN

**GUILLERMO LEÓN VÁSQUEZ VELÁSQUEZ**  
DECANO · FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

## COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

<b>Rita M. Ávila de Hernández</b> , Ph.D. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Lara, Venezuela. ritaavila@ucla.edu.ve	<b>Walter Motta Ferreira</b> , D.Sc. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. pereira3456@hotmail.com
<b>Felipe Bravo Oviedo</b> , D.Sc. Universidad de Valladolid. Valladolid, España. fbravo@pvs.uva.es	<b>Tomas Norton</b> , Ph.D. University of Leuven. Leuven, Flanders, Bélgica. tnorton@harper-adams.ac.uk
<b>José Rafael Córdova</b> , Ph.D. Universidad Simón Bolívar y Universidad Central de Venezuela. Baruta, Venezuela. jcordova45@yahoo.com	<b>Pepijn Prinsen</b> , Ph.D. University of Amsterdam. Holanda. pepijnprinsen33@hotmail.com
<b>José Luis Crossa</b> , Ph.D. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Texcoco, México. j.crossa@cgiar.org	<b>Aixa Ofelia Rivero Guerra</b> , Ph.D. Centro Europeo de Estadística Aplicada. Sevilla, España. rivero-guerra@hotmail.com
<b>Mateo Itzá Ortiz</b> , D.Sc. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Chihuahua, México. mateo.itza@uacj.mx	<b>Antonio Roldán Garrigos</b> , Ph.D. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España. aroldan@cebas.csic.es
<b>Juan Pablo Damián</b> , Ph.D. Universidad de la República, Uruguay. jpablodamian@gmail.com	<b>Elhadi M. Yahia</b> , Ph.D. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. elhadiyahia@hotmail.com
<b>Moncef Chouaibi</b> , Ph.D. Higher School of Food Industries of Tunisia (ESIAT), Tunisia. moncef.chouaibi@yahoo.com.au	<b>Meisam Zargar</b> , Ph.D. RUDN University, Rusia. zargar_m@pfur.ru

## COMITÉ EDITORIAL

### Período 2019-2021

<b>Carlos Julio Márquez Cardozo</b> , Ph.D. Editor en Jefe	Universidad Nacional de Colombia. Colombia cjmarque@unal.edu.co
<b>Flavio Alves Damasceno</b> , Ph.D.	Universidade Federal de Lavras. Brasil flavioa@gmail.com
<b>Luz Estela González de Bashan</b> , Ph.D.	The Bashan Institute of Science, USA legonzal04@cibno.mx
<b>Juan Diego León Peláez</b> , Ph.D.	Universidad Nacional de Colombia. Colombia jdleon@unal.edu.co
<b>Deyanira Lobo Luján</b> , Ph.D.	Universidad Central de Venezuela. Venezuela lobo.deyanira@gmail.com
<b>Sara Márquez Girón</b> , Ph.D.	Universidad de Antioquia. Colombia saramariamarquezg@gmail.com
<b>Jousset Alexandre</b> , Ph.D.	Utrecht University. Países Bajos A.L.C.Jousset@uu.nl
<b>Juan Gonzalo Morales Osorio</b> , Ph.D.	Universidad Nacional de Colombia. Colombia jgmoreleso@unal.edu.co
<b>Jaime Parra Suescún</b> , Ph.D.	Universidad Nacional de Colombia. Colombia jeparrasu@unal.edu.co
<b>Camilo Ramírez Cuartas</b> , Ph.D.	Universidad de Antioquia. Colombia camilo.ramirez@udea.edu.co
<b>Iang Schroniltgen Rondon</b> B. M.Sc. Ph.D(c)	Universidad del Tolima. Colombia isrondon@ut.edu.co
<b>Paola Andrea Sotelo Cardona</b> , Ph.D.	World Vegetable Center (WorldVeg). Taiwan paola.sotelo@worldveg.org

## EDICIÓN TÉCNICA

Mario Alejandro Vallejos Jiménez

**Periodicidad:** Cuatrimestral  
Vol. 77 No. 2- 2024

**Admitida en las Bases**

**Bibliográficas:** Scopus  
Scielo (Scientific Electronic Library Online)  
ISI-Scielo Citation Index  
REDIB (Red Iberoamericana e innovación y conocimiento científico)  
Cabi (www.cabi.org)  
EBSCO Host  
Google Scholar  
DOAJ (Directory of Open Access Journals)  
Ulrich's Periodicals Directory (Global Serials Directory)  
Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal)  
Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal)  
ProQuest  
Teal (The Essential Electronic Agricultural Library)  
WZB (Berlin Social Science Center)  
Cross ref  
Cornell University  
Field Crop Abstracts  
Forestry Abstracts  
Plant Breeding Abstracts  
Índice Agrícola de América Latina y el Caribe  
Índice Bibliográfico Nacional  
Minciencias - Publindex  
AGRIS-FAO

**Portada:** Fotografías por:

**Contraportada:** Klara Torres Restrepo

**Dirección postal:** Apartado Aéreo 568, Medellín, Colombia

**Dirección electrónica:** rfnagron\_med@unal.edu.co

**Página Web:** <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame>

**Teléfono:** (\*4) 430 90 06; Fax: (\* 4) 230 04 20

**Diagramación:** Miryam Ospina Ocampo

**Marcación:** LandSoft S.A.

**Diseño e Impresión:** Centro de Publicaciones UN, Medellín.

**Primera edición:** Año 1939

**ISSN:** 0304-2847

**ISSN formato web:** 2248-7026

**doi:** 10.15446/rfnam



**Licencia Ministerio de Gobierno:** 275/64

# Contenido

Volumen 77: Suplemento 1, 2024

## II Simposio Forestal 2023

- Growth rings and vessel density assessment in three tree species established in contrasting environments in the tropics** 13  
Evaluación de los anillos de crecimiento y la densidad de los vasos en la anatomía de árboles de tres especies establecidas en ambientes contrastantes en el trópico  
Laura Gutiérrez-Correa, Julieth Monsalve-Peláez, Camilo Restrepo-Caro, Natali Caro, Jorge A. Giraldo
- Eco-governmentality, territory, and indigeneity: An analysis of the historical transformation of La Cocha lagoon's territory** 14  
Eco-gubernamentalidad, territorio e indigeneidad. Un análisis sobre la transformación histórica del territorio de la laguna de La Cocha  
Carlos Daniel Santacruz-Pantoja, Juan Camilo De Los Ríos-Cardona
- Climate - radial tree growth relationship of *Tachigali colombiana* Dwyer** 15  
Crecimiento radial de *Tachigali colombiana* Dwyer y su relación con el clima  
Karen Uribe, Luis F. Osorio, Jorge A. Giraldo
- Dendrochronological potential of *Byrsonima crassifolia* Kunth to record fires in the Cerro Quitasol, Bello - Antioquia** 16  
Potencial dendrocronológico de *Byrsonima crassifolia* Kunth para registrar incendios en el cerro Quitasol, Bello – Antioquia  
Laura Paez-Perilla, Ricardo Tejada, Jorge A. Giraldo
- Linking minimum air temperature dynamics to sap production in maple trees during the sap season, northern Quebec** 17  
Dinámica de la temperatura mínima del aire y la producción de jarabe de arce durante la temporada de extracción de savia, en el norte de Quebec  
Laura Sanín Colorado, Flavio Humberto Moreno Hurtado, Sergio Rossi, Sara Kurokawa
- Approach to non-destructive methods in urban forestry: Analysis of acoustic tomography in biomechanics of *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M.Perry and *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.** 18  
Aproximación a métodos no destructivos en silvicultura urbana: Análisis de la tomografía acústica en la biomecánica de *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M.Perry y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.  
Luis Sebastián Bravo Chacón, Juan Carlos Sierra Mondragón, Paulina Mesa Vanegas
- Relationship between precipitation and stem growth of *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. in Medellín: A phenological approach.** 19  
Relación entre la precipitación y el crecimiento del tallo de *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh en Medellín: Un enfoque fenológico.  
Manuela Zuluaga-Sánchez, Edwin Barrientos, Karen Uribe, Ricardo Tejada, María Paulina Castro, Laura Sanín, Miguel Ángel Peña, Luis Fernando Osorio, Jorge A. Giraldo
- Tree rings and leaf phenology of *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex. Eguiluz & J.P.Perry** 20  
Anillos de crecimiento y fenología foliar de *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex. Eguiluz & J.P.Perry  
Mateo Puentes- Pacheco, Sara Quintero- Montoya, Juan Carlos Sierra, Jorge A. Giraldo
- Growth-climate relationship using dendrochronological techniques with *Pseudolmedia laevigata* Trécul in a high-Andean Forest.** 21  
Relación crecimiento - clima empleando técnicas dendrocronológicas con *Pseudolmedia laevigata* Trécul en un bosque Alto Andino.  
Natalia Andrea Avendaño Rúa, Natalia Isabel Guarín Ospina, Jorge A. Giraldo

<p><b>Food preferences of red howler monkeys (<i>Alouatta seniculus</i>) in a tropical rainforest of Santander, Colombia</b></p> <p>Preferencias alimentarias de los monos aulladores rojos (<i>Alouatta seniculus</i>) en un bosque húmedo tropical de Santander, Colombia</p> <p>Pablo López Cano, Néstor Javier Mancera Rodríguez, Andrés Link Ospina</p>	22
<p><b>Analysis of the mechanical properties of the wood of <i>Cariniana pyriformis</i> Miers and <i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. ex. Eguiluz &amp; J.P. Perry by comparison of destructive and non-destructive (ultrasound) methods</b></p> <p>Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de Abarco (<i>Cariniana pyriformis</i> Miers) y <i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. ex. Eguiluz &amp; J.P. Perry, mediante la comparación de métodos destructivos y no destructivos (ultrasonido)</p> <p>Paulina Mesa Vanegas, Juan Carlos Sierra Mondragón, Luis Sebastián Bravo Chacón</p>	23
<p><b>Growth rhythms and phenological relationships of <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz &amp; Pav.) Oken in “El Volador” campus of the Universidad Nacional de Colombia, Medellín campus</b></p> <p>Ritmos de crecimiento y relaciones fenológicas de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz &amp; Pav.) Oken en el campus El Volador de la Sede Medellín</p> <p>Ricardo Tejada-Arango, Karen Uribe, Manuela Zuluaga, Edwin Barrientos, María Paulina Castro, Laura Sanín, Jorge A. Giraldo</p>	24
<p><b>Dendrochronological potential of Andean species used in ecological restoration</b></p> <p>Potencial Dendrocronológico de especies Andinas utilizadas en restauración ecológica</p> <p>Juan M. Giraldo-Salazar, Sebastián Mejía-Guerrero, Camila Patiño-Quiróz, Juan C. Sierra, Luis F. Osorio, Jorge A. Giraldo</p>	25
<p><b>Changes in soil organic carbon stocks after deforestation in the Northwestern Amazon</b></p> <p>Cambios en el contenido de carbono orgánico en el suelo posterior a la deforestación en la Amazonía Noroccidental</p> <p>Valentina Lara Rivera, Álvaro Javier Duque, Miguel Ángel Peña, Carlos A. Sierra</p>	26

## II Simposio Forestal 2023

### Decano

Guillermo Vásquez Velásquez

Decano Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

decagron\_med@unal.edu.co

### Editores

Ligia E. Urrego G.

Profesora Asociada Departamento de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

leurrego@unal.edu.co

Miryam Ospina Ocampo

Diseño y Diagramación  
Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín  
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

mospina@unal.edu.co





## **II Simposio Forestal 2023**

### **INTRODUCCIÓN**

El Área Curricular de Bosques y Conservación Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, promueve la socialización de los proyectos de investigación en los que participan los estudiantes y/o recién egresados adscritos al programa de Ingeniería Forestal a través de la convocatoria para participar en el Simposio de estudiantes de Ingeniería Forestal. A continuación, se presentan los resúmenes de las presentaciones orales o de pósters, de la segunda versión de este evento que se llevó a cabo durante el mes de diciembre del año 2023.

ó

Durante este evento, los estudiantes compartieron los resultados de sus investigaciones desarrolladas dentro de los cursos de Trabajo de Grado, Asignaturas del componente profesional del plan de estudios y/o las Prácticas Académicas Especiales (PAE). Los expositores abordaron temas relacionados con el campo Forestal, de interés académico y científico con implicación global para el manejo y conservación de bosques naturales y plantados. Estas primeras experiencias como investigadores quedan recopiladas en la publicación de los resúmenes en la Revista Facultad Nacional de Agronomía. Que sean estas memorias un insumo para futuros ejercicios de investigación y profundización para los estudiantes de Ingeniería Forestal actuales y los que vendrán.



**RESÚMENES  
DE INVESTIGACIONES**



## RESÚMENES DE INVESTIGACIONES

**Growth rings and vessel density assessment in three tree species established in contrasting environments in the tropics****Evaluación de los anillos de crecimiento y la densidad de los vasos en la anatomía de árboles de tres especies establecidas en ambientes contrastantes en el trópico**

Laura Gutiérrez-Correa<sup>1</sup>, Julieth Monsalve-Peláez<sup>1</sup>,  
Camilo Restrepo-Caro<sup>1</sup>, Natali Caro<sup>1</sup> and  
Jorge A. Giraldo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia.  
\*Corresponding author: lgutierrezco@unal.edu.co

**ABSTRACT:** Xylem anatomical traits (*i.e.* diameter, area, and vessel distribution) affect hydraulic conductivity in trees. Some studies have shown plasticity in xylem hydraulic traits and the presence of growth rings, but such variations have rarely been investigated across different time scales and species growing in contrasting tropical ecosystems. This study focuses on the analysis of growth rings of three tree species of equal provenance, germinated and planted in 2017: *Cedrela odorata* Linnaeus, *Jacaranda caucana* Pittier and *Cariniana pyriformis* Miers, and their response to three annual precipitation regimes: Medellín, Antioquia (1612 mm); La Cumbre (1129 mm) and Bajo Calima (7219 mm), Valle del Cauca. In 2020, five individuals were harvested from each species per site, and their samples (cross-sections) were subsequently dried, sanded, and scanned at high resolution (2400 dpi). Differences in growth ring formation were recorded among the species and locations studied. Although the expectation was to observe one ring per year elapsed between planting and sampling time (3 rings in 3 years), *C. odorata* exhibited 4 rings in La Cumbre, and both *C. pyriformis* and *J. caucana* formed 4 rings in Medellín and La Cumbre, while in Bajo Calima each species presented 3 rings. Therefore, the expression of growth rings could be regulated by the bimodal rainfall regime. These characteristics suggest an adaptation of the trees to diverse climatic conditions, in which precipitation, both deficit and excess, acts as a limiting factor for the growth of the species. In addition, vessel density and diameter were higher at sites with higher annual rainfall.

The establishment of the same species in different climatic gradients made it possible to establish whether variation helps to infer how determinant genes or environmental conditions are in phenotypic expression.

**RESUMEN:** Los rasgos anatómicos del xilema (*i.e.* diámetro, área y distribución de vasos) afectan la conductividad hidráulica en los árboles. Algunos estudios han demostrado plasticidad en los rasgos hidráulicos del xilema y la presencia de anillos de crecimiento, pero rara vez se ha explorado dicha variación en diferentes escalas de tiempo y especies que crecen en ecosistemas contrastantes en el trópico. Este estudio se centra en el análisis de los anillos de crecimiento de tres especies arbóreas de igual procedencia, germinadas y plantadas en 2017: *Cedrela odorata* Linnaeus, *Jacaranda caucana* Pittier y *Cariniana pyriformis* Miers, y su respuesta a tres regímenes de precipitación anual: Medellín, Antioquia (1612 mm); La Cumbre (1129 mm) y Bajo Calima (7219 mm), Valle del Cauca. En 2020 se cosecharon 5 individuos por especie de cada sitio, las muestras (secciones transversales) se secaron, lijaron y escanearon a alta resolución (2400 dpi). Se registraron diferencias en la formación de los anillos de crecimiento entre las especies y ubicaciones estudiadas. Aunque se esperaba observar tantos anillos como años transcurridos, entre el momento de la plantación y el del muestreo (3 anillos en 3 años), *C. odorata* presentó 4 anillos en La Cumbre, y tanto *C. pyriformis* como *J. caucana* formaron 4 anillos en Medellín y La Cumbre, mientras que en Bajo Calima cada especie presentó 3 anillos. La expresión de anillos de crecimiento en estos sitios podría estar regulada por el régimen bimodal de lluvias. Estas características sugieren una adaptación de los árboles a diversas condiciones climáticas, donde aparentemente tanto el déficit como el exceso de precipitación actúan como un factor limitante para el crecimiento de las especies. Además, la densidad y el diámetro de los vasos fue mayor en los sitios con mayor precipitación anual. El establecimiento de las mismas especies en diferentes gradientes climáticos permitió inferir qué tan determinantes son los genes o las condiciones ambientales en la expresión fenotípica.

**Keywords:** Annual growth rings; hydraulic anatomy; phenotypic expression; plasticity; vessel diameter.

**Palabras clave:** Anillos de crecimiento anuales; Anatomía hidráulica; expresión fenotípica; plasticidad; diámetro de los vasos.

**Eco-governmentality, territory, and indigeneity.  
An analysis of the historical transformation of La  
Cocha lagoon's territory**

**Eco-gubernamentalidad, territorio e indigeneidad.  
Un análisis sobre la transformación histórica del  
territorio de la laguna de La Cocha**

Carlos Daniel Santacruz-Pantoja<sup>1</sup> and  
Juan Camilo De Los Ríos-Cardona<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Agronómicas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

\*Corresponding author: csantacruzp@unal.edu.co

**ABSTRACT:** La Cocha, in southwestern Colombia, is the country's second-largest lagoon in the country and has been considered a Ramsar wetland since 2000. It is surrounded by Moorlands, high Andean forests and totorals. It is a territory rich in biodiversity and cultural significance and is a sacred territory to the Quillasinga Indigenous People. In 2009, the government recognized it as the Quillasinga Refugio del Sol Indigenous Reservation (RIQRS), but only a small portion of its ancestral lands. This territory has been protected by different conservation figures, such as a National Forest Reserve and a Natural National Park; development projects have also been promoted, with the introduction of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for marketing. The historical transformation of the territory was analyzed from the Quillasinga vision and the protection provided by the conservation figures. The methodology consisted of reviewing secondary information and 1:100.000 scale coverage maps over three time periods (2005-2009, 2010-2012 and 2018). Fieldwork was conducted with participant observation and semi-structured interviews with key actors RIQRS between October and November 2023. The analysis started from three categories: eco-governmentality, territory and indigeneity. It was concluded that the management of conservation areas has not been effective in its purpose and has led to new extractivisms in the area; while development projects have failed to improve social conditions, they now act as profit mechanisms for people outside the territory. Institutionalality has ignored both

the authority and the worldview of RIQRS. Its inhabitants present a holistic territorial vision that links space with the notions of body-territory and, in turn, as a subject with life and rights.

**RESUMEN:** La laguna de La Cocha, en el suroccidente de Colombia, es la segunda más grande del país y es considerada como humedal Ramsar desde el año 2000. Está rodeada de páramos, bosques altoandinos y totorales, es un territorio rico en biodiversidad y significado cultural, y es territorio sagrado para los indígenas Quillasingas. En 2009, el gobierno reconoció como Resguardo Indígena Quillasinga Refugio del Sol (RIQRS), solo una pequeña porción de sus tierras ancestrales. Este territorio ha sido protegido por diferentes figuras de conservación, como Reserva Forestal Nacional Protectora y como Parque Nacional Natural; también se han fomentado proyectos de desarrollo, con la introducción de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) para su comercialización. Se analizó la transformación histórica del territorio desde la visión Quillasinga y la protección que han brindado las figuras de conservación. La metodología consistió en la revisión de información secundaria e información cartográfica de mapas de coberturas a escala de 1:100.000 en tres periodos de tiempo (2005-2009, 2010-2012 y 2018). Se realizó trabajo de campo con observación participante y entrevistas semiestructuradas a actores clave del RIQRS, entre octubre y noviembre de 2023. El análisis partió desde tres categorías: eco-gubernamentalidad, territorio e indigeneidad. Como aportes principales, se concluyó que la gestión de las áreas de conservación no ha sido efectiva en su propósito y ha propiciado nuevos extractivismos en la zona, mientras que los proyectos de desarrollo no han logrado mejorar las condiciones sociales, sino que actúan como mecanismos de beneficio de gente ajena al territorio. La institucionalidad ha desconocido tanto la autoridad como la cosmovisión del RIQRS. Sus habitantes presentan una visión territorial holística que vincula el espacio con las nociones de cuerpo-territorio y a su vez como sujeto con vida y derechos.

**Keywords:** Conservation areas; geopolitics; indigenous communities; worldview.

**Palabras clave:** Áreas de conservación; geopolítica; comunidades indígenas; cosmovisión.

## Climate - radial tree growth relationship of *Tachigali colombiana* Dwyer

### Crecimiento radial de *Tachigali colombiana* Dwyer y su relación con el clima

Karen Uribe<sup>1,2</sup>, Luis F. Osorio<sup>1,2</sup> and Jorge A. Giraldo<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Semillero de investigación en Ecología y Silvicultura de Precisión. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <sup>3</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia

\*Corresponding author: kuribe@unal.edu.co

**ABSTRACT:** Plant growth rhythms are related to climatic seasonal events. An example is the successive layers of wood, formed rhythmically in woody plants, known as tree rings. Although the expression of these layers in tropical trees has been explained by the water deficit in some months of the year, recent studies have revealed that in ever-wet tropical forests, precipitation excess, light availability, and soil humidity determine the growth rates of the trees in these ecosystems. We analyzed the growth rings of *Tachigali colombiana* Dwyer (Fabaceae) from an ever-wet tropical forest in Buenaventura, Colombia (mean annual precipitation 7,200 mm) to evaluate the effect of solar radiation, monthly temperature, and precipitation on its growth. Although tree-ring frequency in *T. colombiana* was demonstrated in a previous study, its relationship with climate has never been assessed. We used cross-sections and core increments from eight trees. We used CooRecorder, CDendro and R software for data acquisition and analysis. A satisfactory synchronization (i.e., cross-dating) was obtained: serial intercorrelation of 0.49 ( $P < 0.05$ ), which allowed to generate a robust chronology (1967-2019). A positive correlation was evident with the February precipitation (the least rainy month) and a negative correlation with the precipitation of September (the rainiest month). A positive correlation with solar radiation in February (lower cloudiness, higher radiation), and a negative correlation during November and December (higher cloudiness, lower radiation) was recorded. No significant relationship was found with monthly average temperature, which limits its contribution to explain the tree growth. Our results suggest that the growth of *T.*

*colombiana* is limited by the light deficit resulting from high cloudiness and precipitation in this hyper-humid tropical environment.

**RESUMEN:** Los ritmos de crecimiento de las plantas se asocian con eventos climáticos estacionales. Las capas sucesivas de madera o anillos de crecimiento, formadas rítmicamente en las plantas leñosas, son ejemplo de ello. Aunque la expresión de dichas capas en árboles tropicales ha sido explicada por el déficit hídrico en algunos meses del año, estudios recientes han revelado que, en los bosques tropicales siempre húmedos, el exceso de precipitación, la disponibilidad de luz, y la humedad del suelo también determinan los ritmos de crecimiento de los árboles de estos ecosistemas. Analizamos los anillos de crecimiento de árboles de *Tachigali colombiana* Dwyer (Fabaceae) de un bosque tropical siempre húmedo, en Buenaventura, Colombia (precipitación media anual de 7.200 mm), para evaluar el efecto de la radiación, la temperatura y la precipitación mensual sobre su crecimiento. Aunque la anualidad de los anillos en *T. colombiana* fue demostrada en un estudio anterior, su relación con el clima no ha sido evaluada. Se utilizaron secciones transversales y núcleos barrenados de ocho individuos, marcando visualmente los anillos de crecimiento con el software *CooRecorder* y analizando con los programas *CDendro* y *R*. Se encontró una sincronización (i.e., co-fecha) satisfactoria: Inter correlación serial de 0,49 ( $P < 0,05$ ), lo que permitió generar una cronología robusta (1967-2019). Se evidenció una correlación positiva del crecimiento con la precipitación de febrero (el mes menos lluvioso) y negativa con septiembre (el mes más lluvioso). Con la radiación solar media mensual presentó una correlación positiva en febrero (menor nubosidad, mayor radiación) y negativa durante noviembre y diciembre (mayor nubosidad, menor radiación). No se encontró una relación significativa con la temperatura media mensual, lo que limita su contribución para explicar el crecimiento. Nuestros resultados sugieren que el crecimiento de *T. colombiana* está limitado por el déficit lumínico producto de alta nubosidad y precipitación en este ambiente tropical hiper húmedo.

**Keywords:** Dendrochronology; ever-wet tropical forests; tree rings; tropical trees.

**Palabras clave:** Dendrocronología; bosques siempre húmedos; anillos de crecimiento; árboles tropicales.

**Dendrochronological potential of *Byrsonima crassifolia* Kunth to record fires in the Cerro Quitasol, Bello - Antioquia**

**Potencial dendrocronológico de *Byrsonima crassifolia* Kunth para registrar incendios en el cerro Quitasol, Bello – Antioquia**

Laura Paez-Perilla<sup>1</sup>, Ricardo Tejada<sup>1,2</sup>  
and Jorge A. Giraldo<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Semillero de Ecología y Silvicultura de Precisión. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>3</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia.

\*Corresponding author: lpaezpe@unal.edu.co

**ABSTRACT:** Dendrochronology studies the tree growth memory, enabling the retrieval of environmental information from the past by analyzing the wood layers known as tree-rings. Through the analysis of such wood layers, it is possible to reconstruct changes in climate variables such as precipitation and temperature, as well as date disturbances affecting the tree growth and forest structure, such as droughts, windstorms, insect pests, and fires. Particularly, the fire history can be reconstructed using fire-tolerant trees, through the technique known as dendropyrochronology. Although the tropical species *Byrsonima crassifolia* Kunth (Malpighiaceae) is known to be resistant to drought and periodic fires, its potential for reconstructing fire history has not been explored. This study aims to characterize the wood anatomy of the rings of *B. crassifolia* trees and evaluate the potential of its growth rings to record fires on Cerro Quitasol (Bello, Colombia). Cerro Quitasol is a pyramidal hill prone to periodic fires, particularly during the lowest rainfall period (January-February: 83.9 mm/month). It receives an average annual rainfall of 1,925 mm and has an annual average temperature of 23 °C. Branch samples (cross sections) from six *B. crassifolia* individuals were collected to characterize their growth rings and examine wounds produced by previous fires. Clearly visible, delineable, and datable tree rings were observed. The wood anatomy is characterized by changes in cell wall thickness and diffuse porosity. The samples showed between 5 and 7 rings (5-7 years), with one of the samples displaying a fire-induced wound dating back to the year 2020, which aligns with historical reports

of fires on the hill. These results confirm the species' potential to record fires and present a new avenue for research in fire ecology. Sampling long-lived individuals in the future will allow for the reconstruction of Cerro Quitasol's fire history.

**RESUMEN:** La dendrocronología estudia la memoria del crecimiento de los árboles y permite obtener información ambiental del pasado, empleando los anillos de crecimiento formados en su madera. A través de éstos es posible reconstruir el clima (i.e. precipitación y temperatura estacionales) y datar disturbios que afectan el crecimiento de los árboles y la estructura del bosque (e.g sequías, vendavales, plagas y fuegos). En particular, se puede reconstruir la historia de los incendios analizando anillos de árboles tolerantes a éstos (i.e. dendropyrocronología). Aunque el noro, *Byrsonima crassifolia* Kunth (Malpighiaceae) es una especie tropical resistente a sequías e incendios periódicos, su potencial para reconstruir la ocurrencia de éstos últimos no ha sido explorada. El objetivo de este estudio es caracterizar la anatomía de los anillos de crecimiento de *B. crassifolia* y evaluar su potencial para registrar incendios en el cerro Quitasol (Bello, Colombia). El Quitasol es un cerro piramidal que presenta incendios periódicos durante el período de menos lluvias (enero-febrero: 83,9 mm/mes). Cuenta con una precipitación media de 1.925 mm/año y una temperatura media anual de 23 °C. Se muestrearon ramas de seis individuos de noro con el fin de caracterizar sus anillos de crecimiento y las heridas producidas por incendios previos. Se evidenciaron anillos de crecimiento claramente visibles, delineables y datables. Su anatomía está caracterizada por cambios en el espesor de la pared de las células y porosidad difusa. Las muestras presentaron entre 5 y 7 anillos (5-7 años); en una de éstas, se logró apreciar una herida producida por fuego que data del año 2020, y coincide con los reportes históricos de incendios en el cerro. Estos resultados confirman el potencial de la especie para registrar incendios y ofrecen una nueva posibilidad de investigaciones en ecología del fuego. El muestreo de individuos longevos en un futuro permitiría obtener una perspectiva histórica de los incendios en el cerro Quitasol.

**Keywords:** Climate; fire ecology; fire history; tree rings; wood anatomy.

**Palabras clave:** Clima; ecología del fuego; historia del fuego; anillos de crecimiento; anatomía de la madera.



## Linking minimum air temperature dynamics to sap production in maple trees during the sap season, northern Quebec

### Dinámica de la temperatura mínima del aire y la producción de jarabe de arce durante la temporada de extracción de savia, en el norte de Quebec

Laura Sanín Colorado<sup>1</sup>, Flavio Humberto Moreno Hurtado<sup>2</sup>, Sergio Rossi<sup>3</sup> and Sara Kurokawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>3</sup>Département des Sciences Fondamentales. Université du Québec, Canada.

\*Corresponding author: lsaninc@unal.edu.co

**ABSTRACT:** This study focuses on the critical period of sap production, spanning approximately 20 days during the sap season when daily production exceeds 30 ml per tree. The investigation took place in the sugar bush Érablière au Sucre d'Or, situated in the Laterrière region of Saguenay, Quebec, Canada. Hourly monitoring was conducted on four trees: two sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) and two red maple (*Acer rubrum* L.). Data collection involved the use of rain gauges to measure sap volume and air temperature sensors to record the atmospheric temperature around each tree. Temporal analysis focused on the key period of sap production from April 10 to April 30, 2023. Statistical methods such as cross-correlation tests, Granger causality, and Phillips-Ouliaris cointegration tests were employed to explore the relationship between minimum air temperature and sap production. Additionally, the determination of the temperature base (T<sub>b</sub>) was achieved by calculating growing degree days (GDD) within a temperature range of 0 to 10 °C. Results highlighted a temporal link between minimum air temperature and sap production, with a one-day and six-hour lag, supporting the hypothesis that minimum air temperatures precede sap production peaks. Granger causality testing further confirmed this causal relationship. A temperature base of 2.99 °C was identified like the value where GDD exhibited the minimum coefficient of variation. During the peak sap production period, daily trends revealed consistent patterns, underscoring the significance of fluctuations in minimum temperature. These findings deepen our

understanding of the factors influencing sap production in maple trees, particularly during the examined critical period, and the importance of monitoring the temperature base to anticipate and optimize sap production under changing climate conditions.

**RESUMEN:** El estudio se centra en el período crítico de producción de savia, que dura alrededor de 20 días, durante la temporada de cosecha de jarabe de arce, cuando la producción diaria excede los 30 ml por árbol. Se llevó a cabo en la granja Érablière au Sucre d'Or, en Laterrière, Saguenay, Quebec, Canadá. Se monitorearon cuatro árboles por hora: dos arces de azúcar (*Acer saccharum* Marsh.) y dos arces rojos (*Acer rubrum* L.). La recolección de datos incluyó pluviómetros para medir el volumen de savia y sensores digitales para registrar la temperatura atmosférica alrededor de cada árbol. Se utilizaron métodos estadísticos como pruebas de correlación cruzada, causalidad de Granger y pruebas de cointegración de Phillips-Ouliaris para explorar la relación entre la temperatura mínima del aire y la producción de savia. La temperatura base (T<sub>b</sub>) se determinó mediante el cálculo de los grados día de crecimiento (GDC) dentro de un rango de temperatura de 0 a 10 °C. Los resultados revelaron un vínculo temporal entre la temperatura mínima del aire y la producción de savia, con un retraso de un día y seis horas, respaldando la hipótesis de que las temperaturas mínimas del aire preceden a los picos de producción de savia. Las pruebas de causalidad de Granger confirmaron esta relación causal. Se identificó una temperatura base de 2,99 °C como el valor donde los GDC exhibieron el mínimo coeficiente de variación. Durante el período de máxima producción de savia, las tendencias diarias mostraron patrones consistentes, resaltando la importancia de las fluctuaciones en la temperatura mínima. Estos hallazgos profundizan la comprensión de los factores que influyen en la producción de savia en los arces, especialmente durante el período crítico examinado, y la importancia de monitorear la temperatura base para anticipar y optimizar la producción de savia en condiciones climáticas cambiantes.

**Keywords:** *Acer rubrum* L.; *Acer saccharum* Marsh.; hourly scale; maple syrup; sap exudation.

**Palabras claves:** *Acer rubrum* L.; *Acer saccharum* Marsh.; escala horaria; miel de maple; exudación de savia.

**Approach to non-destructive methods in urban forestry: Analysis of acoustic tomography in biomechanics of *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M.Perry and *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC**

**Aproximación a métodos no destructivos en silvicultura urbana: Análisis de la tomografía acústica en la biomecánica de *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M.Perry y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC**

Luis Sebastián Bravo Chacón<sup>1</sup>, Juan Carlos Sierra Mondragón<sup>2</sup> and Paulina Mesa Vanegas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Semillero de Ecología y Silvicultura de Precisión. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

**ABSTRACT:** Evaluating the internal decay of urban trees to prevent collapse is necessary to preserve the ecosystem services they provide. Acoustic tomography is a Non-destructive method (NDM) that has proven to be effective in assessing the internal condition of standing trees, offering an alternative to assess their structural tissues and biomechanics. However, some studies suggest that the accuracy of this technique should be determined by comparing it with destructive methods (DM). The objective of this study was to verify the accuracy of acoustic tomography by assessing the internal condition of *Tabebuia Rosea* (Tr) and *Syzygium malaccense* (Sm), two tropical forest species planted in Medellín city. A middle-aged tree in good condition was felled, and four 20 cm thick cross-sectional samples were obtained, with diameters ranging from 25 to 35 cm for each species. A mechanical circular perforation was made in each cross-section with diameters of 4, 7, 10, and 15 cm. The Fakopp ArborSonic 3D instrument with 8 sensors was used to generate acoustic tomograms. The calculated basic density with the weight difference method for each tree was 617 kg m<sup>-3</sup> and 357 kg m<sup>-3</sup>, for Tr and Sm, respectively. The basic density reported in the literature was 550 kg m<sup>-3</sup> for Tr and 560 kg/m<sup>3</sup> for Sm. This study evaluated 582 kg m<sup>-3</sup> as the predefined density of this instrument for both species. It was found that the obtained density overestimates the size of the affected area by almost 48% for Tr and underestimates

by almost 15% for Sm. The evaluated density was more accurate for Sm than for Tr. The comparison of NDM and DM helps to determine the degree of the accuracy of the instrument. However, it is necessary to determine the accuracy for each species, as it could differ even if their densities were reported as equal.

**RESUMEN:** Es necesario evaluar el decaimiento interno de los árboles urbanos para prevenir su colapso y preservar los servicios ecosistémicos que estos brindan. La tomografía acústica es un método no destructivo (MND) que ha demostrado ser efectivo en la evaluación de la condición interna de los árboles en pie, ofreciendo una alternativa para evaluar sus tejidos estructurales y biomecánicos. Sin embargo, algunos estudios sugieren que la precisión de esta técnica debe determinarse comparándola con métodos destructivos (DM). El objetivo de este estudio fue contrastar la precisión de la tomografía acústica a través de la evaluación de la condición interna de *Tabebuia Rosea* (Tr) y *Syzygium malaccense* (Sm), dos especies tropicales forestales plantadas en la ciudad Medellín. Se derribó un árbol de mediana edad en buen estado y se obtuvieron cuatro muestras transversales de 20 cm de espesor, con diámetros entre 25 y 35 cm para cada especie. Se realizó una perforación circular mecánica en cada sección transversal con diámetros de 4, 7, 10 y 15 cm. Se utilizó el instrumento *Fakopp ArborSonic* 3D con 8 sensores para generar tomografías acústicas. La densidad calculada por el método de diferencia de pesos para cada individuo fue de 617 kg m<sup>-3</sup> para Tr y 357 kg m<sup>-3</sup> para Sm. La densidad básica reportada en la literatura fue de 550 kg m<sup>-3</sup> y 560 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente. Se utilizó 582 kg/m<sup>3</sup> como valor de densidad predefinido del instrumento para ambas especies. Se encontró que la densidad obtenida sobreestima el tamaño del área afectada en casi un 48% para Tr y subestima en casi un 15% para Sm. La densidad registrada fue más precisa para Sm que para Tr. La comparación de NDM y DM es útil para determinar el grado de precisión del instrumento, sin embargo, es necesario determinar la precisión para cada especie, ya que podría diferir incluso entre especies con densidades similares.

**Keywords:** Acoustic tomography; nondestructive testing; tree stability; wood basic density.

**Palabras clave:** Tomografía acústica; ensayos no destructivos; estabilidad del árbol; densidad básica de la madera.

## Relationship between precipitation and stem growth of *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. in Medellín: A phenological approach

### Relación entre la precipitación y el crecimiento del tallo de *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh en Medellín: Un enfoque fenológico

Manuela Zuluaga-Sánchez<sup>1,2</sup>, Edwin Barrientos<sup>1,2</sup>, Karen Uribe<sup>1,2</sup>, Ricardo Tejada<sup>1,2</sup>, María Paulina Castro<sup>1,2</sup>, Laura Sanín<sup>1,2</sup>, Miguel Ángel Peña<sup>3</sup>, Luis Fernando Osorio<sup>2,3</sup> and Jorge A. Giraldo<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Semillero de Ecología y Silvicultura de Precisión. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>4</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia.

\*Corresponding author: mzuluagas@unal.edu.co

**ABSTRACT:** Phenology studies the phases of the life cycle of plants and animals, their temporal occurrence and their relationship with climatic events. While phenological studies in tropical tree species are focused on observations of the reproductive organs (*i.e.*, flowers and fruits), vegetative phenology (*i.e.*, leaves fall and production, and stem growth) remains little explored. Understanding the stem phenology patterns at the intra-annual scale allows us to and identify the causes and the occurrence of wood accumulation in the stems (*i.e.*, carbon accumulation). The trees growing in urban environments and polluted heat islands provide a unique opportunity to understand the phenological responses of trees to climate changes in a global change context. However, the phenology of urban trees rarely has been studied in trees of tropical cities. In this research, we identified the timing and duration of the vegetative phenophases (*i.e.*, stem growth, leaf flushing, and leaf fall) of *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. (Oleaceae) and its relationship with monthly precipitation, in an urban environment. We applied weekly phenological monitoring with band dendrometers and observations of the leaf turnover during 12 months (Oct. 2022 – Nov. 2023) in nine adult trees at the campus of Universidad Nacional de Colombia, Medellín. All individuals showed stem diameter growth synchronously during the least rainy months (December-March:  $148 \pm 118$  mm/month). According to our observations, leaf fall was preceded by leaf flushing, and both phenophases occurred in the rainiest months of the year (August-November:  $224 \pm 100$  mm/month). *Fraxinus uhdei* showed rhythmic growth,

expressed during a few months of the year (*i.e.*, less rainy period) and not year-round as is usually believed for tropical tree species. Although the water deficit usually explains the rhythmic growth of tropical trees, in some ecosystems and species, light is the main limiting factor for plant growth as is suggested by our observations.

**RESUMEN:** La fenología estudia las fases del ciclo de vida de plantas y animales, su ocurrencia temporal y su relación con los eventos climáticos. Los estudios fenológicos en el trópico se centran en la observación de los cambios en los órganos reproductivos (*i.e.* flores y frutos) y poco se ha investigado la fenología vegetativa (*i.e.* caída y brote de hojas y crecimiento del tallo). El estudio de los patrones fenológicos vegetativos intra-anales permite identificar las causas y la ocurrencia de la acumulación de madera (*i.e.* carbono). Los análisis de las especies que crecen en entornos urbanos y contaminadas islas de calor, brindan una oportunidad única para comprender la respuesta fenológica de los árboles a los cambios climáticos en el contexto del cambio global. Sin embargo, los estudios de fenología vegetativa en árboles urbanos son limitados. En este estudio se identificaron el momento y la duración de las fenofases vegetativas (*i.e.* crecimiento del tallo, defoliación y foliación) de *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. (Oleaceae) y su relación con la precipitación mensual en un entorno urbano. Se realizó un monitoreo fenológico semanal con dendrómetros y observaciones del recambio foliar durante 12 meses (10/01/2022 – 11/30/2023), a nueve individuos adultos de *F. uhdei*, en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, en Medellín. El crecimiento del tallo se presentó de forma sincrónica en todos los individuos durante los meses menos lluviosos del año (diciembre-marzo:  $148 \pm 118$  mm/mes). Tanto la defoliación como la foliación ocurrieron en los meses que preceden al crecimiento del tallo, en los meses más lluviosos del año (agosto-noviembre:  $224 \pm 100$  mm/mes). *Fraxinus uhdei*, evidenció crecimiento rítmico, expresado durante unos pocos meses del año (*i.e.* período menos lluvioso) y no durante todo el año como usualmente se asume para las especies de árboles en el trópico. Aunque el déficit hídrico por lo general explica el crecimiento rítmico de los árboles tropicales, en algunos ecosistemas y especies, suele presentarse una mayor limitación lumínica que hídrica para su crecimiento, como en este caso.

**Keywords:** Accumulated growth; climate; dendrometers; leaf fall; phenology.

**Palabras clave:** Crecimiento acumulado; clima; dendrómetros; defoliación; fenología.

## Tree rings and leaf phenology of *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex. Eguluz & J.P.Perry

### Anillos de crecimiento y fenología foliar de *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex. Eguluz & J.P.Perry

Mateo Puentes- Pacheco<sup>1</sup>, Sara Quintero- Montoya<sup>1</sup>,  
Juan Carlos Sierra<sup>1</sup> and Jorge A. Giraldo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia.

\*Corresponding autor: mapuentes@unal.edu.co

**ABSTRACT:** Photosynthesis and foliage greenness in plants are closely related. Therefore, indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) allow to understand the growth, development and health of trees of forest stands at the canopy level. Although vegetative stem development (i.e., growth) is closely related to canopy cover, its phenology has rarely been studied using tree ring analysis. We hypothesize that in the months with higher precipitation NDVI is also higher, compared to that observed in the other months. Thus, it is expected that the formation of growth rings occurs during the rainy period. We analyzed the growth rings of four trees from a *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex. Eguluz & J.P.Perry plantation established in 1995 and harvested in 2021 (26 years), located in Yolombó, North of Antioquia, Colombia. To understand intra-annual phenology, multi- year data from NDVI-MODIS in Google Earth Engine and precipitation data from IDEAM- CRU were obtained. The four analyzed trees showed 52 rings, that is, twice the years of the plantation age. Both NDVI and precipitation data showed two peaks of greenness per year occurring in July and December when the two NDVI peaks also occurred. This contrasts with the periods of maximum precipitation recorded in May and October. The results suggest that vegetative development occurs in months with reduced rainfall. The two peaks observed in the NDVI, induced by the variability in precipitation, can explain the presence of two growing seasons and therefore, the presence of two rings per year. These

results could have relevant implications for the forest management of this species.

**RESUMEN:** La fotosíntesis y el verdor del follaje en las plantas están estrechamente relacionados. Por tanto, el uso de índices como el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) resulta útil para entender el crecimiento, desarrollo y salud de las masas forestales a nivel del dosel. Aunque el desarrollo vegetativo del tallo (i.e. crecimiento) está estrechamente relacionado con la cobertura del dosel, rara vez se ha estudiado la fenología del dosel utilizando el análisis de los anillos de crecimiento. Se planteó como hipótesis que en los meses de mayor precipitación se presente un mayor NDVI, respecto al observado en los otros meses, y se espera que en estos meses se presente la formación de los anillos de crecimiento. Se analizaron los anillos de crecimiento de cuatro árboles provenientes de una plantación de *Pinus tecunumanii* F.Schwerdtf. ex. Eguluz & J.P.Perry, establecida en 1995 y aprovechada en 2021 (26 años), ubicada en Yolombó, Norte de Antioquia, Colombia. Para entender la fenología foliar intra anual, se obtuvieron datos multianuales del NDVI- MODIS en Google Earth Engine y datos de precipitación mensual del IDEAM-CRU. Los cuatro árboles analizados, evidenciaron 52 anillos, es decir dos veces más anillos que años de edad. Tanto el NDVI como la precipitación mensual evidenciaron la ocurrencia de dos picos del NDVI al año, en julio y diciembre, lo cual contrasta con los períodos de máxima precipitación registrados en mayo y octubre. Lo cual sugiere que el desarrollo vegetativo ocurre en los meses de menos lluvia, es decir mayor precipitación parece indicar menor crecimiento. Los dos picos observados en el NDVI, inducidos por la variabilidad en la precipitación pueden explicar la presencia de dos estaciones de crecimiento y, por tanto, la presencia de dos anillos de crecimiento por año. Estos resultados podrían tener implicaciones relevantes en el manejo forestal de la especie.

**Keywords:** Forest phenology; forest plantations; tree rings; vegetation indices.

**Palabras clave:** Fenología de árboles; plantaciones forestales; anillos de crecimiento; índices de vegetación.



**Growth-climate relationship using dendrochronological techniques with *Pseudolmedia laevigata* Trécul in a high-Andean Forest**

**Relación crecimiento - clima empleando técnicas dendrocronológicas con *Pseudolmedia laevigata* Trécul en un bosque Alto Andino**

Natalia Andrea Avendaño Rúa<sup>1</sup>, Natalia Isabel Guarín Ospina<sup>1</sup> and Jorge A. Giraldo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia. \*Corresponding author: nguarin@unal.edu.co

**ABSTRACT:** With the growing concern about the effects of climate change, it is essential to understand the effects on plant growth and ecosystems. Dendrochronology provides a detailed view of the relationships of plant growth with climate. We used tree rings of *Pseudolmedia laevigata* Trécul (Moraceae) species in order to evaluate its dendrochronological potential and analyze which climatic variables determine its growth. We used wood cores from 7 adult trees (Diameter: 30-40 cm) from the forests surrounding the Porce II reservoir, Antioquia. We used standard dendrochronological techniques to evaluate the ring's width and synchronization (cross-dating) using the software *CooRecorder*, *CDendro*, and *R*. We established relationships between the chronology developed and precipitation and temperature monthly series retrieved from CRU: Climate Research Unit. We observed significant negative ( $P < 0.05$ ) relationships between the precipitation of April and December, probably in response to the amount of rain in those months (precipitation  $> 120$ mm/month). In addition, positive relationships are observed with the precipitation of February (less rainy month). Although it was not significant, a stable negative relationship was observed over time between growth and monthly temperature from August to December. The results suggest that the growth

of the species is affected by precipitation and temperature. This is probably the first report of the dendrochronological potential of *P. laevigata* for future studies as it exhibits annual ring formation.

**RESUMEN:** Con la creciente preocupación por los efectos del cambio climático, es fundamental entender los efectos del clima sobre el crecimiento de las plantas y los ecosistemas. La dendrocronología brinda una visión detallada de las relaciones del crecimiento de las plantas con el clima. Se analizaron los anillos de crecimiento de *Pseudolmedia laevigata* Trécul (Moraceae) con la finalidad de evaluar su potencial dendrocronológico e identificar las variables climáticas que determinan su crecimiento. Se emplearon núcleos de madera de 7 árboles adultos con un rango de edad entre 54 y 60 años (Diámetro: 30-40 cm) de los bosques aledaños al embalse Porce II, Antioquia. Se usaron técnicas dendrocronológicas estándar para evaluar la medición y sincronización de anillos con los programas *CooRecorder*, *CDendro* y *R*. Se establecieron relaciones entre la cronología de los anillos desarrollada y la precipitación y temperatura mensuales obtenidas en CRU: *Climate Research Unit*. Se observaron relaciones negativas significativas ( $P < 0,05$ ) entre la precipitación de abril y diciembre, meses en los que comienza la época lluviosa (precipitación  $> 120$ mm/mes), a su vez, se observaron relaciones positivas con la precipitación de febrero (mes menos lluvioso). Aunque no fue significativa se observó una relación negativa estable en el tiempo entre el crecimiento y la temperatura media mensual de agosto a diciembre. Los resultados encontrados sugieren que el crecimiento de la especie se ve afectado por la precipitación y la temperatura. Este es probablemente el primer reporte del potencial dendrocronológico de *P. laevigata*, y se puede apreciar su importancia para realizar futuros estudios debido a que exhibe formación de anillos anuales.

**Keywords:** Chronology; plant growth; precipitation; temperature; tree rings.

**Palabras clave:** Cronología; crecimiento de la planta; precipitación; temperatura; anillos de crecimiento.

**Food preferences of red howler monkeys  
(*Alouatta seniculus*) in a tropical rainforest of  
Santander, Colombia**

**Preferencias alimentarias de los monos aulladores  
rojos (*Alouatta seniculus*) en un bosque húmedo  
tropical de Santander, Colombia**

Pablo López Cano<sup>1</sup>, Néstor Javier Mancera Rodríguez<sup>2</sup>  
and Andrés Link Ospina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Semillero de Ecología y Silvicultura de Precisión. <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. \*Corresponding author: plopezca@unal.edu.co

**ABSTRACT:** *Alouatta seniculus* is the primate species with the widest distribution in the country, it is characterized by a mainly folivorous-frugivorous diet and a great adaptation to fragmented forests. This research analyzed the feeding ecology of the species in a tropical rainforest in Santander, Colombia. Three groups of *A. seniculus* were monitored using the ad libitum observation method during the period from January to July 2023. Feeding events, activity patterns, and additional observations using camera traps were recorded. Descriptive statistics (measures of dispersion and position) were used to analyze the data, as well as frequency distribution tests between groups and items consumed. The results showed that the individuals of this species spent 65.41% of their time resting, followed by activities such as movement and feeding, with values of 13.34 and 13.10%, respectively. The diet was composed of new leaves, fruits and wood of 22 species belonging to 16 botanical families. The most important species in their diet were *Cecropia membranacea* Trécul, *Ficus dendrocida* Kunth, *Ficus insipida* Willd., *Spondias mombin* L. and *Vasivaea podocarpa* Kuhl. The information found

was contrasted with previous studies indicating slight variations in the food preferences of *A. seniculus* in the study area. This information will contribute to the definition of conservation strategies for this primate species in the study area based on its food sources.

**RESUMEN:** *Alouatta seniculus* es la especie de primate con más amplia distribución en el país, se caracteriza por una dieta principalmente folívora-frugívora y una gran adaptación a bosques fragmentados. Este estudio determinó la ecología alimentaria de esta especie en un bosque húmedo tropical en Santander, Colombia. Se implementó el seguimiento de 3 grupos de *A. seniculus*, utilizando el método de observación *ad libitum* en el período de enero a julio de 2023, donde se registraron eventos de alimentación, patrones de actividad, y se obtuvieron registros adicionales con cámaras trampa. Para analizar los datos se utilizó estadística descriptiva (medidas de dispersión y posición), así como pruebas de distribución de frecuencias entre grupos e ítems consumidos. Los resultados mostraron que la especie invirtió el 65,41% del tiempo en descansar, seguido de actividades como movimiento y alimentación con valores de 13,34 y 13,10%, respectivamente. La alimentación se compuso de hojas nuevas, frutos y madera de 22 especies pertenecientes a 16 familias. La mayor parte de su alimentación estaba compuesta por *Cecropia membranacea* Trécul, *Ficus dendrocida* Kunth, *Ficus insipida* Willd., *Spondias mombin* L. y *Vasivaea podocarpa* Kuhl. La información encontrada se contrastó con estudios previos indicando variaciones leves en las preferencias alimentarias de *A. seniculus* en la zona de estudio. Esta información contribuirá a la definición de las estrategias de conservación del primate en esta zona con base en sus fuentes de alimento.

**Keywords:** *Ad libitum*; food ecology; fragmented forests.  
**Palabras clave:** *Ad libitum*; ecología alimentaria; bosques fragmentados.

**Analysis of the mechanical properties of the wood of *Cariniana pyriformis* Miers and *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex. Eguluz & J.P. Perry by comparison of destructive and non-destructive (ultrasound) methods**

**Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) y *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex. Eguluz & J.P. Perry, mediante la comparación de métodos destructivos y no destructivos (ultrasonido)**

Paulina Mesa Vanegas<sup>1</sup>, Juan Carlos Sierra Mondragón<sup>2</sup> and Luis Sebastián Bravo Chacón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

\*Corresponding author: pmesav@unal.edu.co

**ABSTRACT:** Wood has been one of the renewable natural raw materials most widely used by mankind. It is considered a versatile and durable material, which has allowed it to be used for multiple applications. The most common way to evaluate the quality of wood is by destructive methods (DM), which identify mechanical properties such as bending, compression, tensile and shear strength. In most cases, these techniques involve samples being shattered and discarded. In order to improve the analysis of wood, non-destructive methods (NDM) have emerged that allow the material to be evaluated and preserved for future use. This study aims to correlate the modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of *C. pyriformis* and *tecunumanii* pine, obtained by the ultrasound method and conventional tests, to determine whether there are significant differences between the two techniques. For this purpose, 30 samples of each species were used, with dimensions of 25x25x420 mm, which were dried until they reached a moisture content of less than 12%. These were analyzed using the *Sylvatest* 4 ultrasound tool and the *Sylvius* application. They were then subjected to DM in a universal machine. It was found that for both species the NDM overestimates the values obtained for both modules. However, no significant differences were found when analyzing the MOE and MOR with both methods. In addition, Pearson's coefficient was used to correlate the data obtained for each modulus under NDM and DM, which resulted in the strongest correlation for the MOR of the *C. pyriformis* (0.67) and the weakest correlation for

the MOE of the pine (0.36). This study showed that there are no significant differences between NDM and DM for applying these techniques to small dimensional parts. This could provide new approaches in the evaluation of wood and represent a practical option in the forestry and construction industry of the country.

**RESUMEN:** La madera ha sido una de las materias primas naturales renovables más utilizadas por el ser humano. Es considerada un material versátil y duradero, lo cual ha permitido extender su uso a múltiples aplicaciones. La forma más común de evaluar la calidad de la madera es mediante métodos destructivos (MD), con los cuales se analizan propiedades mecánicas como flexión, compresión, tracción y corte. En la mayoría de los casos, estas técnicas implican que las muestras sean destrozadas y desechadas. Con el objetivo de mejorar el análisis de la madera, han surgido métodos no destructivos (MND) que permiten evaluar el material y conservarlo para su futuro aprovechamiento. Con este estudio se pretende correlacionar los módulos de rotura (MOR) y elasticidad (MOE) del abarco y el pino *tecunumanii*, obtenidos mediante el método de ultrasonido y las pruebas convencionales, para establecer si existen diferencias significativas entre ambas técnicas. Para ello, se utilizaron 30 probetas de cada especie, con dimensiones de 25x 25x420 mm, secadas hasta obtener con contenido de humedad inferior al 12%. Éstas se analizaron mediante la herramienta de ultrasonido *Sylvatest* 4 y la aplicación *Sylvius*. Posteriormente, se sometieron al MD en una máquina universal. Para ambas especies, se encontró que el MND sobreestima los valores obtenidos en ambos módulos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas al analizar el MOE y el MOR con ambos métodos. Además, con el coeficiente de Pearson se correlacionaron los datos obtenidos de cada módulo, bajo el MND y MD el cual presentó la correlación más fuerte para el MOR del abarco (0,67) y la más débil para el MOE del pino (0,36). Este estudio demostró que no existen diferencias significativas entre los MND y MD, al aplicar las técnicas en piezas de dimensiones pequeñas. Esto brinda un nuevo enfoque en la evaluación de la madera y representa una opción práctica en la industria forestal y constructiva del país.

**Keywords:** Modulus of elasticity; modulus of rupture; structural timber.

**Palabras clave:** Módulo de elasticidad; módulo de rotura; madera de construcción.

**Growth rhythms and phenological relationships of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken in “El Volador” campus of the Universidad Nacional de Colombia, Medellín campus**

**Ritmos de crecimiento y relaciones fenológicas de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en el campus El Volador de la Sede Medellín**

Ricardo Tejada-Arango<sup>1</sup>, Karen Uribe<sup>1</sup>, Manuela Zuluaga<sup>1</sup>, Edwin Barrientos<sup>1</sup>, María Paulina Castro<sup>1</sup>, Laura Sanín<sup>1</sup> and Jorge A. Giraldo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Semillero de Ecología y Silvicultura de Precisión. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia.

\*Corresponding author: rtejadaa@unal.edu.co

**ABSTRACT:** The secondary growth of vascular plants occurs due to cellular activity in the vascular cambium. Likewise, vegetative and reproductive changes are associated with stem growth. Although the combination of dendrochronological techniques with detailed phenological observations facilitates the understanding of the occurrence of tree rings and the triggers of growth rhythms of woody plants at intra- and interannual scales, it has little been explored in tropical trees. Hence, the objective of this study was to understand the intra- and inter-annual growth variability of the "nogal cafetero" tree (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) – Cordiaceae), based on phenological observations and analysis of the tree rings, from individuals located in the *El Volador* campus of the National University of Colombia, Medellín (mean annual precipitation and temperature: 2,066 mm and 21.7 °C). We analyzed data from weekly phenological surveys of 22 individuals observed during 12 months (01/10/2022 – 11/30/2023). Measurements were done with dendrometers (precision 0.01 mm). We analyzed the tree rings in a cross-section of one individual monitored during this time span and felled in 2023. The dendrometers showed greater activity of the vascular cambium (*i.e.* stem growth) during the second peak of rains (October-December) previous to the least rainy period of the year (January-March), with growth rates between 0.2-0.9 cm/year during the measurement time (2022-2023). Tree rings observed in the felled individual showed an annual periodicity given that the number of rings (50) coincided with the age established since the planting date (50 years). The average diameter growth rate based on growth rings was 0.98 cm/year, similar to

that observed with dendrometers. These results have been unreleased until now and constitute useful ecological and silvicultural information, suggesting that the species is promising for use in forest plantations, due to its high growth rates.

**RESUMEN:** El crecimiento secundario de plantas es determinado por la actividad celular en el cambium vascular. Así mismo, los cambios vegetativos y reproductivos se asocian con el crecimiento del tallo. Aunque la combinación de técnicas dendrocronológicas, con observaciones fenológicas detalladas, facilita la comprensión de la ocurrencia de anillos de crecimiento y los detonantes de los ritmos de crecimiento de las plantas leñosas a escalas intra e interanuales, rara vez se ha aplicado en árboles tropicales. Por esto, se planteó el objetivo de entender la variabilidad intranual e interanual del crecimiento del nogal cafetero (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) – Cordiaceae), a partir de observaciones fenológicas y análisis de anillos de crecimiento, en árboles ubicados en el campus el volador de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (precipitación y temperatura media anual: 2.066 mm y 21,7 °C, respectivamente). Se analizaron datos provenientes del monitoreo fenológico semanal con dendrómetros (precisión 0,01 mm) de 22 individuos, durante 12 meses (10/01/2022 – 11/30/2023) y se estudiaron los anillos de crecimiento en una sección transversal de un individuo monitoreado y talado en 2023. Los dendrómetros evidenciaron una mayor actividad del cambium vascular (*i.e.* crecimiento del tallo) durante el segundo pico de lluvias (octubre-diciembre) previo al período menos lluvioso del año (enero-marzo), con tasas de crecimiento entre 0,2-0,9 cm/año durante el período de medición (2022-2023). El número de anillos de crecimiento observados en el individuo talado (50) coincidieron con la edad establecida a partir de la fecha de plantación (50 años) con una frecuencia anual. La tasa promedio de crecimiento diamétrico basada en anillos de crecimiento, fue de 0,98 cm/año, similar a la observada con los dendrómetros. Estos resultados son inéditos hasta ahora, y constituyen información ecológica y silvicultural útil, sugiriendo que la especie es promisoría para usarla en plantaciones forestales, debido a sus tasas de crecimiento altas.

**Keywords:** Dendroecology; intra-annual growth; plant-climate interaction; tropical trees.

**Palabras clave:** Dendroecología; crecimiento intra anual; interacción planta-clima; árboles tropicales.



## Dendrochronological potential of Andean species used in ecological restoration

### Potencial Dendrocronológico de especies Andinas utilizadas en restauración ecológica

Juan M. Giraldo-Salazar<sup>1,2</sup>, Sebastián Mejía-Guerrero<sup>1,2</sup>, Camila Patiño-Quiróz<sup>1</sup>, Juan C. Sierra<sup>3</sup>, Luis F. Osorio<sup>2,3</sup> and Jorge A. Giraldo<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Semillero de investigación en Ecología y Silvicultura de Precisión. <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <sup>4</sup>Facultad de Ingeniería. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria. Medellín, Colombia.

Corresponding author: semejiag@unal.edu.co

**ABSTRACT:** The tropical Andes harbor a great diversity of species and ecosystems that provide enormous environmental benefits. However, agricultural, livestock and urban expansion practices threaten Andean forests. While ecological restoration can contribute to its recovery, it is necessary to measure the performance of species attributes that correlate with the function and structure of the ecosystem (e.g., species richness, biomass, and productivity). Monitoring plots are often used to measure such attributes. However, dendrochronology can be complementary by helping to understand the temporal dynamics of standing wood accumulation more accurately (i.e., carbon) and generating ecological and silvicultural information. We aimed to characterize the anatomy of the tree rings and their frequency in three native Andean species established within the framework of the “*Más bosques para Medellín*” restoration program, located in the Central Mountain range of the Andes. For each species (*Quercus humboldtii* Kotschy ex A.DC., *Cedrela montana* Turcz. and *Juglans neotropica* Diels.), 4 trees per species with a known planting date were sampled. Samples (cross-sections) were processed with standard dendrochronological techniques. The three species showed clearly defined annual tree rings (i.e., delimitable and datable). The number of rings (12-13) coincided with the number of years elapsed between the date of establishment and the sampling (12-13 years). The growth rates of the species *Q. humboldtii* were studied, evidenced by maximum current annual increment (CAI) and mean annual increment (MAI) of 1.24 cm/year and 0.95 cm/year, respectively. This finding is important as it reveals the growth trajectories of rarely studied tropical species, which allows for promoting their establishment in vegetation

cover recovery programs. Through the analysis of the tree rings of these species, it is possible to model diametric growth and biomass accumulation, measurements that correlate with functional and structural attributes of the species of the restoration program.

**RESUMEN:** Los Andes tropicales albergan gran diversidad de especies y ecosistemas que proporcionan ingentes beneficios ambientales. Sin embargo, la expansión agrícola, ganadera y urbana amenazan los bosques andinos. Aunque la restauración ecológica contribuye a su recuperación, es necesario medir su desempeño con atributos que se correlacionan con la función y la estructura del ecosistema (e.g. riqueza de especies, biomasa y productividad). Con frecuencia se usan parcelas de monitoreo en campo para medir tales atributos, sin embargo, la dendrocronología puede ser complementaria al ayudar a entender la dinámica temporal de la acumulación de madera en pie (i.e., carbono) de forma precisa y a la generación de información ecológica y silvicultural. Nuestro objetivo fue caracterizar la anatomía de los anillos de crecimiento y evaluar su periodicidad en tres especies nativas andinas establecidas en el marco del programa de restauración ecológica *Más Bosques para Medellín*, cordillera central de los Andes. De cada especie (*Quercus humboldtii* Kotschy ex A.DC., *Cedrela montana* Turcz. y *Juglans neotropica* Diels) se muestrearon 4 árboles con fecha de plantación conocida. Las muestras se procesaron con las técnicas dendrocronológicas estándar. Las tres especies evidenciaron anillos anuales, claramente definidos (i.e., delimitables y datables). El número de anillos (12-13) coincidió con el número de años transcurridos entre las fechas de establecimiento y de muestreo (12-13 años). Se estudiaron las tasas de crecimiento de la especie *Q. humboldtii*, evidenciadas por los incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) máximos de 1,24 cm/año y 0,95 cm/año, respectivamente. Este hallazgo es importante porque revela las trayectorias de crecimiento de esta especie tropical rara vez estudiada, lo cual permite fomentar su establecimiento en programas de recuperación de la cobertura vegetal. A través de los anillos de crecimiento en estas especies es posible modelar el crecimiento diamétrico y la acumulación de biomasa, medidas que se correlacionan con atributos funcionales y estructurales de las especies del programa restauración.

**Keywords:** Andean forests; biomass; growth rate; tree rings; wood anatomy.

**Palabras clave:** Bosques andinos; biomasa; tasa de crecimiento; anillos de crecimiento; anatomía de la madera.

## Changes in soil organic carbon stocks after deforestation in the Northwestern Amazon

### Cambios en el contenido de carbono orgánico en el suelo posterior a la deforestación en la Amazonía Noroccidental

Valentina Lara Rivera<sup>1</sup>, Álvaro Javier Duque<sup>1</sup>,  
Miguel Ángel Peña<sup>1</sup> and Carlos A. Sierra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Scientist. Max Planck Institute for Biogeochemistry. Jena, Germany  
Corresponding author: valarar@unal.edu.co

**ABSTRACT:** The Amazon basin has undergone rapid changes due to land-use change from forests to pastures and agriculture, causing biodiversity loss and an increase in CO<sub>2</sub> emissions. Although the Colombian Amazon has a high deforestation rate, little is known about the effects of forest clearing on soil properties and function. To address variations in soil bulk density (BD), soil organic carbon (SOC), and isotopic composition of  $\delta^{13}\text{C}$  after rainforest-to-pasture conversion, we applied the chronosequence technique to sample rainforests and pastures from 1 to 30 years old. Two-way ANOVA and Tukey test were performed to evaluate significant differences across the years and depths (0-10, 10-20, and 20-30 cm). A model was fitted to assess the input of forest-derived and pasture-derived soil C. As expected, BD was higher in pastures > 5 years compared to the rainforest ( $P<0.05$ ), increasing by 15% after 30 years (0-30 cm), with bigger changes in the upper 10 cm of soil. SOC stocks significantly decreased after 20 years of pasture conversion, declining by 21% (0-30 cm) and 33% (>10 cm) after 30 years. In 15-year-old pastures and older, 50% of total SOC was allocated in the top 10 cm, in contrast, rainforest had a proportion of 38%. After 30 years of rainforest clearing, soil  $\delta^{13}\text{C}$  increased from 28.5 ‰ (rainforest) to -22.9 ‰, and it was estimated that forest-derived soil carbon still remained in pasture soils. This study helped quantify the changes that rainforest-to-pasture conversion induces in soil properties and processes in the Colombian Amazon. However, it is necessary to evaluate variations of soil

carbon storage at greater depths. A broader understanding of soil dynamics after deforestation is key to developing effective land management strategies and restoration efforts in the Amazon basin.

**RESUMEN:** La cuenca del Amazonas ha sufrido rápidas transformaciones debido al cambio de uso de la tierra para ganadería y agricultura, provocando pérdidas de biodiversidad y aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Aunque la Amazonia colombiana tiene altas tasas de deforestación, se sabe poco sobre los efectos de la deforestación en el suelo. Para abordar las variaciones en densidad aparente del suelo (DA), carbono orgánico del suelo (SOC) y composición isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  después de la conversión bosque a pasturas, establecimos cronosecuencias muestreando bosques y pasturas de 1 a 30 años de edad. Se realizaron ANOVA de dos vías y pruebas de Tukey para evaluar diferencias significativas entre edades y profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm). Se ajustó un modelo para evaluar el aporte de C del suelo derivado de bosques y pastos. Como se esperaba, la DA fue mayor en los pastos > 5 años respecto al bosque ( $P<0,05$ ), aumentando 15% después de 30 años (0-30 cm), con mayores cambios en los primeros 10 cm. SOC disminuyó significativamente en pasturas > 20 años, un 21% (0-30 cm) y un 33% (>10 cm) 30 años después. En pasturas >15 años, 50% del SOC total se acumuló en los 10 cm superiores, mientras el bosque acumulaba un 38%. Tras 30 años de deforestación, el  $\delta^{13}\text{C}$  del suelo aumentó de 28,5 ‰ (bosque) a -22,9 ‰, y se estimó que el SOC derivado del bosque aún permanecía en los suelos de los pastos. Este estudio permitió cuantificar los cambios en el suelo causados por la conversión bosque-pasturas en la Amazonía colombiana, sin embargo, es necesario evaluar las variaciones del carbono en el suelo a mayores profundidades. Una amplia comprensión de esta dinámica es clave para desarrollar estrategias eficaces de gestión de la tierra y conservación en el Amazonas.

**Keywords:** Carbon 13; carbon sequestration; land-use change; pasture soils; soil degradation.

**Palabras clave:** Carbono-13; secuestro de carbono; cambio de uso de la tierra; suelo de pastizales; degradación del suelo.