



## Identificación y crecimiento inicial de especies forestales usadas para el curado de tabaco Virginia

### Identification and initial growth of forest species used for curing Virginia tobacco

Roberto Antonio Coronado Silva<sup>1\*</sup> y Andrés Iván Prato Sarmiento<sup>1</sup>

#### Abstract:

In Colombia, Virginia tobacco producers (*Nicotiana tabacum* L.) use artisan kilns based on the combustion of firewood and charcoal for the curing of the leaves. This study aimed to mitigate the threat of deforestation by identifying which forest species are used and quantifying their gross combustion heat (CCB) from samples collected at the sites of usage, at a first stage. Afterwards, in a second phase, the initial growth of eight native and exotic species were evaluated, establishing two experiments in the municipalities of Soata (Boyacá), Enciso and San José de Miranda (Santander). The experimental design used was of randomized complete blocks with three replicates (species as treatments). As a result, *Eucalyptus* sp (57 %), *Pithecellobium dulce* (48 %), *Escallonia pendula* (12 %) and *Manclure tinctoria* (9 %) were the most used species. As for CCB, *E. pendula* (18.8 MJ kg<sup>-1</sup>) had the highest value, while *Citrus sinensis* (12.5 MJ kg<sup>-1</sup>) had the lowest value. After 150 days of establishment, *E. grandis* and *E. globulus* had a larger diameter of stem (13.7 mm) and height (132.2 cm), while *Pithecellobium dulce* and *Pseudosamanea guachapele* were the lowest, with 6.5 mm and 40.9 cm each one. Findings shows a higher growth of the exotic species for the three localities. Furthermore, around 20 multipurpose species showed a great variation in their caloric value.

**Key words:** Gross combustion heat, deforestation, dendroenergetic species, *Nicotina tabacum* L., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, calorific value.

#### Resumen:

En Colombia, los productores de tabaco Virginia (*Nicotiana tabacum* L.) emplean hornos artesanales basados en la combustión de leña y carbón mineral para el curado de las hojas. Con el objetivo de mitigar la amenaza por deforestación, en una primera fase se identificaron las especies forestales usadas y se cuantificó su calor de combustión bruto (CCB), a partir de muestras recolectadas en los sitios de utilización. En la segunda fase, se evaluó el crecimiento inicial de ocho especies nativas y exóticas, mediante dos experimentos en los municipios de Soata (Boyacá), Enciso y San José de Miranda (Santander). El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones (especies como los tratamientos). *Eucalipto* sp (57 %), *Pithecellobium dulce* (48 %), *Escallonia pendula* (12 %) y *Manclura tinctoria* (9 %) fueron los taxones más utilizados. En cuanto al CCB, *E. pendula* (18.8 MJ kg<sup>-1</sup>) presentó el mayor valor y *Citrus sinensis* (12.5 MJ kg<sup>-1</sup>), el menor. Transcurridos 150 días desde el establecimiento, *E. grandis* y *E. globulus* evidenciaron un diámetro de tallo superior (13.7 mm) y altura (132.2 cm); mientras *Pithecellobium dulce* y *Pseudosamanea guachapele* fueron los de menor porte, 6.5 mm y 40.9 cm. Se constató más crecimiento de las especies exóticas para las tres localidades. Además, alrededor de 20 taxa multipropósito presentaron amplia variación en su valor calórico.

**Palabras clave:** Calor de combustión bruto, deforestación, especies dendroenergéticas, *Nicotina tabacum* L., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, valor calórico.

Fecha de recepción/Reception date: 11 de abril de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 1 de diciembre de 2018

<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, C.I. Colombia.

## **Introducción**

Aunque a largo plazo la demanda mundial del tabaco genera muchas interrogantes debido a los riesgos que implica su consumo para la salud, todavía su producción constituye el sustento de numerosas familias en los países subdesarrollados de África y América Latina (Siddiqui, 2001; Jimu *et al.*, 2017). En Colombia, este cultivo tiene más de un siglo de historia, y cifras al 2016 indican que existen cerca de 6 000 ha sembradas a nivel nacional (MADR, 2016). El departamento de Santander representa 40 % de dicha área, seguido de Huila y Boyacá (36 %) (MADR, 2016).

Durante el proceso de secado de las hojas de tabaco, los pequeños productores en los países del Tercer Mundo emplean hornos artesanales basados en la combustión de leña (Siddiqui, 2001; Jimu *et al.*, 2017). Este método de secado *flue cured* o “tipo granero” es el más común en Santander, donde se produce tabaco Virginia y cuyo destino es la manufactura de cigarrillos (Cerquera y Pastrana, 2014; MADR, 2016).

Dado su diseño artesanal, la eficiencia de esos hornos, alimentados con leña o carbón vegetal, es muy baja (menor a 5 %), además es común la presencia de temperaturas inestables por encima de lo recomendado y una pobre uniformidad en la deshidratación de las hoja (Cerquera y Pastrana, 2014; Munanga *et al.*, 2014).

Por varias décadas, consideraciones sobre la conservación de los bosques nativos y la contaminación ambiental en las regiones tabacaleras no fueron atendidas (Jimu *et al.*, 2017). Es decir, globalmente, se estima que son requeridas entre 1.2 a 2.5 millones de hectáreas de bosque cada año para el curado de tabaco, lo que representa de 2 a 4 % de la deforestación mundial (Hu y Lee, 2015). Dada las restricciones ambientales por la combustión del carbón y el mayor costo que implican otros sistemas para el pequeño productor tabacalero, es de suponer que la madera seguirá siendo la fuente principal.

A pesar de que en Colombia existen cerca de 60 millones de hectáreas cubiertas de bosques (52 % de su territorio), se evidencian elevadas tasas de deforestación (Armenteras *et al.*, 2013). La identificación y evaluación en campo de las especies

usadas en los hornos tradicionales tabacaleros podría contribuir a los planes de reforestación y desarrollo de tecnologías que mejoren su eficiencia.

Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivos: 1) identificar las especies y cuantificar su poder calorífico, cuando son empleadas como leña en los sitios de utilización; y 2) evaluar el crecimiento inicial en campo de ocho especies forestales nativas y exóticas con alto potencial dendroenergético.

## **Materiales y Métodos**

El estudio comprendió dos fases, ejecutadas durante los años 2010 y 2011. En la primera, se realizó la identificación de las especies utilizadas como leña en los hornos tradicionales y la cuantificación de su calor de combustión bruto; la segunda correspondió a la evaluación de ocho taxa forestales con alto potencial dendroenergético en tres municipios de Boyacá y Santander.

### **Identificación y poder calórico de las especies**

Durante marzo a mayo de 2010, se hizo un recorrido por las zonas productoras de tabaco Virginia de los municipios Capitanejo, Concepción, Enciso, Málaga, Macaravita, San José de Miranda, San Miguel y San José de Miranda (Santander); Boavita, Covarachia, El Espino, Tipacoque, San Mateo y Soata (Boyacá), cuyo piso altitudinal varió entre 1 500 a 2 000 m de altitud. A través de encuestas semiestructuradas, se identificaron los taxones arbóreos empleados para el curado de tabaco; la población muestreada correspondió a los 26 productores más representativos de esas zonas, según la sugerencia de la comunidad y empresas tabacaleras. Para tal fin, se calculó el porcentaje de utilización (% U) de una especie en particular, de acuerdo a la Ecuación 1:

$$U \% = \frac{\text{Número de personas que declararon la utilización de una serie en particular}}{\text{Número total de entrevistados}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

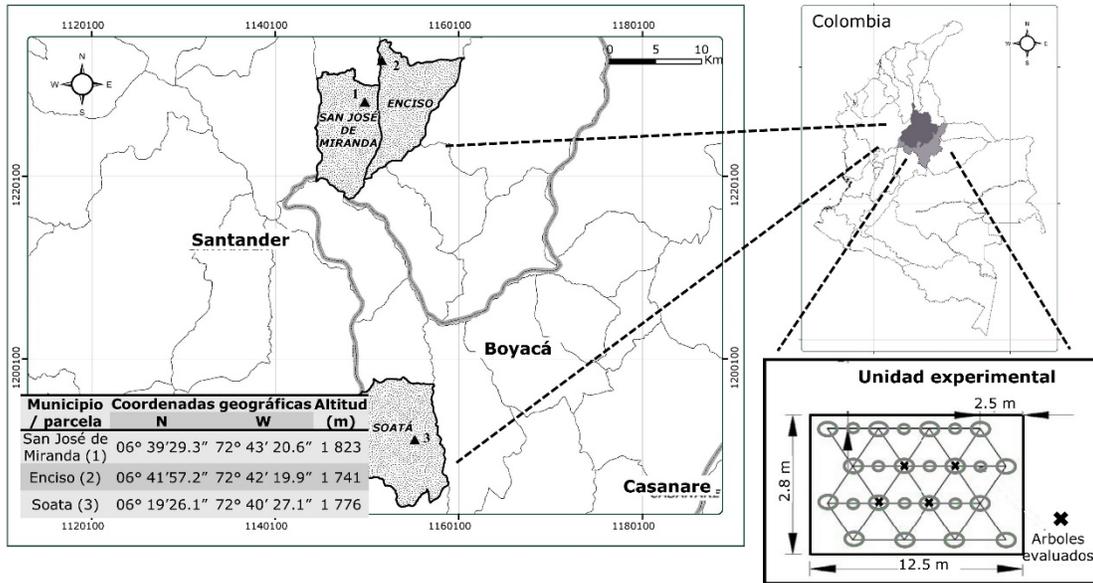
Adicionalmente, la información consolidada en el diagnóstico incluyó a las especies forestales de mayor precocidad; baja emisión de humo y usadas como combustible doméstico; costo de la leña y su lugar de procedencia; estructura de tenencia del predio y tamaño de la plantación tabacalera; infraestructura y proceso de curación del tabaco, entre otros aspectos socioeconómicos.

Además, en las propiedades rurales se recolectaron muestras de flores, hojas y tallos de cada taxón, los cuales se prensaron y fijaron en papel cartulina, para corroborar su identificación en el laboratorio de maderas de la Universidad Industrial de Santander (UIS) (UIS), Sede Málaga.

Para caracterizar el poder calórico (Cuadro 1), se obtuvieron 20 trozas (una por especie) directamente de los hornos tradicionales, se transformaron en probetas (10 cm largo × 4 cm ancho), para secarlas y procesarlas hasta aserrín. Posteriormente, las muestras (20 g) se analizaron mediante el método estándar de calor de combustión bruto (CCB), con una bomba calorimétrica (*Parr 6200*), según la norma ASTM D 240 (ASTM, 2007), en las instalaciones del Instituto Colombiano del Petróleo, municipio Piedecuesta, Santander.

## **Crecimiento inicial de ocho especies arbóreas con potencial dendroenergético**

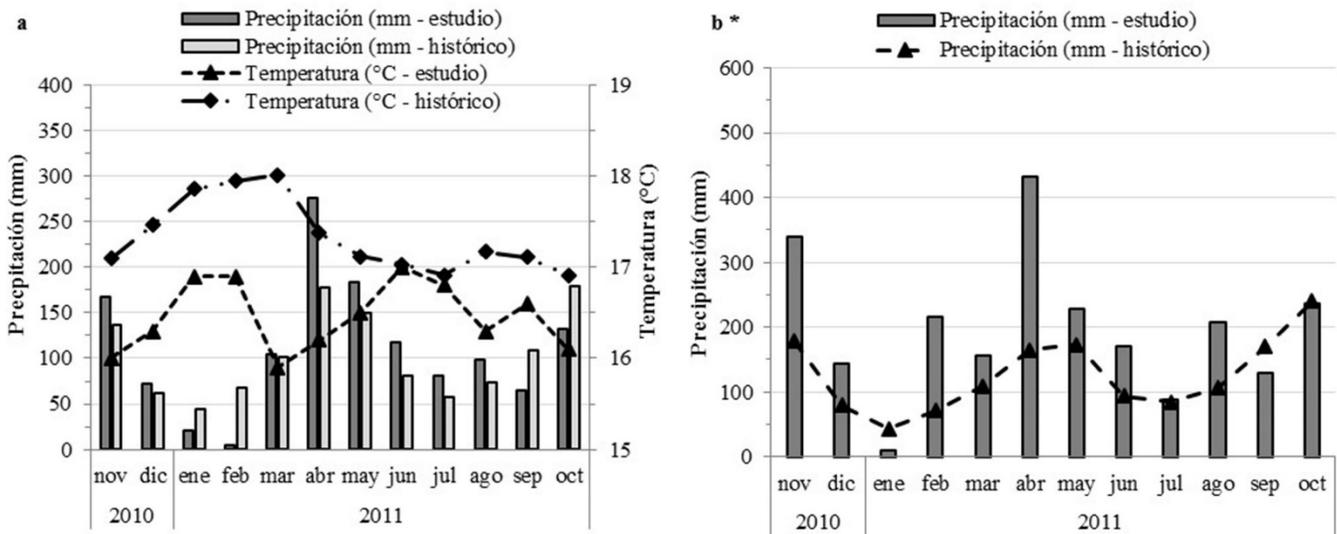
Luego de finalizar el levantamiento de las encuestas, se establecieron dos experimentos en los municipios San José de Miranda y Enciso, departamento Santander y Soata, departamento Boyacá (Figura 1). Las especies seleccionadas destacan en mayor o menor medida por su potencial dendroenergético, sombra en los potreros, cercas vivas y representar una fuente adicional de alimentación animal y humana (Pérez *et al.*, 2011; Olivares *et al.*, 2011; Pinto *et al.*, 2014; Díaz *et al.*, 2014; Chitra y Balasubramanian, 2016; Márquez *et al.*, 2017). La priorización se llevó a cabo con la participación de las comunidades locales.



**Figura 1.** Localización geográfica de las parcelas establecidas y arreglo en campo del experimento (unidad experimental).

La región de estudio presenta clima tropical ecuatorial (Af) de acuerdo con la clasificación de Köppen; las precipitaciones se concentran en dos períodos, abril a mayo y septiembre a octubre; es decir, un régimen de estaciones bimodal. Los registros de precipitación y temperatura mensual obtenidos a través del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) distantes entre 5 y 10 km de las parcelas, fueron históricos y del periodo de estudio (Figura 2).





\*No poseía registro de temperatura.

**Figura 2.** Registros climáticos de precipitación y temperatura mensuales del periodo de estudio (dic/2010 a abr/2011) e históricos (serie 1979-2009), para el municipio San José de Miranda y Enciso (a), Santander y Soata (b), Boyacá.

En cuanto a los suelos, se caracterizan por contenidos medios a bajos de materia orgánica, bases intercambiables y fósforo disponible; pH neutros a ligeramente alcalinos. Según la taxonomía de suelos del *United States Department of Agriculture* (USDA) y la FAO, se clasifican como *ustropepts*, *ustorthents* y *dystropepts* (León y Coronado, 2003; Rodríguez *et al.*, 2012).

## Producción de plántulas

Las semillas se adquirieron comercialmente y sembraron en bandejas plásticas con turba. Cuando alcanzaron un altura media de 5 a 6 cm, se trasladaron a bolsas plásticas (17 cm × 12 cm; largo × ancho) que contenían una mezcla de sustrato a base de tierra, arena y lombricompost (v:v:v: 3:1:1) y se cultivaron en un vivero agrícola con sombra de 65 %. La producción de las plántulas inicio en junio de 2010, en las instalaciones del C.I La Suiza de la Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria (AGROSAVIA), municipio Rionegro (7°22'12" N; 73°10'39" O; 532 m de altitud) para las especies *Guazuma ulmifolia* Lam., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Psidium guajava* L., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth y *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms; *Eucalyptus grandis* W. Hill se produjo en la UIS, Málaga (6°41'58" N; 72°43'58" O; 2 335 m de altitud).

Las plántulas de *Eucalyptus globulus* Labill y *Acacia mangium* Willd, se obtuvieron de un vivero comercial localizado en el municipio Málaga. Finalmente, todas las plantas se llevaron a campo en noviembre de 2010, con cinco meses de edad, previo ahoyado manual de cada sitio (30 cm × 30 cm; ancho × profundidad), y dispuestas en un sistema de plantación triangular o tresbolillo (3 m × 3 m). Fue común la aplicación de 10 g plántula<sup>-1</sup> de hidrogel de poliacrilamida (acondicionador de suelo) en el momento del trasplante. No se instalaron sistemas de riego a las parcelas.

El manejo de las parcelas durante el periodo de evaluación incluyó control de maleza con guadaña a los 60 y 100 días después del establecimiento en campo (DDE) y tres fertilizaciones. La primera se realizó a los 50 DDE donde se aplicaron 2 kg plántula<sup>-1</sup> de lombricomposta y dos fertilizaciones de cobertura, cada una de 30 g plántula<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (18 % N; 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), a los 60 y 120 DDE. No se evidenciaron síntomas por ataques fitosanitarios o plagas.

## **Evaluación en campo y diseño estadístico**

En cada localidad (municipios San José de Miranda, Enciso y Soata) se instalaron dos experimentos referentes a cuatro especies forestales de porte alto: *E. grandis*, *E. globulus*, *A. mangium* y *P. guachapele*; e igual número de porte bajo: *P. guajava*, *P. dulce*, *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*. Los tratamientos fueron las especies. Dada la topografía irregular en campo, se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, y 25 plántulas como unidad experimental. A los 150 DDE se midió el diámetro de tallo (a nivel de suelo) con auxilio de pie de rey (*Discover Meter ISO*) y la altura con flexómetro (*Stanley PowerLock*). Para la toma de los datos, se seleccionaron las cuatro plántulas centrales de cada unidad experimental (Figura 1).

## **Análisis estadístico**

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de *Tukey*, cuando hubo diferencias ( $p < 0.05$ ), con el programa *Statistical Analysis System*, versión 9.3 (SAS, 2013). Al inicio, se realizó un análisis de varianza por localidad y porte de especie. El efecto de localidad en cada ensayo se evaluó a través del procedimiento estadístico para análisis de experimentos conjuntos, una vez que se verificó la homocedasticidad de las varianzas (Banzatto y Kronka, 2006). La información de las encuestas se consolidó en una base de datos, para su análisis descriptivo.

## **Resultados y Discusión**

Se constató que la disponibilidad de una especie en particular depende de tres aspectos: 1) oferta por parte de los pequeños silvicultores de zonas frías ( $> 2\ 000$  m de altitud); 2) aprovechamiento de árboles dispersos dentro de los predios tabacaleros usados como cercas vivas, sombra en pasturas y manchas de bosque secundario; y 3) leña de arrastre colectada de los ríos Chicamocha, Servita y Tunebo. Además, se identificaron 20 especies multipropósito usadas (Cuadro 1) en la alimentación de los hornos, entre las que destacaron *E. globulus* y *E. grandis* (57 %), dada su fácil disponibilidad y que proceden de los municipios Concepción, Málaga y San Miguel en Santander; Soata, Boavita, El Espino y Susacón en Boyacá.



**Cuadro 1.** Especies nativas y exóticas utilizadas como leña para el curado de tabaco en Santander y Boyacá, y su calor de combustión bruto.

| <b>Nombre científico</b>                        | <b>Nombre común</b> | <b>CCB<br/>(MJ kg<sup>-1</sup>)</b> |
|---|---------------------|-------------------------------------|
| <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.             | Cují                | 16.59 <sup>3</sup>                  |
| <i>Psidium guajava</i> L.                       | Guayabo             | 18.60 <sup>4</sup>                  |
| <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.                | Roble               | 14.40 <sup>2</sup>                  |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.                   | Guácimo             | 15.96 <sup>4</sup>                  |
| <i>Cardiospermum corindum</i> L.                | Pito                | 17.32 <sup>1</sup>                  |
| <i>Manclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud. | Moral               | 16.83 <sup>4</sup>                  |
| <i>Eucaliptus grandis</i> W. Hill               | Eucalipto           | 17.55 <sup>2</sup>                  |
| <i>Eucaliptus globulus</i> Labill               | Eucalipto           | 15.91 <sup>6</sup>                  |
| <i>Duranta mutisii</i> L.f.                     | Espino              | 15.78 <sup>1</sup>                  |
| <i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze        | Cucharo             | 17.42 <sup>2</sup>                  |
| <i>Escallonia pendula</i> (Ruiz & Pav.) Pers    | Loqueto             | 18.77 <sup>2</sup>                  |
| <i>Calliandra pittieri</i> Standl.              | Carbonero           | 17.43 <sup>5</sup>                  |
| <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth       | Gallinero           | 17.42 <sup>4</sup>                  |
| <i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.                 | Urapán              | 16.01 <sup>6</sup>                  |
| <i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms   | Igua                | **                                  |
| <i>Casuarina equisetifolia</i> L.               | Pino                | 17.94 <sup>5</sup>                  |
| <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit      | Leucaena            | 17.12 <sup>5</sup>                  |
| <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck              | Naranja             | 12.55                               |
| <i>Salix humboldtiana</i> Willd.                | Sauce               | **                                  |
| <i>Weinmannia tomentosa</i> L.f                 | Encinillo           | **                                  |

\*Calor de combustión bruto; \*\*No se realizó prueba. Municipio de procedencia del material: 1 = San José de Miranda; 2 = Concepción; 3 = Capitanejo; 4 = Enciso en Santander; 5 = Boavita; 6 = Soata en Boyacá.

La región tropical ostenta una amplia diversidad de taxones nativos con alto potencial maderable, para la recuperación de bosques naturales y conservación de la biodiversidad. Sin embargo, la silvicultura del país se ha basado en pocas especies, comúnmente, *Eucaliptus* spp. y *Acacia* spp. (Breugel *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2016).

Es decir, como se comprobó en el presente estudio hubo mayor frecuencia de uso por *Eucalyptus* spp., lo anterior se explica por la existencia de pequeñas plantaciones en zonas templadas y frías, muy próximas a la zonas tabacaleras, lo cual facilita su adquisición, en comparación con el carbón mineral obtenido de municipios más lejanos. Otros taxa de muy usados fueron *P. dulce* (48 %), *E. pendula* (12 %), *M. tinctoria* (9 %), *C. pittieri* (8 %) y *F. chinensis* (8 %). En general, todas las trozas con longitud media de 50 a 80 cm de largo y grosor entre 0.5 a 20 cm son aprovechadas en el proceso de curado del tabaco, después de 20 a 30 días después de cortadas.

Respecto a los residuos de los materiales producto de la quema, son incorporados a las praderas y cultivos, previa descomposición por al menos un año.

El CCB vario entre 12.55 y 18.77 MJ kg<sup>-1</sup>; el menor y mayor para *C. sinensis* y *E. pendula*, respectivamente. En las demás especies su valor medio fue de 16.8 MJ kg<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Pérez *et al.* (2011) obtuvieron valores entre 17 y 20 MJ kg<sup>-1</sup> para plantaciones con diversas especies de eucalipto. Las cifras inferiores cuantificadas en este estudio en *E. globulus* (15.91 MJ kg<sup>-1</sup>) y *E. grandis* (17.55 MJ kg<sup>-1</sup>), posiblemente, responden a que el productor adquiere trozas de inferior calidad o edad precoz.

En consonancia con lo anterior, en una investigación realizada en la Reserva de la Biosfera, Selva El Ocote, en Chiapas, México se concluyó que el índice de valor de leña (combinación del contenido calórico, densidad de madera, contenido de humedad y cantidad de ceniza) no tuvo relación con la preferencia de 39 especies utilizadas por los pobladores, pues solo seis taxones tuvieron alta valoración. Los autores mencionan que la disponibilidad, la proximidad al hogar y la viabilidad pueden influir en la elección de la especie utilizada para leña (Márquez *et al.*, 2017).

Con respecto a la evaluación de crecimiento inicial, el análisis de varianza evidenció efecto significativo para la interacción especie × localidad en las variables diámetro de tallo y la altura, tanto en las especies de porte alto (valor p=0.0183 y p=0.0137, respectivamente) como en las de bajo (valor p=0.0421 y p=0.0001, respectivamente). Transcurridos 150 DDE, *E. grandis* y *E. globulus* presentaron el mejor desempeño para el diámetro de tallo frente a las otras dos especies, en las

tres localidades; sin embargo, su comportamiento individual fue inferior en el municipio Soata, 11.7 y 9.2 mm, respectivamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Diámetro de tallo para ocho especies forestales en tres municipios de Santander y Boyacá, luego de 150 DDE.

| Localidad           | Especies de porte alto (mm) |                    |                      |                   |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
|                     | <i>E. grandis</i>           | <i>E. globulus</i> | <i>P. guachapele</i> | <i>A. mangium</i> |
| San José de Miranda | 15.9 a AB                   | 12.0 ab AB         | 6.7 c A              | 8.5 bc A          |
| Enciso              | 19.1 a A                    | 14.2 b A           | 9.4 c A              | 7.8 c A           |
| Soata               | 11.7 a B                    | 9.2 ab B           | 7.3 b A              | 6.9 b A           |

| Localidad           | Especies de porte bajo (mm) |                 |                     |                        |
|---------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|
|                     | <i>P. guajaba</i>           | <i>P. dulce</i> | <i>G. ulmifolia</i> | <i>L. leucocephala</i> |
| San José de Miranda | 9.7 a A                     | 8.2 a A         | 9.2 a A             | 10.1 a A               |
| Enciso              | 9.6 a A                     | 5.4 b A         | 11.9 a A            | 11.0 a A               |
| Soata               | 7.7 bc A                    | 5.9 c A         | 10.7 ab A           | 11.9 a A               |

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la fila y mayúscula en la columna no difieren entre sí, según la prueba *Tukey*. \*  $p < 0.05$ .

*P. guachapele* y *A. mangium* exhibieron los valores más bajos para esta variable, aunque sin diferencias significativas según la localidad. Únicamente en San José de Miranda no hubo diferencias estadísticas en las cuatro especies de porte bajo. En Soata (5.4 cm) y Enciso (5.9 cm), *P. dulce* fue menor en relación a los otros taxa. No se constató efecto significativo del factor localidad (valor  $p = 0.7830$ ) (Cuadro 2).

Con relación a la altura del árbol para las especies de porte alto, *P. guachapele* y *A. mangium* evidenciaron menores valores frente a los otros dos taxones en las tres localidades evaluadas. En Enciso, *E. grandis* y *E. globulus* presentaron su mejor desempeño, 205.6 cm y 153.3 cm, respectivamente, el cual fue superior a las localidades de San José de Miranda y Soata. *P. guachapele* y *A. mangium* no registraron diferencias en los tres municipios (Cuadro 3). Es decir, los taxa exóticos mostraron más crecimiento en las tres localidades.

**Cuadro 3.** Altura de planta para ocho especies forestales en tres municipios de Santander y Boyacá, luego de 150 DDE.

| Localidad           | Especies de porte alto (cm) |                    |                      |                        |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
|                     | <i>E. grandis</i>           | <i>E. globulus</i> | <i>P. guachapele</i> | <i>A. mangium</i>      |
| San José de Miranda | 115.9 a B                   | 94.3 a B           | 32.9 b A             | 50.2 b A               |
| Enciso              | 205.6 a A                   | 153.5 b A          | 46.7 c A             | 55.7 c A               |
| Soata               | 122.5 a B                   | 101.1 a B          | 43.15 b A            | 51.2 b A               |
| Localidad           | Especies de porte bajo (cm) |                    |                      |                        |
|                     | <i>P. guajaba</i>           | <i>P. dulce</i>    | <i>G. ulmifolia</i>  | <i>L. leucocephala</i> |
| San José de Miranda | 66.3 ab A                   | 50.2 ab AB         | 34.5 b C             | 79.8 a A               |
| Enciso              | 74.5 b A                    | 64.4 b A           | 72.7 b A             | 118.9 a A              |
| Soata               | 43.8 b B                    | 37.1 b B           | 57.1 b B             | 123.0 a A              |

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la fila y mayúscula en la columna no difieren entre sí, según la prueba *Tukey*. \*  $p < 0.05$ .

Dada la alta vigorosidad, amplia adaptabilidad y el corto periodo hasta el aprovechamiento forestal que presenta el eucalipto, como lo indican Farias *et al.* (2016), podría suponerse una mayor aceptación en las zonas tabacaleras estudiadas. No obstante, el uso de especies introducidas debe analizarse con profundidad. Por ejemplo, en plantaciones de *Eucalyptus* localizadas en el sur de China, su pobre sobrevivencia, y en menor medida la emergencia de 12 especies arbóreas nativas se debió a los efectos alelopáticos de sus raíces. Contrariamente, su mantillo promovió el crecimiento inicial de la mayoría de los taxones, por lo que son recomendables las estrategias de manejo diferenciadas (Zhang *et al.*, 2016).

La menor respuesta en altura para las especies nativas, posiblemente, se debe a su estado de domesticación incipiente y al desconocimiento de la interacción con el ambiente, lo que impide implementar técnicas de manejo. Sin embargo, poseen otros atributos ecológicos y ambientales atractivos.

En suelos degradados del sur del Amazonas, *Tachigali vulgaris* L.f. Gomes da Silva & H.C. Lima evidenció mayor sobrevivencia, una tasa de crecimiento tres veces más rápida

y producción de mantillo dos veces superior que *E. urophylla* × *E. grandis*. Además, suprimió a las especies invasoras (Farias *et al.*, 2016). Otra experiencia positiva se cita en una plantación en consorcio de *E. grandis* y *P. guachapele* sobre suelos arenosos, en donde la cantidad de N aportada al suelo y la velocidad de mineralización de los residuos, se incrementó significativamente, incluso con una pequeña aportación (11 % del total depositado) de la leguminosa (Carvalho *et al.*, 2004).

*L. leucecephala* es una especie forrajera con un alto nivel proteico para la nutrición de rumiantes y aves en pastizales, o como cercas vivas; situación común en los minifundios tabacaleros de economía campesina. Pinto *et al.* (2014) evaluaron la producción de biomasa en *Leucaena collinsi* Britton & Rose, con registros de hasta 2 490 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca, a los 120 días después de la siembra. *P. guachapele*, seleccionada para este estudio, destaca por sus altos contenidos de proteína y fibra (18.9 % y 24.4 % con base al peso seco, respectivamente) en sus hojas, por lo que también es recomendada como suplemento alimenticio (Chitra y Balasubramanian, 2016).

En ovinos de pelo colombiano, bajo condiciones de pastoreo, a los que se les proporciona suplementos de especies arbóreas del bosque seco tropical, *G. ulmifolia* contribuyó al mantenimiento y aumento de la ganancia de peso, en contraste al tratamiento sin suplementos, en especial durante las épocas secas (Díaz *et al.*, 2014). Estas cualidades adicionales son de interés para el productor de tabaco, puesto que en Santander la cadena de ovinos y caprinos se ha venido consolidado, aunque su limitante es la baja disponibilidad hídrica.

Los resultados del presente estudio indicaron mayor vigor inicial de las especies forestales para las condiciones edafoclimáticas del municipio Enciso, sin diferencias muy marcadas entre las localidades de Soata y San José de Miranda. Breugel *et al.* (2011), para 47 especies arbóreas nativas y dos exóticas, señalan que 35 % de ellas tuvieron diferencias en el crecimiento final, en sitios de alta o baja fertilidad y húmedos o secos de Panamá, a los dos años de plantación.

Asimismo, la fuerte correlación ( $r= 0.62$  a  $0.91$ ) de las condiciones climáticas (temperatura, precipitación y radiación solar acumulada) sobre el crecimiento en altura fue validado en *E. urophylla* × *E. grandis* (Elli *et al.*, 2017). Por otra parte, la

selección y un protocolo exitoso para la obtención de plántulas de alta calidad durante la fase de vivero son cruciales en los programas de restauración con especies nativas, como lo documentan Lu *et al.* (2016).

## **Conclusiones**

Los agricultores tabacaleros de Boyacá y Santander usan alrededor de 20 especies multipropósito con diferentes valores de poder calórico (12.5 a 18.8 MJ kg<sup>-1</sup>). Las especies con más frecuencia de uso corresponden a *Eucaliptus* spp. (57 %), *Pithecellobium dulce* (48 %), *Escallonia pendula* (12 %) y *Manclura tinctoria* (9 %). En general, los taxones exóticos de porte alto, *E. grandis* y *E. globulus* exhiben mayor crecimiento (altura media de 132.2 cm), con respecto a la especie nativa, *P. guachapele* (altura media de 40.9 cm). Finalmente, estos estudios deben continuarse hasta el aprovechamiento forestal, y caracterizar el potencial dendroenergético y ecológico de las especies evaluadas.

## **Agradecimientos**

A los ingenieros forestales Fabio Ortiz por su apoyo en campo, y Victoriano Vargas por la identificación botánica de los ejemplares. Este estudio forma parte del proyecto: "Utilización de fuentes dendroenergéticas para el mejoramiento de la curación del tabaco Virginia en los departamentos de Santander, Boyacá y Huila", realizado por AGROSAVIA con recursos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, en convenio con la UIS, Unisangil, Philip Morris International y British American Tobacco Colombia SAS.

## **Conflicto de interés**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## Contribución por autor

Roberto Antonio Coronado Silva: trabajo de campo, consolidación de resultados, gestión de recursos financieros, redacción del manuscrito; Andrés Iván Prato Sarmiento: consolidación, análisis estadístico e interpretación de resultados, revisión y redacción del manuscrito.

## Referencias

- Armenteras, D., E. Cabrera, N. Rodríguez and J. Retana. 2013. National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *Regional Environmental Change* 13 (6): 1181-1193.
- America Society of Testing Materials (ASTM). 2007. ASTM International: Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter Standard Test West Conshohocken, PA USA. 9 p.
- Banzatto, D. e S. N. Kronka. 2006. Experimentação agrícola. Ed. FUNEP – UNESP. Jaboticabal, Brasil. 237 p.
- Breugel, M., J. S. Hall, D. Craven, T. G. Gregoire, A. Park, D. Dent, M. H. Wishnie, E. J. Mariscal, D. Deago, N. Ibarra, N. Cedeño and M. Ashton. 2011. Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama. *Forest Ecology and Management* 261 (10): 1580-1589.
- Carvalho, F., A. A. Franco, M. Pereira, E. F. Cameiro, L. E Dias, S. Faria e B. Rodrigues. 2004. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 39 (6): 597-601.

- Cerquera, N. E. y E. Pastrana. 2014. Evaluación de la eficiencia energética en los hornos tradicionales de curado de tabaco. *EIA* 11 (22): 155-165.
- Chitra, P. and A. A. Balasubramanian. 2016. Study on chemical composition and nutritive value of *Albizia* tree leaves as a livestock feed. *International Journal of Science, Environment and Technology* 5(6): 4638-4642.
- Díaz, V., J. Hemberg e R. Castañeda. 2014. Desempeño animal de ovinos de pelo colombianos, suplementados con especies arbóreas del bosque seco tropical. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 7 (1): 82-88.
- Elli, E., B. O. Caron, A. Behling, E. Eloy, V. Queiróz, F. Schwerz and J. R. Stolze. 2017. Climatic factors defining the height growth curve of forest species. *Italian Society of Silviculture and Forest Ecology* 10: 547-553.
- Farias, J. B., L. Marimon, F. Silva, F. R. Petter, P. Andrade, S. Morandi and B. M Marimon. 2016. Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 368: 173-182.
- Hu, T. and A. H. Lee. 2015. Tobacco control and tobacco farming in African countries. *Journal of Public Health and Policy* 36 (1): 41-51.
- Jimu, J., L. Mataruse, L. Musemwab and I. Nyakudya. 2017. The miombo ecoregion up in smoke: The effect of tobacco curing. *World Development Perspectives* 5: 44-46.
- León, C. E y R. A. Coronado. 2003. Cultivos de cobertura: una alternativa para la agricultura sostenible en las provincias de Guaneté y Comunera y de García Rovira en Santander - Boletín técnico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Bucaramanga, Colombia. 50 p.
- Lu, Y., S. Ranjitkar, J.-C. Xu, X.-K. Ou, Y.-Z. Zhou, .J.-F. Ye, X.F. Wu, H. Weyerhaeuser and J. He. 2016. Propagation of native tree species to restore subtropical evergreen broad-leaved forests in SW China. *Forests* 7 (1): 1-14.

Márquez, M., N. Ramírez, S. Cortina and S. Ochoa. 2017. Purpose, preferences and fuel value index of trees used for firewood in El Ocote Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Biomass and Bioenergy* 100: 1-9

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2016. Cadenas productivas. Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Cadenas. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Tabaco/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20-%202016%20Octubre.pdf> (5 de marzo de 2018).

Munanga, W., F. Mugabe, C. Kufazvinei and E. Sivotwa. 2014. Evaluation of the curing Efficiency of the rocket barn. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3 (2): 436-441.

Olivares J., F. Avilés, B. Albarrán, S. Rojas y O. Castelán. 2011. Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 739 -748.

Pérez, S., C. Renedo, A. Ortiz, M. Mañana, F. Delgado and C. Tejedor. 2011. Energetic density of different forest species of energy crops in Cantabria (Spain). *Biomass and Bioenergy* 35: 4657-4664.

Pinto, R., F. Medina, H. Gómez, F. Guevara y A. Ley. 2014. Caracterización nutricional y forrajera de *Leucaena collinsii* a diferentes edades de corte en el trópico seco del sur de México. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 31 (1): 78-99.

Rodríguez, M., V. Hoyos y G. Plaza. 2012. Chemical characterization of some soils from four counties that produce Flue-cured tobacco. *Agronomía Colombiana* 30 (3): 425-435.

Statistical Analysis System (SAS) 2013. SAS: Statistical Analysis System. SAS Institute. Cary, NC USA. n/p.

Siddiqui, K. 2001. Analysis of a Malakisi barn used for tobacco curing in East and Southern Africa. *Energy Conversion and Management* 42 (4): 483-490.

Zhang, C., P. Li, X. Chen, J. Zhao, S. Wanb, Y. Lin and S. Fu. 2016. Effects of Eucalyptus litter and roots on the establishment of native tree species in *Eucalyptus* plantations in South China. *Forest Ecology and Management* 375: 76-83.