

# CRECIMIENTO DEL *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* CULTIVADO EN PRESENCIA DE *Ananas comosus* var. *erectifolius* EN PARÁ, BRASIL

## GROWTH OF *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* CROPPING IN PRESENCE OF *Ananas comosus* var. *erectifolius* IN PARA STATE, BRAZIL

I. Maria Castro-Coimbra Cordeiro<sup>1\*</sup>, Moises Cordeiro Mourão-de Oliveira Junior<sup>2</sup>, Aderaldo Batista-Gazel Filho<sup>3</sup>, P. Luiz Contente-de Barros<sup>1</sup>, Osmar Alves-Lameira<sup>2</sup>, Francisco de Assis Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Belém, Pará, Brasil. (iracema3c@gmail.com), (paulo.contente@ufra.edu.br), (francisco.oliveira@ufra.edu.br) <sup>2</sup>Embrapa Amazônia Oriental (moises.mourao@embrapa.br), (agazel@uol.com.br), (osmar.lameira@embrapa.br)

### RESUMEN

El incremento en la perturbación ambiental y la presión mundial para preservar la selva amazónica han fomentado el cultivo de especies nativas. Con el objetivo de evaluar el crecimiento de *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) barneby cultivado en presencia de componentes agrícolas como *Ananas comosus* var. *erectifolius*, se desarrolló un estudio en la Estación Experimental de la empresa Tramontina Belem S.A., ubicada en la Ciudad de Aurora do Pará (PA), Brasil. El diseño experimental fue factorial de bloques completos al azar con parcelas subdivididas en el tiempo, para que los arreglos formaron los tratamientos de la parcela y las subparcelas fueron el tiempo de observación, con seis tratamientos y cuatro repeticiones: 1) *S. parabyba* var. *amazonicum*, *Cordia goeldiana* y *Switenia macrophylla*:GLC; 2) *S. parabyba* var. *amazonicum*, *C. goeldiana*, *S. macrophylla* y *A. comosus* var. *erectifolius*: GLC; 3) *S. parabyba* var. *amazonicum* y *C. goeldiana*: GL; 4) *S. parabyba* var. *amazonicum*, *C. goeldiana* y *A.comosus* var. *erectifolius*: GLC; 5) *S. parabyba* var. *amazonicum*: G; y 6) *S.parabyba* var. *amazonicum* y *A. comosus* var. *Erectifolius*: Gc. La distancia entre las especies forestales fue 4 x 3 m y para las plantas de *A. comosus* 0.80 m x 0.50 m. El tamaño de la parcela fue 18 x 24 m con cuatro repeticiones por tratamiento, el total de parcelas fue 24 y de área experimental 10 368 m<sup>2</sup>. Las variables analizadas para inferir el crecimiento del componente forestal fueron altura (H) y diámetro a la altura del pecho (DAP), cada 6 meses durante 3 años. En los seis sistemas de cultivo la tasa semestral de crecimiento de la altura y DAP de *S. parabyba* var. *amazonicum* fue mayor en los dos primeros años, y siguió con una tendencia de crecimiento lento y continuo durante

### ABSTRACT

The increase in environmental disturbance and global pressure to preserve the Amazon rainforest have encouraged the cultivation of native species. With the objective of evaluating the growth of *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) barneby cultivated in the presence of agricultural components such as *Ananas comosus* var. *erectifolius*, we conducted this study in the Experimental Station of the company Tramontina Belem S.A., located in the City of Aurora do Pará (PA), Brazil. The experimental design was a factorial randomized complete blocks with plots split over time, so that the arrangements comprising the treatments of the plots and subplots were the observation time with six treatments and four repetitions: 1) *S. parabyba* var. *amazonicum*, *Switenia macrophylla* and *Cordia goeldiana*: GLC; 2) *S. parabyba* var. *amazonicum*, *C. goeldiana*, *S. macrophylla* and *A. comosus* var. *erectifolius*: GLC; 3) *S. parabyba* var. *amazonicum* and *C. goeldiana*: GL; 4) *S. parabyba* var. *amazonicum*, *C. goeldiana* and *A.comosus* var. *erectifolius*: GLC; 5) *S. parabyba* var. *amazonicum*: G; and 6) *S.parabyba* var. *amazonicum* and *A. comosus* var. *erectifolius*: Gc. The distance between forest species was 4 x 3 m and for plants of *A. comosus* 0.80 m x 0.50 m. The plot size was 18 x 24 m with four replicates per treatment, with a total of 24 plots and an experimental area of 10,368 m<sup>2</sup>. The variables analyzed to infer the growth of the forest component were height (H) and diameter at breast height (DBH), every 6 months for 3 years. In the six cropping systems the semiannual growth rate of height and DAP of *S. parabyba* var. *amazonicum* was higher in the first two years, and continued with a slow and steady trend of growth during the 36 months of the study. We observed a positive effect of the presence of *A. comosus* var. *erectifolius* in the growth of *S. parabyba* var. *amazonicum* plants.

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: noviembre, 2014. Aprobado: septiembre, 2015.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 79-88. 2016.

**los 36 meses de estudio. El efecto positivo de la presencia de *A. comosus* var. *erectifolius* se observó en el crecimiento de las plantas de *S. parahyba* var. *amazonicum*.**

**Palabras clave:** Amazonia, agroforestería, monocultivos y áreas degradadas.

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Pará, en la Amazonia brasileña, las plantaciones forestales y agroforestales con especies nativas están en aumento. La disponibilidad de áreas perturbadas y la presión mundial para preservar la selva amazónica, han permitido la implantación de monocultivos, consorcios, cortavientos y sistemas agroforestales; la especie arbórea *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* es la más utilizada en estos cultivos. Cordeiro *et al.* (2009) observaron que estos sistemas generan beneficios ecológicos y aumentan la oferta de madera para reforestación y los ingresos de los pobladores que manejan las áreas cultivadas; por lo que son una alternativa para restablecer zonas con grados diferentes de degradación y áreas abandonadas por la agricultura nómada. Pero, para promover la estabilidad de estos cultivos se necesita planificar los productos forestales, controlar el proceso de la operación, el aumento de las ganancias y mantener el equilibrio entre oferta, demanda y ambiente. Con este propósito, se debe aplicar un conjunto de técnicas para la gestión de las unidades de manejo forestal. Estas técnicas son fundamentales para estimar la productividad de especies locales, ya que contribuyen a la determinación de la cosecha anual en el período de rotación de las especies adecuadas (Vargas-Larreta *et al.*, 2010). Por lo tanto, un reto importante en la selva amazónica es reforestar las áreas degradadas con especies nativas que cumplan con las necesidades industriales para mejorar la productividad.

De los diferentes sistemas de cultivo utilizados en el estado de Pará, las plantaciones con *S. parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) barneby (gavilán) tienden a ser la fuente principal de materia prima para la fabricación de chapas y contrachapados. La opción por la especie es por su excelente respuesta silvícola, con respecto a un crecimiento superior a la mayoría de las especies (Cordeiro *et al.*, 2009), por sus propiedades físicas y mecánicas para laminación (Lanza de Sá, 2004) y en el empleo en las vigas de madera laminada (Terezo y Szucs, 2010). La especie crece de forma natural en la Amazonía, especialmente en

**Key words:** Amazon, agroforestry, monocultures and degraded areas.

## INTRODUCTION

In the state of Pará in the Brazilian Amazon, forest and agroforestry plantations with native species are on the rise. The availability of disturbed areas and global pressure to preserve the Amazon rainforest have allowed the introduction of monocultures, consortia, windbreaks and agroforestry systems; the tree species *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* is the most used in these crops. Cordeiro *et al.* (2009) found that these systems generate environmental benefits and increase the supply of wood for reforestation and income for the people who manage the cultivated areas; so they are an alternative to restore areas with different degrees of degradation and abandoned by shifting cultivation. But to promote stability of these crops you need to plan forest products, control the process of operation, increase profits and maintain the balance between supply, demand and environment. For this purpose, you must apply a set of techniques to manage forest management units. These techniques are essential to estimate productivity of local species, since they contribute to the determination of the annual crop in the rotation period of the appropriate species (Vargas-Larreta *et al.*, 2010). Therefore, a major challenge in the Amazon jungle is to reforest degraded areas with native species that meet industry needs to improve productivity.

Of the different farming systems used in the state of Pará, *S. parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) barneby (gavilán) plantations tend to be the main source of raw material for the manufacture of veneer and plywood. The choice of the species is due to its excellent forestry response since its growth is superior to most species (Cordeiro *et al.* 2009), also its physical and mechanical properties for lamination are optimum (Lanza de Sá, 2004) as well as its use in laminated wood beams (Terezo and Szucs, 2010). The species grows naturally in the Amazon, especially in Brazil, in areas of primary and secondary forests, upland soils (Ducke, 1939; Pereira *et al.*, 1982). In Pará, during the period 2007-2009, the areas reforested with *S. parahyba* var. *amazonicum* increased from 41 100 to 79 159 ha, and went from 11 to 18.6 % of the total plantations with other species, as *Switenia macropylla*, *Bertolhetia excelsa*, *Eucalyptus* sp., *Tectona grandis* (SBS, 2013).

Brasil, en las zonas de bosques primarios y secundarios, en suelos de tierras altas (Ducke, 1939; Pereira *et al.*, 1982). En Pará, durante el período de 2007 a 2009, las áreas reforestadas con *S. parahyba* var. *amazonicum* aumentaron de 41 100 a 79 159 ha, y pasaron de 11 a 18.6 % del total de las plantaciones con otras especies como *Swietenia macrophylla*, *Bertolletia excelsa*, *Eucalyptus* sp., *Tectona grandis* (SBS, 2013).

Los estudios de crecimiento en los trópicos son limitados, a menudo porque los anillos de crecimiento de los árboles no son visibles. Las investigaciones dendrocronológicas están relacionadas con especies introducidas, de crecimiento rápido, principalmente *Pinus* y *Eucalyptus*. Por tanto, el crecimiento de árboles y las diversas condiciones climáticas se obtienen a través de mediciones periódicas de variables, como diámetro, altura, volumen, peso, y biomasa. Los estudios de Pereira *et al.* (1982), Rondón (2002), Tonini *et al.* (2006) y Nascimento *et al.* (2012) en plantaciones de gavilán, identificaron que los factores climáticos, el suelo, la topografía, la competencia biológica, inter e intra específica y otros subproductos de las actividades humanas (adelgazamiento del suelo e incendios), con frecuencia afectan los procesos fisiológicos, y se reflejan sobre la altura y el diámetro.

Cordeiro *et al.* (2009) observaron que los sistemas de cultivo influyen sobre el crecimiento de la especie y, además, en plantíos de gavilán la combinación apropiada de especies con valor económico permite mejor uso del espacio y genera beneficios sociales y ambientales. En este sentido, el cultivo de *A. comosus* var. *erectifolius* (curauá), bromelia productora de fibra, asociado con *S. parahyba* var. *amazonicum* se justifica por el uso del sitio en los primeros años del establecimiento de especies forestales, junto con la posibilidad de obtener ingresos de la producción de hojas, semillas y fibras con varios cultivos. Así se generan beneficios e ingresos en un período corto, y aumenta el crecimiento del *S. amazonicum* (Cordeiro *et al.*, 2010). Además de estas respuestas y las características de la especie, se necesita información sobre los cambios en las condiciones de crecimiento de las especies nativas.

Las diferencias en el crecimiento en plantaciones de *Schizolobium*, en relación con la presencia del componente agrícola puede explicar el desarrollo del gavilán. Como forma de verificar esta influencia, el objetivo de este estudio fue examinar el crecimiento en altura y diámetro de *S. parahyba* var. *amazonicum* en

Studies of growth in the tropics are limited, often because the growth rings of trees are not visible. Dendrochronological researches are related to introduced and fast-growing species, mainly *Pinus* and *Eucalyptus*. Therefore, the growth of trees and the various climatic conditions data are obtained through periodic measurements of variables such as diameter, height, volume, weight, and biomass. Studies by Pereira *et al.* (1982), Rondón (2002), Tonini *et al.* (2006) and Nascimento *et al.* (2012) in gavián plantations found that climatic factors, soil, topography, biological inter- and intra-specific competition and other byproducts of human activities (thinning of the ground and fires), often affect physiological processes and are reflected on the height and diameter.

Cordeiro *et al.* (2009) found that the cropping systems influence the growth of the species; also in gavián plantations the appropriate mix of species with economic value makes a better use of space and generates social and environmental benefits. In this respect, the cultivation of *A. comosus* var. *erectifolius* (curauá), bromeliad producer of fiber, associated with *S. parahyba* var. *amazonicum*, is justified by the use of the site in the early years of the establishment of forest species, along with the possibility to earn income from the production of leaves, seeds and fibers with various crops. Thus, profits and income are generated in a short period, and the growth of *S. amazonicum* increases (Cordeiro *et al.*, 2010). In addition to these responses and characteristics of the species, there is a need for information on changes in the growing conditions of native species.

The differences in growth in *Schizolobium* plantations in relation to the presence of the agricultural component can explain the development of gavián. As a way to verify this influence the objective of the study was to examine the growth in height and diameter of *S. parahyba* var. *amazonicum* in the presence and absence of the agricultural component *Ananas comosus* var. *erectifolius* in Aurora do Pará, Brazil.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

We conducted the study in the area of the company Tramontina Belem S.A., at kilometer 60 Br 010, located in the Municipality of Aurora do Pará (PA), 02° 08' 02" S, 47° 32'

presencia y ausencia del componente agrícola *Ananas comosus* var. *erectifolius* en Aurora do Pará, Pará, Brasil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el área de la empresa Tramontina Belem SA, km 60 al Br 010, ubicada en el Municipio de Aurora do Pará (PA), 02° 08' 02" S, 47° 32' 00" O, a 50 m de altitud. El clima en la clasificación de Thornthwaite es del tipo Am3 tropical húmedo (Martorano *et al.*, 1993) y el suelo es un Latosol amarillo, de textura areno arcillosa, recubierta de pastos abandonados, con predominio de quiquio de la amazonia (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick).

Los datos climatológicos en una estación ubicada a 1 km del área experimental indican una temperatura promedio anual de 26 °C, precipitaciones anuales de 2000 mm, y humedad relativa de 74 %. Durante el estudio las condiciones climáticas fueron estables, dentro del rango de normalidad para la región (INMET, 2015). Las plantas del sistema pertenecen al conjunto de árboles utilizado por la empresa, pero en el estudio se dio énfasis a *Schizolobium* (Cuadro1).

### Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar mediante parcelas subdivididas en el tiempo, de forma que los arreglos en los sistemas de cultivo formaron los tratamientos de la parcela y las subparcelas fueron el periodo de observación. Las 24 parcelas rectangulares tenían 432 m<sup>2</sup> (18 x 24 m) y estaban compuestas por siete hileras de siete plantas cada una, con un total de 1176 individuos en presencia de *A. comosus* var. *erectifolius*, distribuidos en 10 368 m<sup>2</sup>. En este estudio todas las plantas de *S. parahyba* var. *amazonicum* presentes fueron consideradas.

La combinación de las plantaciones forestales de gavilán (*S. parahyba* var. *amazonicum*), laurel (*C. goeldiana*) y caoba

00" W, 50 m high. The climate according to the classification of Thornthwaite is tropical moist Am3 (Martorano *et al.*, 1993) and the soil is a yellow Latosol, of loamy sandy texture, covered with abandoned pastures, dominated by the Amazon quiquio (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick).

Climatological data at a station located 1 km from the experimental area indicated an average annual temperature of 26 °C, annual rainfall of 2000 mm, and relative humidity of 74 %. During the study weather conditions were stable within the normal range of the region (INMET, 2015). The plants belonged to the set of trees used by the company, but in our study we focused on *Schizolobium* (Table 1).

### Experimental design

The experimental design was randomized complete blocks with plots split in time, so that the arrangements in cropping systems constituted the plot treatment, and the subplots were the observation period. The rectangular plots of 432 m<sup>2</sup> (18 x 24 m) were composed of seven rows of seven plants each, with a total of 1176 individuals in the presence of *A. comosus* var. *erectifolius* spread over 10 368 m<sup>2</sup>. In this study we included all the plants of *S. Parayba* var. *amazonicum* present in the site.

The combination of gavilán forest plantations (*S. parahyba* var. *amazonicum*), laurel (*C. goeldiana*) and mahogany (*S. macrophylla*) (Table 1) with and without the presence of the agricultural component *A. comosus* var. *erectifolius* resulted in the following treatments: 1) Gavilán, Laurel and Caoba (Mahogany) (GLC); 2) Gavilán, Laurel and Caoba (Mahogany) and curauá (GLCc); 3) Gavilán and Laurel (GL); 4) Gavilán, Laurel and curauá (GLc); 5) Gavilán (G); and 6) Gavilán and curauá (Gc).

The planting of forest species (gavilán, laurel and caoba [mahogany]) was manual in the 4 m x 3 m, and 0.80 m x 0.50 m plots of curauá. We used livestock manure (500 g per tree) and chicken litter (150 g per tree) to fertilize trees and agricultural crops. In the first two years we applied chemical fertilizers at the beginning and end of the rainy season (January to June) using the

**Cuadro 1. Especies y número (N) de componentes de la planta en los sistemas instalados en el estudio experimental Tramontina Belém SA, Aurora do Pará (PA), Brasil.**

**Table 1. Species and number (N) of the plant components in the systems installed in the experimental study Tramontina Belém do Pará Aurora AS, Brazil.**

| Nombre común | Nombre científico  | Familia      | N    |
|--------------|--|--------------|------|
| Gavilán (G)  | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby | Fabaceae     | 1040 |
| Laurel (L)   | <i>Cordia goeldiana</i> Huber  | Boraginaceae | 96   |
| Caoba (C)    | <i>Switenia macrophylla</i> King   | Meliaceae    | 40   |
| Curauá (c)   | <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> L.B.Smith                     | Bromeliaceae | 9758 |



(*S. macrophylla*) (Cuadro 1) con y sin la presencia del componente agrícola *A. comosus* var. *erectifolius*, dio como resultado los siguientes tratamientos: 1) Gavilán, Laurel y Caoba (GLC); 2) Gavilán, Laurel y Caoba y el curauá (GLCc); 3) Gavilán y Laurel (GL); 4) Gavilán, Laurel y curauá (GLc); 5) Gavilán (G); y 6) Gavilán y curauá (Gc).

La siembra de las especies forestales (gavilán, laurel y caoba) fue manual en la parcela de 4 m x 3 m y en la parcela de 0.80 m x 0.50 m de curauá. Para abonar las especies arbóreas y agrícolas se utilizó estiércol de ganado (500 g por árbol) y desechos de pollo (150 g por árbol). En los primeros dos años se aplicaron fertilizantes químicos al inicio y al final de la temporada de lluvias (enero a junio), con NPK 10:28:20 (150 g por planta) para las especies forestales y 10:10:10 (10 g por planta) para curauá.

#### VARIABLES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En cada parcela se midió con cinta métrica el diámetro de cada planta a 1.30 m del suelo, y la altura total (H) con una cinta de aluminio de 8 m, graduada de 10 a 10 cm, las alturas superiores a esta medida se obtuvieron a partir de estimaciones.

Las plantaciones se midieron en intervalos de 6 meses a partir de 6, 12, 18, 24, 30 y 36 meses; en la última medición las plantas tenían 3, 4 y 5 años de edad. Con datos de crecimiento se realizó a ANDEVA, las medias se compararon con la prueba SNK ( $p \leq 0.05$ ) y para el análisis gráfico se usó SAS 9.1 (SAS Institute, 1999).

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento H y DAP mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los sistemas de siembra con presencia y ausencia de curauá a 3 y 5 años de edad, y diferencia altamente significativa a los 4 años; ( $p \leq 0.01$ ). Además, hubo diferencias significativas de la fuente de variación en el tiempo ( $p \leq 0.05$ ). La interacción época de siembra por cultivo en las plantas de gavilán con 3 y 5 años de edad fue significativa ( $p \leq 0.05$ ), pero no con la de 4 años ( $p \geq 0.05$ ) (Cuadro 2).

Las plantas de gavilán de 3 y 4 años de edad en presencia de curauá difirieron significativamente de aquellas en ausencia de las especies agrícolas (Cuadro 3). Las plantas de los sistemas de cultivo con cinco años no continuaron la misma tendencia de las plantas más jóvenes. Según Cordeiro *et al.* (2006), el aumento inicial en el crecimiento impulsado por los fertilizantes y los residuos de hojas de bromelia, depositados en el suelo después de cada cosecha, justifica la adopción de la técnica.

formula NPK 10:28:20 (150 g per plant) for forest species, and 10:10:10 (10 g per plant) for curauá.

#### VARIABLES AND STATISTICAL ANALYSIS

In each plot we measured with a measuring tape the diameter of each plant at 1.30 m high, and total height (H) with an aluminum tape 8 m long, marked every 10 cm. The measurements above this level were obtained from estimates.

Plantations were measured at intervals of 6, 12, 18, 24, 30 and 36 months; in the last measurement the plants were 3, 4 and 5 years of age. Growth data were subjected to ANOVA; the means were compared with SNK test ( $p \leq 0.05$ ) and for graphical analysis we used SAS 9.1 (SAS Institute, 1999).

#### RESULTS AND DISCUSSION

The growth of H and DBH showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between planting systems with presence and absence of curauá at 3 and 5 years of age, and a highly significant difference at 4 years of age ( $p \leq 0.01$ ). Moreover, there were significant differences of the variation source over time ( $p \leq 0.05$ ). The interaction time for sowing per crop in gavilán plants of 3 and 5 years of age was significant ( $p \leq 0.05$ ), but not for the 4 year-old plant ( $p > 0.05$ ) (Table 2).

Gavilán plants of 3 and 4 years old in the presence of curauá differed significantly from those grown in the absence of agricultural species (Table 3). Growing systems plants, five years old, did not follow the same trend of younger plants. According to Cordeiro *et al.* (2006), the initial increase in growth driven by fertilizers and bromeliad leaves residues deposited on the soil after each harvest, justifies the adoption of the technique.

Plants cultivated in the presence of curauá showed higher growth in DAP, as compared to farming systems of the same age in the absence of agricultural crop (Table 3). Ohashi *et al.* (2010), Silva *et al.* (2011) and Ruivo *et al.* (2012) obtained similar results, whereby the gavilán crop planted with the agricultural species, regardless of the plantation age, showed an average increase of 9.5, 15.1, 18.07 and 11.5 m high, and 20.36, 11.6, 14.42 and 25.74 cm in diameter, with respect to plants in monoculture.

The growth trend of plants was similar during the experimental period, and between 12 and 24 months there was a significant increase in growth followed by

**Cuadro 2. Cuadrados medios (CM) para las variables altura (H) y diámetro a la altura al pecho (DAP) en las plantaciones de *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* con tres, cuatro y cinco años de edad, en los sistemas de cultivo con presencia y ausencia de *Ananas comosus* var. *erectifolius*, Pará, Brasil.**

**Table 2. Mean square (CM) for height (H) and diameter at breast height (DBH) variables in plantations of *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* with three, four and five years old, in cropping systems with presence and absence of *Ananas comosus* var. *erectifolius*, Pará, Brazil.**

| Fuentes de variación   | Edad (años) |          |          |         |        |         |
|------------------------|-------------|----------|----------|---------|--------|---------|
|                        | 3           |          | 4        |         | 5      |         |
|                        | H(m)        | DAP(cm)  | H (m)    | DAP(cm) | H(m)   | DAP(cm) |
| Sistemas de cultivo    | 26.236*     | 52.786*  | 128.81** | 71.64** | 3.081* | 13.095* |
| Tiempo                 | 57.32**     | 57.966** | 19.554** | 37.72** | 9.85** | 53.04** |
| Sist. Cultivo x Tiempo | 1.280*      | 2.976*   | 0.315ns  | 3.60ns  | 0.61*  | 5.021*  |
| CV1 (%)                | 27.31       | 18.79    | 14.85    | 25.93   | 10.19  | 10.84   |
| CV2 (%)                | 7.20        | 6.22     | 6.65     | 10.72   | 2.98   | 2.50    |

\*(p≤0.05); \*\*(p≤0.01); NS: no significativo (p>0.05) con el test F. CV(%)=coeficiente de variación ♦\*(p≤0.05) \*\*(p>0.01); NS: not significant (p≥0.05) with F test. CV (%) = coefficient of variation.

Las plantas cultivadas en presencia de curauá mostraron un crecimiento en DAP superior respecto a los sistemas de cultivo de la misma edad en ausencia del cultivo agrícola (Cuadro 3). Ohashi *et al.* (2010), Silva *et al.* (2011) y Ruivo *et al.* (2012) obtuvieron resultados similares, por lo cual el gavilán plantado con la especie agrícola, independiente de la edad de la plantación, muestra aumento promedio de 9.5, 15.1, 18.07 y 11.5 m de altura, y 20.36, 11.6, 14.42 y 25.74 cm de diámetro, respecto a las plantas en monocultivo.

La tendencia de crecimiento de las plantas fue similar durante el período experimental y entre 12 y 24 meses hubo un aumento considerable en el crecimiento y luego una tendencia ligera a disminuir. Así, para ambas variables se caracterizó la etapa juvenil

a slight decrease in growth. Thus, for both variables the juvenile stage and rectilinear period were characterized in height and partly diameter, but it was impossible to verify the seasonal growth period (Figures 1 and 2).

In trees, the variable height generally presented more pronounced changes in growth, especially in young age; the rapid change in height was evident in short periods of time. Therefore, gavilán plants (Figure 1) in the systems studied are influenced in their growth not only in the initial stage, but also at later stages, as they depend on environmental conditions. Imaña-Encinas *et al.* (2005) observed that these variations in height and diameter of trees depend on several factors that limit growth, and are

**Cuadro 3. Comparación de la altura (H) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de plantaciones de *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* con tres, cuatro y cinco años de edad, en presencia y ausencia de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Campo Experimental Tramontina AS, Aurora do Pará (PA), Brasil.**

**Table 3. Comparison of height (H) and diameter at breast height (DBH) of gavilán plantations of three, four and five years old, in the presence and absence of curauá. Campo Experimental Tramontina AS, Aurora do Pará (PA), Brazil.**

| Edad (años) | Sistemas de cultivos (tratamientos)  | Promedios |          |
|-------------|--------------------------------------|-----------|----------|
|             |                                      | H (m)     | DAP (cm) |
| 3           | Gavilán-G                            | 6.64 a    | 7.76 a   |
|             | Gavilán y curauá-Gc                  | 7.12 b    | 9.86 b   |
| 4           | Gavilán y Laurel-GL                  | 7.06 a    | 9.99 a   |
|             | Gavilán, Laurel y curauá-GLc         | 10.34 b   | 12.43 b  |
| 5           | Gavilán, Laurel y Caoba-GLC          | 9.26 a    | 12.85 a  |
|             | Gavilán, Laurel, Caoba y curauá-GLCc | 9.76 a    | 13.90 b  |

Promedios con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (SNK; p≤0.05) ♦ Means with different letter in a column are statistically different (SNK; p≤0.05).

y el período rectilíneo para altura y en parte para el diámetro, pero fue imposible comprobar el período estacional de crecimiento (Figura 1 y 2).

En los árboles, la variable altura en general presentó modificaciones más acentuadas de crecimiento, en especial en edad joven; el cambio rápido en altura fue evidente en períodos cortos de tiempo. Por lo tanto, el crecimiento de las plantas de gavilán (Figura 1) en los sistemas estudiados no está sólo influenciado en la fase inicial de crecimiento, sino también en fases posteriores ya que dependen de las condiciones ambientales. Imaña-Encinas *et al.* (2005) observaron que estas variaciones de altura y diámetro de los árboles dependen de factores diversos que limitan el crecimiento y no siempre es controlado o supervisado. Husch *et al.* (1982) afirmaron que para cada especie y cada árbol sería necesario un período para completar su ciclo de vida.

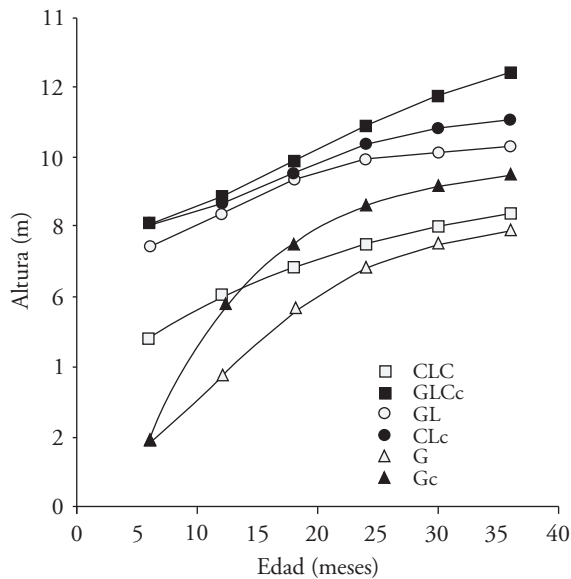


Figura 1. Variación en el crecimiento en altura de *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* entre los 6 y 36 meses de estudio en presencia y ausencia de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Estación Experimental Tramontina Belem SA, Aurora do Pará (PA). G: Gavilán, L: Laurel; C: Caoba; c: curauá.

Figure 1. Variation in height growth of *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* between 6 and 36 months of study in the presence and absence of *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Tramontina Belem Experimental Station SA, Aurora do Pará (PA). G: Gavilán, L: Laurel; C: Mahogany (Caoba); c: curauá.

not always controlled or supervised. Husch *et al.* (1982) stated that for each species and tree a time period would be necessary to complete their life cycle. According to Schwartz *et al.* (2013), through silvicultural techniques, such as the adoption of different initial spacings and fertilizer application the behavior of growth can change and its curve can be anticipated.

The gavlán is a fast growing species and its juvenile phase is very short (one to three years); the second phase extends for a longer period. The beginning of the stationary phase is difficult to determine accurately since it depends on factors such as climate and soil conditions.

Height growth is the result of the cell division activity in the bud or terminal. Then, due to the apical dominance of gavlán, the growth process in height seems to be related to the intense production of auxin

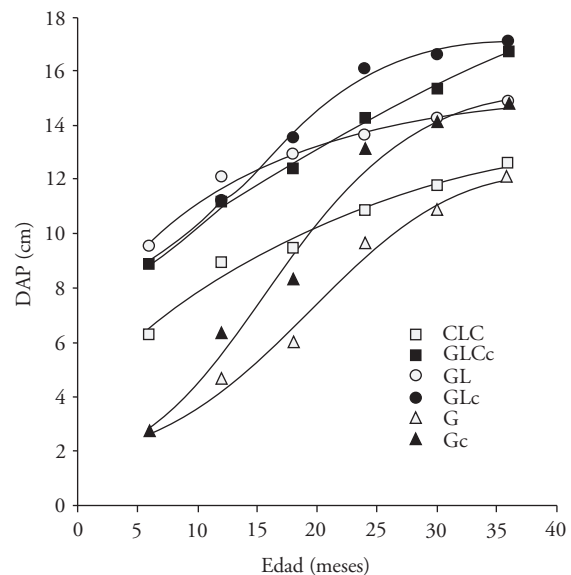


Figura 2. Variación en el crecimiento de *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* en diámetro a la altura del pecho (DAP) dentro de los 6 a 36 meses de estudio en presencia y ausencia de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Estación Experimental Tramontina Belem SA, Aurora do Pará (PA). G: Gavilán, L: Laurel; C: Caoba, c: curauá.

Figure 2. Variation in the growth of *Schizolobium parabyba* var. *amazonicum* in diameter at breast height (DBH) within 6-36 months of study in the presence and absence of *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Tramontina Belem Experimental Station SA, Aurora do Pará (PA). G: Gavilán, L: Laurel; C: Mahogany (Caoba); c: curauá.

Schwartz *et al.* (2013), a través de técnicas silvícolas como la adopción de diferentes espaciamientos iniciales y la aplicación de fertilizantes, puede cambiar el comportamiento de crecimiento y anticipar dicha curva.

El gavilán es una especie de rápido crecimiento y la fase juvenil es muy corta (de uno a tres años) y la segunda fase se extiende por un período más largo. El inicio de la fase estacionaria es difícil determinar con precisión, pues depende de factores como condiciones climáticas y del suelo.

El crecimiento en altura es producto de la actividad de división celular en la yema apical o terminal. Así, por la dominancia apical del gavilán, el proceso de crecimiento en altura parece estar relacionado con la producción intensa de auxina y giberelina en el primer y segundo año, y su disminución después del tercer año. Este supuesto es consistente con los postulados de Morey (1980), de que las plantas leñosas tropicales de crecimiento rápido presentan ritmo acelerado en los dos primeros años, los reguladores de crecimiento difusible no son producidos y pasan a ser direccionados para la actividad cambial.

El crecimiento en diámetro fue acentuado en la etapa inicial, le siguió una tendencia de crecimiento lento y continuo entre los 12 y 18 meses, y se acentuó de nuevo entre los 18 y 24 meses. Después se observó una tendencia de crecimiento menos marcado hasta 36 meses (Figura 2). El aumento gradual del crecimiento en diámetro se da en términos de las actividades del cambio vascular (Husch *et al.*, 1982). En los árboles, el crecimiento en diámetro está influenciado principalmente por la edad, espaciamiento de plantío, y condiciones del sitio, así como por fitohormonas, factores ambientales inter-relacionados y genéticos. Así, Cordeiro *et al.* (2009) verificaron en plantas de gavilán de 12 meses de edad, una influencia positiva sobre el crecimiento del diámetro, cuando estas se asociaron con especies agrícolas.

La curva del diámetro se inició cuando el árbol alcanzó 1.30 m de altura, y la etapa juvenil ya había comenzado. Este tipo de crecimiento irrumpe bruscamente, mientras que la fase rectilínea por lo general tarda poco y la tasa anual disminuye de forma acentuada. Aunque gavilán presente este comportamiento, no es posible predecir cuál será el de las especies en las fases posteriores a la etapa juvenil, ya que el estudio se realizó sólo durante 36 meses. Scolforo (1994) informó que el valor de las variables es producido por la

and gibberellin in the first and second years, though it declines after the third year. This assumption is consistent with the findings by Morey (1980), who states that tropical woody plants of rapid growth have an accelerated pace in the first two years, and then the diffusible growth regulators are no longer produced, but directed to change (cambial) activity.

Diameter growth increased in the initial stage; it was followed by a slow and steady growth between 12 and 18 months, and rose again between 18 and 24 months. Then we observed a less marked growth trend up to 36 months (Figure 2). The gradual growth in diameter is given in terms of the activities of vascular change (Husch *et al.*, 1982). In trees, diameter growth is influenced mainly by age, plant spacing and site conditions, as well as plant hormones, and interrelated environmental and genetic factors. Thus, Cordeiro *et al.* (2009) verified in 12-month-old gavilán plants a positive influence on the growth of diameter when they were associated with agricultural species.

The diameter curve appeared when the tree was 1.30 m tall, and the juvenile stage had already begun. This type of growth occurs abruptly, whereas the rectilinear phase usually takes a while and the annual rate substantially decreases. Even when gavilán exhibited this behavior, it was not possible to predict that of the species in the stages after the juvenile, since the study covered a period of only 36 months. In this regard, Scolforo (1994) reported that the value of the variables was produced by the physiological activity of the plant (primary and secondary or exchange meristem), but decreased as the time period of observation of variables became less precise over the changes in biological growth, noting that the growth of a tree shows different variations in height, diameter, basal area, volume and weight, and depends on several factors that are not always controlled or monitored, such as genetic and interactions with the environment. In a study carried out in central Mexico with *Taxodium mucronatum*, Correa-Díaz *et al.* (2014) observed that climatic variables are indicators of the growth pace of trees. These authors suggested that temperature influences the plant meristematic activity and photosynthesis activity, which can lead to a higher growth during the growing season.

From the results, it is clear that the establishment of agroforestry meets the need



actividad fisiológica de la planta (meristemo primario y secundario o de cambio), pero disminuye a medida que el período de tiempo de observación de las variables pierde precisión en los cambios de crecimiento biológico, considerando que el crecimiento de un árbol muestra variaciones diversas en altura, diámetro, área basal, volumen y peso, y depende de factores no controlados ni supervisados siempre, como los genéticos y sus interacciones con el ambiente. En un estudio en el centro de México con *Taxodium mucronatum*, Correa-Díaz *et al.* (2014) observaron que las variables climáticas son indicadoras del ritmo de crecimiento del árbol. Estos autores sugirieron que la temperatura influye en la actividad meristemática y fotosíntesis de la planta, lo cual se puede traducir en un incremento durante la estación de crecimiento.

De los resultados, es evidente que el establecimiento de sistemas agroforestales concilia la necesidad de obtener rápido árboles con un diámetro apropiado y deseable para el uso industrial de la madera, así como contribuir a reforzar la importancia de adoptar prácticas sostenibles y ecológicas. En la selección de especies para plantaciones comerciales la variable más utilizada es el volumen, y el buen rendimiento de las plantas de *S. parahyba* var. *amazonicum* indica que es posible practicar la agroforestería de manera racional.

La diferencia entre estas producciones justifica biológicamente la siembra del *A. comosus* var. *erectifolius* en condiciones similares a las especies estudiadas. Sin embargo, un aspecto de esta producción que puede plantear problemas sería la calidad de la madera obtenida por el desarrollo inicial rápido.

La formación de la madera es influenciada por variaciones ambientales, prácticas culturales de la especie y tiempo de siembra. En la fase juvenil, la fisiología no asegura que la planta fije carbono, sintetice nuevos tejidos y acumule la masa específica deseable (Trugilho *et al.*, 2015). Así cualquier cambio en la calidad de la madera influencia el procesamiento e industrialización de la otra.

## CONCLUSIÓN

Las plantas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, independiente del sistema de cultivo, en presencia o ausencia del componente agrícola *Ananas comosus* var. *erectifolius*, sigue la tendencia normal de crecimiento, tanto en altura como para el diámetro (a la altura del pecho); ésta es más pronunciada en los

of rapidly having trees with an appropriate and desirable diameter for the industrial use of wood, and contribute to reinforcing the adoption of sustainable and ecological practices.

In the selection of species for commercial plantations, the most used variable is volume, and the good performance of *S. parahyba* var. *amazonicum* plants indicates that it is possible to practice agroforestry rationally.

The difference between these productions biologically justify sowing *A. comosus* var. *erectifolius* in conditions similar to those of the species studied. However, one aspect of this production that could pose problems would be the quality of wood obtained by the rapid initial development.

Wood formation is influenced by environmental variations, cultural practices of the species and time of planting. When young, physiology does not ensure that plants fix carbon, synthesize new tissues and earn the specific mass expected (Trugilho *et al.*, 2015). Thus, any change in the quality of wood influences the processing and industrialization of rough lumber.

## CONCLUSION

*Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* plants, regardless of the cultivation system used, in the presence or absence of the agricultural component *Ananas comosus* var. *erectifolius*, follow the normal growth trend, both in height and diameter (at breast height); the latter is more pronounced in the first two years of planting, and from that period onwards the intensity of growth decreases. The growth of gavián is favored by the presence of the agricultural component curauá.

—End of the English version—

-----\*-----

dos primeros años de la siembra, y desde ese período disminuye la intensidad de crecimiento. El crecimiento del gavián es influenciado positivamente en presencia del componente agrícola curauá.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por PNPD/CAPES. Agradecemos el apoyo de la empresa Tramontina Belem S.A. para este

estudio y a los revisores, cuyos comentarios permitieron mejorar este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Cordeiro, I. M. C. C., A. C. de Santana, O. A. Lameira, e I. M. Silva. 2009. Análise econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá) E *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (curauá) no município de Aurora do Pará (PA). *Rev. Fac. Agron. (Luz)* 26: 243-265.
- Cordeiro, I. M. C. C., O. A. Lameira, e S. T. Ohashi. 2006. Avaliação do crescimento do paricá (*Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) consorciado com curauá (*Ananas erectifolius* L. B. Smith) em diferentes sistemas e idades de plantio. *In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais 6*, Campos de Goytacazes, Anais. Rio de Janeiro, UENF-SBSAF. CD.
- Cordeiro, I. M. C. C., O. A. Lameira, P. L. C. de Barros, e M. A. da M Malheiros. 2010. Comportamento do curauá sob diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa em condições de cultivo. *Rev. Bras. de Ciên. Agrá. (PE)* 5: 49-53.
- Correa-Díaz, A. A. Gómez-Guerrero, J. Villanueva-Díaz, L. U. Castruita-Esparza, T. Martínez-Trinidad, y R. Cervantes-Martínez. 2014. Análisis dendroclimático de ahuehuete (*Yaxodium mucronatum* Ten.) en el centro de México. *Agrociencia* 1: 537-551.
- Ducke, A. 1939. As Leguminosas da Amazônia Brasileira. Serviço florestal. Ministério da Agricultura. Serviço de Publicidade Agrícola. Rio de Janeiro. 88 p.
- Husch, B. C. I. Miller, e T. W. Beers. 1982. *Forest Mensuration*. Ronald Press. New York. 410 p.
- Imaña-Encinas, J., G. Fernandes da Silva, e J. R. Pinto R. 2005. Idade e crescimento das árvores. Brasília: Comunicações Técnicas Florestais 1: 43.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). 2015. Banco de dados para o ensino e pesquisa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/> (Consulta junio 2015).
- Lanza de Sá, T. C., L. M. Marques, J. G. de Carvalho, M. P. C. Lacerda, e P. E. F. de Mota. 2004. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. *Rev. Cerne* 10: 184-195.
- Martorano, L. G., L. C. Pereira, E. G. M. Cesar, e I. C. B. Pereira. 1993. Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática e deficiência hídrica (Thorntwaite & Mather). Belém, SUDAM/EMBRAPA-SNLCS. 53 p.
- Morey, P. R. 1980. O crescimento das árvores. Coleção tema de biologia, EDUSP. S. Paulo, Brasil. 19. 72 p.
- Nascimento, D. F. P. S. dos S. Leles, S. N. de Oliveira Neto, R. T. S. Moreira, e J. M. Alonso. 2012. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. *Cerne* 18: 159-165.
- Ohashi, S. T., J. A. G. Yared, e J. T. de F. Neto. 2010. Variabilidade entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby plantadas no município de Colares – Pará. *Acta Amazonica* 40: 81-88.
- Pereira, A. P., C. F. M. de Melo, e S. M. Alves. 1982. O paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber), características gerais da espécie e suas potencialidades de aproveitamento na indústria de papel e celulose. *Rev. Instituto Florestal* 16: 1340-1344.
- Rondón, E. V. 2002. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. *Rev. Árvore*. 26: 573-576.
- Ruivo, M. de L. P., K. F. G. Monteiro, I. M. C. C. Cordeiro, D. do S. N. Campinas, e M. de L. S. Oliveira. 2012. Fertility and soil management in agroforestry systems in the Eastern Amazon. *In: Bolanle, A. and K. Chukwu (eds.); Soil Fertility: Characteristics, Processes and Management: Nova Science, Unites States of America.* pp: 55-68
- SAS Institute. 1999. SAS Software Version 9.1. SAS Institute. Cary, North Carolina. USA.
- SBS (Sociedade Brasileira de Silvicultura). Fatos e Números do Brasil Florestal, Ano base 2008. <http://www.sbs.org.br/Fato-seNumerosoDoBrasilFlorestal.pdf> (Consulta: Agosto 2013).
- Scolforo, J. R. S. 1994. Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal, parte 1. Lavras: ESAL, FAPE, 188 p.
- Schwartz, G. J., C.A. Lopes, G. M. J. Mohren, and M. Peña-Claros. 2013. Post-harvesting silvicultural treatments in logging gaps: A comparison between enrichment planting and tending of natural regeneration. *For. Ecol. Manage.* 293: 57-64.
- Silva, A. K. L., S. S. Vasconcelos, C. J. R. de Carvalho, and I. M. C. C. Cordeiro. 2011. Litter dynamics and fine root production in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. *Plant Soil.* 347: 377-386.
- Terezo, R. F, em C. A. Szücs. 2010. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de paricá (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). *Scientia Forestalis* 38: 471-480.
- Tonini, H. M. Arco-Verde, em D. Schwengber, M. Mourão Junior. 2006. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. *Cerne* 12: 8-18.
- Trugilho, P. F., S. L. Goulart, C. O. de Assis, F. B. B. Couto, I. C. N. Alves, em T. de P. Protásio A. N. 2015. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. *Ciência Rural*. Santa Maria. 4: 661-666.
- Vargas-Larreta, B., J. G. Álvarez-González, J. J. Corral-Rivas, y Ó. A. Aguirre-Calderón 2010. Construcción de curvas dinámicas de índice de sitio para *Pinus cooperi* Blanco. *Rev. Fitotec. Mex.* 33: 343-351.