

# EFECTO DEL SOMBREADO EN VIVERO EN EL CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE PLÁNTULAS DE REGENERACIÓN NATURAL DE PALOSANGRE (*Brosimum rubescens* Taub.) EN EL SUR DEL TRAPECIO AMAZÓNICO

**Palabras clave:** *Brosimum rubescens* Taub., Sombreado, plántulas, vivero, crecimiento, sobrevivencia, comportamiento foliar.

**Key words:** *Brosimum rubescens* Taub., shady, seedlings, seedlings bank, nursery, growth, survival, behavior to foliate.

Luis Eduardo Rivera Martín<sup>1</sup>  
Javier Enrique López Gómez<sup>2</sup>  
Max Alejandro Triana-Gómez<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se evaluó la influencia de tres niveles de sombreado en el crecimiento y mortalidad de plántulas de regeneración natural de palosangre, mediante un ensayo monitoreado durante un período de seis meses. Se construyeron tres módulos de sombreado con malla polisombra al 25%, 45% y 75% de cobertura, creando ambientes lumínicos contrastantes con el fin de simular tres posibles estados sucesionales del bosque: claro pequeño, dosel semiabierto y dosel cerrado, respectivamente.

Se encontró para el estado de plántula una mayor elongación en altura y un mayor aumento del área foliar en el nivel de sombreado al 75%, con la más favorable acumulación de biomasa con tasas de sobrevivencia del 100%. El nivel de sombreado al 25% mostró características desfavorables para la sobrevivencia de plántulas debido a una mayor abscisión de hojas, lo que disminuye las tasas de reposición foliar. En su estado natural, estos bajos índices pue-

den impedir que la plántula sobreviva a condiciones de estrés, por ejemplo la entrada de un período climático seco, donde se logró demostrar una disminución del número de hojas producidas.

## ABSTRACT

The influence of three shade levels was evaluated in the growth and mortality of seedlings of natural regeneration of palosangre, by means of a rehearsal evaluated during a period of six months. Three shade modules were built respectively with mesh polisombra to 25%, 45% and 75%, creating contrasting light atmospheres, simulating three possible successional states of the forest: clear small, canopy open semi and closed canopy.

It was for the seedling state, a bigger elongation in height and a bigger increase of the area to foliate in the shady level to 75%, being in general the most favorable for the accumula-

- 1 Investigación desarrollada en el marco del proyecto "Tecnología de la madera y bases silviculturales para el manejo y conservación del palosangre (*Brosimum rubescens* Taub.) en el sur del trapecio amazónico", cofinanciado por SENA - COLCIENCIAS- UNIVERSIDAD DISTRITAL, con la participación en la ejecución de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - Sede Leticia.
- 2 Auxiliares de Investigación. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. [amazonluis@yahoo.com](mailto:amazonluis@yahoo.com)
- 3 Ingeniero forestal. Profesor de Silvicultura de Bosques Naturales - Silvicultura Comunitaria. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Investigador Principal proyecto Colciencias

tion of biomass and where rates of survival were very high. The shady level to 25% showed characteristic unfavorable for the seedlings survival, due to a bigger abscission leaves, what diminishes the reinstatement rates naturally to foliate. In their natural state, these index first floor can prevent that the seedling survives stress conditions; for example, at the entrance of a dry climatic period where it was possible to demonstrate a decreasing number of produced leaves.

## INTRODUCCIÓN

Una amplia proporción de especies de los bosques húmedos tropicales, especialmente las tolerantes a la sombra, germinan pocos días después de llegar a la superficie del suelo por la corta longevidad de sus semillas; una vez se establecen las plántulas, su permanencia dentro del piso basal suele ser muy larga, debido a que pueden suprimir su crecimiento, mientras esperan condiciones adecuadas para crecer y alcanzar el dosel. Por esto, se cree que estas especies han reemplazado los bancos de semillas por bancos de plántulas que mantienen el potencial de regeneración de estos bosques (Del Amo & Gómez-Pompa 1976; Whitmore, 1989).

Para que las plántulas puedan permanecer en el bosque tienen que sobrevivir a períodos y factores de estrés abiótico como luz, sequía, inundación, limitación de recursos del suelo, y bióticos como hervivoría, enfermedades por patógenos o competencia con otras plántulas (Jones & Sharitz, 1998), los cuales suelen causar la muerte de una gran proporción de las plántulas que se producen en el bosque. Factores como la luz, especialmente su intensidad y calidad, son vitales para el crecimiento de las plantas, por influir entre otros aspectos, en la tasa fotosintética.

En la actualidad existe poca información sobre los cambios que experimentan las características fotosintéticas de un árbol en cada una de

sus etapas de crecimiento, desde la semilla, la plántula, hasta el ser adulto. En este contexto, el presente estudio pretendió responder a varias preguntas en relación con los grados de luminosidad requeridos por la especie *Brosimum rubescens* Taub. en su etapa inicial de desarrollo, mediante el análisis de algunas variables como el incremento en biomasa, dinámica y sobrevivencia. Esto permitirá no sólo conocer el grado de tolerancia a la sombra de la regeneración natural, sino también documentar en parte el comportamiento ecofisiológico, clave para su futuro y pronto manejo.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de tres niveles de sombreado en vivero en el crecimiento y mortalidad de plántulas de regeneración natural de palosangre (*Brosimum rubescens* Taub.), mediante la determinación de los grados óptimos de luminosidad referidos a una mayor eficiencia en crecimiento, comportamiento foliar y mortalidad.

## METODOLOGÍA

### ADECUACIÓN E INSTALACIÓN DEL ENSAYO

Un total de 200 plántulas fueron bloqueadas y extraídas de un banco de plántulas de regeneración natural de palosangre ubicado en un sector (3.200 ha) perteneciente a la unidad fisiográfica de terrazas subrecientes del Trapecio Amazónico, y transportadas en bolsa y raíz semidesnuda a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Leticia, donde fueron puestas bajo sombra para su reacondicionamiento por un período de dos meses, previo a la instalación definitiva del ensayo.

Se construyeron tres cuartos de sombreado, recubiertos en todos sus costados con malla poli-sombra de diferentes densidades (25%, 45% y 75%, donde 100% es considerado penumbra total) simulando tres ambientes lumínicos con-

trastantes de un bosque. Los cuartos se orientaron en sentido norte – sur, con el fin de permitir máxima homogeneidad en el suministro de luz.

En cada uno de estos cuartos se ubicaron un total de 30 plántulas distribuidas según dos tamaños seleccionados, teniendo en cuenta el diseño experimental planteado y separados 30 cm entre bolsa y bolsa, con el fin de evitar competencias lumínicas. Las plántulas de tamaño pequeño fueron definidas en un intervalo comprendido entre 5 y 12 cm de altura, y las de tamaño grande, entre 14 y 21 cm. Cada plántula fue debidamente marcada con una placa de aluminio mediante un código que representaba el número de tratamiento, el número de repetición y el número de ubicación.

Se realizaron mediciones mensuales por un período de seis meses, de variables relacionadas al comportamiento foliar (número de hojas

al inicio, al final, nuevas y número de hojas caídas), crecimiento (altura total, altura del tallo, diámetro del cuello y diámetro superior del tallo) y sobrevivencia.

### **DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se realizó un diseño en bloques completos en arreglo factorial, con dos factores: Factor A, nivel de sombreado, y Factor B, tamaño de plántulas. El primer factor referido a tres niveles de sombreado contrastante de 25%, 45% y 75% y el factor B para dos tamaños de plántula; pequeña y grande. En total se realizaron 6 tratamientos resultado de la interacción de Factor A x Factor B. Cada cuarto construido hizo las veces de bloque, y al interior de éstos se dispusieron los dos tamaños de plántulas de forma aleatoria. En total se instalaron 30 plántulas por bloque para un total de 90 (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Representación del diseño experimental

FACTORIAL 3 x 2		FACTOR A (Nivel de sombreado)		
FACTOR B (Tamaño)		25%	45%	75%
	PLÁNTULAS PEQUEÑAS	A1B1	A2B1	A3B1
	PLÁNTULAS GRANDES	A1B2	A2B2	A3B2

T1: Sombreado 25 % X Plántulas pequeñas

T2: Sombreado 25 % X Plántulas grandes

T3: Sombreado 45 % X Plántulas pequeñas

T4: Sombreado 45 % X Plántulas grandes

T5: Sombreado 75 % X Plántulas pequeñas

T6: Sombreado 75 % X Plántulas grandes

### **COMPORTAMIENTO FOLIAR**

Se evaluó la producción y caída de hojas mediante las siguientes variables expresadas como promedios por planta y totales: número de hojas al comienzo, número de hojas al final del ensayo, número de hojas que emergieron

durante el período experimental, número de hojas que murieron durante este período y tasa de reposición foliar.

La tasa de reposición foliar fue expresada como el número de hojas nuevas sobre el nú-

mero de hojas muertas, con el fin de observar cómo las plántulas suplen la pérdida de área foliar por muerte y/o caída de las hojas.

Los datos recolectados y ordenados fueron transformados mediante la expresión  $X + 0,5$  cuando la variable representaba número de hojas (Gómez, 1991). Posteriormente se efectuaron los análisis de varianza (ANAVA) para un experimento en arreglo factorial correspondiente. Cuando existieron diferencias significativas, se compararon las medias a través de la prueba de rangos múltiples, utilizando el programa computacional estadístico STATGRAPHICS PLUS Versión 5.1.

### **CRECIMIENTO**

Se evaluó el crecimiento en altura total, altura del tallo, diámetro de cuello de la plántula y diámetro de la parte superior del tallo. Se calculó la tasa de crecimiento relativo para cada una de estas variables (TCR) que proporciona una idea mucho mejor de la actividad del crecimiento. La TCR fue establecida como indica Palacios (2001):

$$\text{TCR} = (\text{Ln } w_1 - \text{Ln } w_0) / t$$

Donde,

Ln = Logaritmo natural

W1 y W0 = Medición inicial y final, respectivamente

t = Tiempo transcurrido en meses

Por tal motivo, todos los datos de las variables medidas para crecimiento fueron transformados a logaritmo natural. Así como en el caso anterior, la información se procesó mediante el análisis de varianza, para un experimento en arreglo factorial, y las medias cuando existieron diferencias significativas se compararon mediante pruebas de rangos múltiples, utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS Versión 5.1.

### **SOBREVIVENCIA**

Para la realización de las pruebas estadísticas, los valores obtenidos mediante el conteo de individuos muertos al final de cada período de medición en cada uno de los tratamientos, se transformaron a la forma  $[\text{sen } (X + 5)]$ .

### **RESULTADOS**

#### **COMPORTAMIENTO FOLIAR DE PLÁNTULAS EN EL ENSAYO**

##### **Producción de hojas**

El número de hojas promedio por plántula al inicio del ensayo para los niveles de 25%, 45% y 75% fue de 5.2, 3.67 y 4.4, respectivamente, para las plántulas de tamaño pequeño y 5.93, 5.87, 6.2. para plántulas de tamaño grande.

El comportamiento en producción de hojas nuevas en plántulas pequeñas sometidas a tres niveles de sombreado mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) siendo superior en el nivel de sombreado al 75% comparado con los niveles de 45% y 25%. El incremento en plántulas sometidas a 75% de luminosidad fue 1.21 hojas mensuales, mientras que para los otros niveles fue 0.93 y 0,75, respectivamente.

El número de hojas nuevas en plántulas de tamaño grande mostró diferencias significativas entre los niveles de sombreado al 75% y 25%, comparado con el nivel de 45%, siendo superior en las dos primeras, con producciones promedio mensuales de 0.96 y 0.94 hojas por plántula, respectivamente, contra 0.65 hojas en el tratamiento a 45%, constituyendo en general promedios un poco más bajos que los mostrados para plántulas de tamaño pequeño.

De manera general, comparando el incremento en número de hojas nuevas en cada nivel de sombreado con diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), fue superior en el nivel de sombreado al 75%, superando al obtenido en sombreado al 25 y 45%. El número total (para las 30

plántulas en el período de estudio) de hojas nuevas en cada nivel de sombreado fue de 127 hojas para 25% de sombra, 119 hojas para 45% y 163 hojas en el tratamiento al 75% convir-

tiéndose en el mejor nivel de sombreado en cuanto a producción de hojas nuevas se refiere (Figura 1).

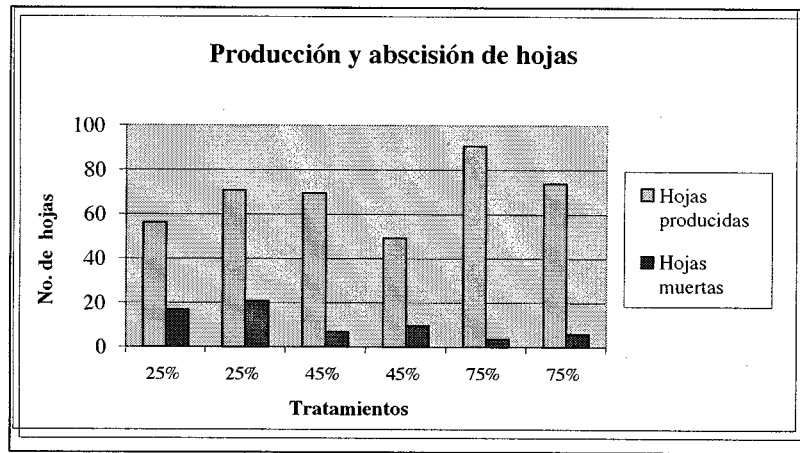


Figura 1. Producción y abscisión de hojas durante el ensayo.

### Abscisión de hojas

La caída de hojas en plántulas de tamaño pequeño (6 meses) fue mayor al nivel de 25% de sombreado con un total de 17 hojas, comparado con el nivel de 45% donde fue de 7 y, con el nivel de 75%, donde fue de 4. Para las plántulas de tamaño grande se presentó el mismo comportamiento que en el caso anterior, con valores totales de 21,10 y 6 hojas caídas para 25%, 45% y 75%, respectivamente, existiendo diferencias significativas al ( $p>0.05$ ) entre el

nivel al 25%, comparado con los otros dos niveles, mas no entre estos últimos.

De manera general, comparando la caída de hojas en plántulas pequeñas y grandes bajo cada nivel de sombreado, se observó que el nivel de sombreado 25% fue el que más favoreció la abscisión con valores totales de 38 hojas caídas y en menor proporción 45% con 17 y 75%, con tan solo 10 hojas caídas a lo largo de todo el ensayo (Tabla 2).

Tabla 2. Número total de hojas nuevas y abscisión de hojas durante el ensayo.

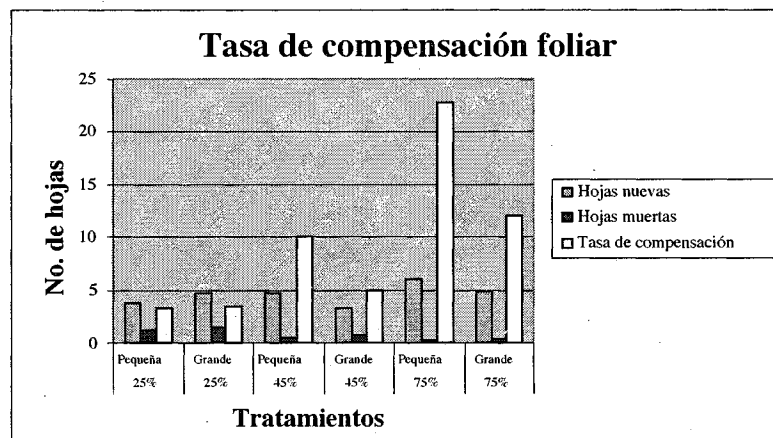
FA	FB	H.I	H.F	INCR.	1	2	3	4	5	HN	HK
25%	Pequeña	78	117	39	15	4	22	-3	1	56	17
25%	Grande	89	149	60	13	8	27	8	4	71	21
45%	Pequeña	55	118	63	17	5	24	6	11	70	7
45%	Grande	88	122	34	15	2	15	8	-6	49	10
75%	Pequeña	66	153	87	27	8	27	18	7	91	4
75%	Grande	93	157	64	24	6	23	7	4	72	6

F.A Factor A = Nivel de sombreado H.F = Hojas al final  
 F.B. Factor B = Tamaño de plántula 1,2,3,4,5 = Meses  
 H.I = Hojas iniciales H.N = Hojas nuevas  
 HK = Abscisión de hojas

### Tasas de compensación foliar

Se comparó la tasa de compensación foliar en plántulas de tamaño pequeño en los tres niveles de sombreado encontrándose como se muestra en la **Figura 2**, que fue superior para el nivel de sombreado del 75% ( $p > 0.05$ ) con valores de 22.75 hojas nuevas por cada hoja muerta, comparado con el nivel de sombreado al 25% con 3.29 hojas producidas por cada hoja muerta.

En plántulas de tamaño grande, también fue superior estadísticamente la tasa de compensación de hojas en el tratamiento al 75%, comparada con los otros dos tratamientos, con un promedio de 12 hojas nuevas por cada hoja muerta, mientras que para el caso de 45% fue de 4,9 hojas nuevas por cada hoja muerta y para 25% que muestra las tasa más baja de 3.38 hojas nuevas por cada hoja muerta (**Figura 2**).



**Figura 2.** Tasas de compensación foliar para cada tratamiento

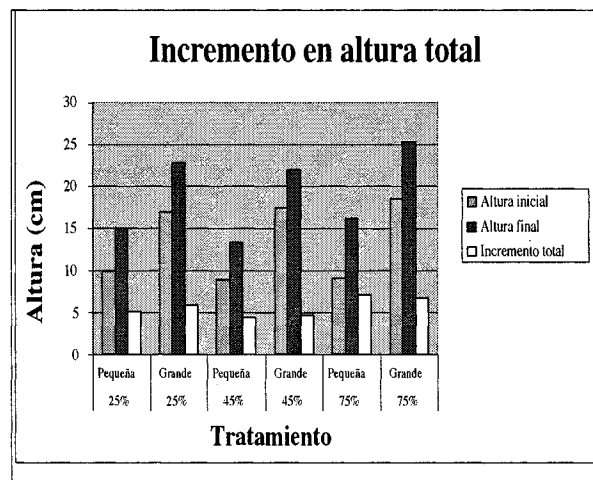
En general, las tasas de compensación son más bajas en el nivel de sombreado al 25%, ocasionado principalmente por la alta mortalidad de hojas, comparado con las mejores tasas al 75% de sombreado donde la mortalidad de hojas es muy baja, además de ser el nivel que promueve en mayor cantidad la producción de hojas nuevas.

cm para 25%. Entre estos dos últimos niveles no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), en contraste con el nivel al 75%.

### CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS EN EL ENSAYO

#### Altura total de plántulas

Se compararon las plántulas de tamaño pequeño en cada nivel de sombreado encontrándose diferencias significativas entre el nivel al 75% respecto a los otros dos niveles, siendo mayor al 75%, con incrementos promedio por plántula de 1.42 cm mensuales comparado con los otros dos tratamiento de 45% con 0.87 y 1.03



**Figura 3.** Incremento en altura total durante el ensayo.

El comportamiento en plántulas de tamaño grande fue similar entre los tratamientos 75% y 25% con promedios de incremento de 1.34 y 1.17 cm, respectivamente, pero superiores ( $p>0.05$ ) comparados con el nivel de 45% con media de 0,92 cm.

Al interior de cada nivel de sombreado se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en el incremento para plántulas de tamaño pequeño y grande, siendo muy superior en las plántulas pequeñas (**Tabla 5**) en el nivel al 75%.

De manera general, si se comparan los incrementos en cada nivel de sombreado, es posible afirmar que el nivel de sombreado al 75% favoreció una mayor elongación de las plántulas a lo largo del ensayo (6 meses). En los niveles 25% y 45% no se presentaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ).

### Altura de tallo

Los incrementos de la elongación del tallo representaron alrededor del 10% respecto a los incrementos obtenidos en la altura total de las plántulas. La elongación del tallo fue comparada en plántulas pequeñas en los tres niveles de sombreado no encontrando diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en su crecimiento, el cual se registró en 0.134, 0.108, 0.14 mm para 25%, 45% y 75% de sombreado, respectivamente. De igual forma, para plántulas grandes la comparación no reportó diferencias significativas con incrementos de 0.114, 0.102 y 0.082, respectivamente.

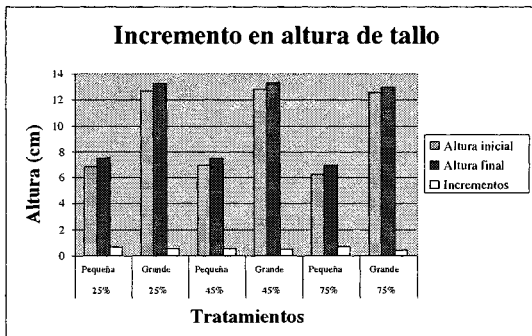


Figura 4. Incremento en altura de tallo durante el ensayo.

Se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) comparando el incremento en plántulas pequeñas y grandes, siendo notablemente superior en las pequeñas.

### Diámetro de cuello

El incremento en diámetro de cuello de las plántulas pequeñas no mostró diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en los tres niveles de sombreado, siendo de 0.156, 0.136, y 0.156 para 25%, 45% y 75% de sombreado, respectivamente. El comportamiento fue similar cuando se comparó para plántulas de tamaño grande con medias similares 0.142, 0.104 y 0.136. Al comparar los incrementos en plántulas pequeñas y grandes, se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ), siendo más favorable para las plántulas de tamaño pequeño al interior de cada nivel de sombreado (**Figura 5**).

### Sobrevivencia de plántulas

La mortalidad inicial de plántulas posterior al bloqueo y transporte fue de 35%. Una vez estabilizadas las plántulas y puestas en los cuartos de sombreado, la supervivencia de plántulas al final del ensayo (6 meses) fue de 85% para el nivel de sombreado al 25%, 93.3% para el 45% de sombreado y del 100% para el nivel de 75% de sombreado.

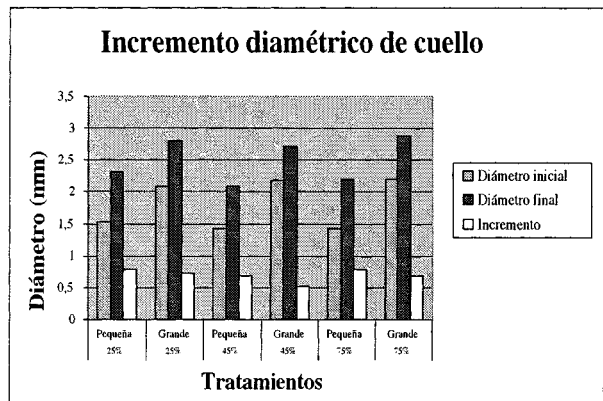


Figura 5. Incremento diamétrico de plántulas.

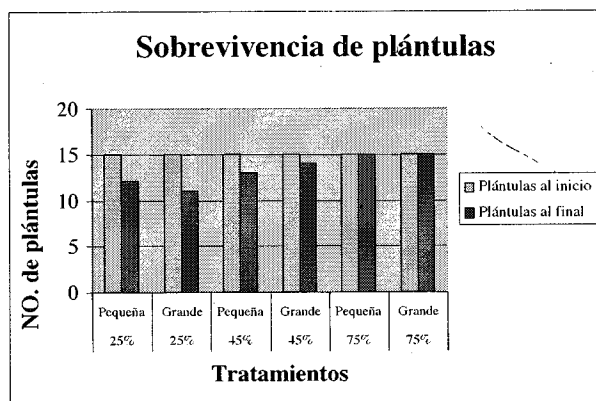


Figura 6. Sobrevivencia de plántulas durante el ensayo

La muerte de estas plántulas se presentó en los primeros dos meses del ensayo, por eso se sustituyeron. A partir de este momento la mortalidad de plántulas disminuyó absolutamente. La muerte de las plántulas no fue sorprendente, el fenómeno se fue presentando paulatinamente, según los registros fitosanitarios tomados en las primeras mediciones. El proceso se inició con amarillamiento de las hojas antiguas de las plántulas, seguido por un marchitamiento general de la plántula y la abscisión de hojas. No se evidenciaron daños mecánicos severos por hervivoría, ni ataques significativos de agentes patógenos.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### COMPORTAMIENTO FOLIAR

La mayor producción de hojas se presentó en los niveles de sombreado al 75%, motivado por la fácil adaptación del aparato fotosintético para lograr saturar con grados más bajos de luminosidad su fotosíntesis, sin deteriorar aceleradamente sus receptores foliares. A niveles bajos de luminosidad, la plántula se ve incitada a aumentar su área foliar e incrementar el número de hojas. Así mismo, este nivel de luminosidad al mantener por mayor tiempo sus hojas más antiguas, logra mayor eficiencia de captura de carbono al utilizarlo para el desarrollo de nuevas hojas y ganar biomasa en tallos y raíces, y no emplearlo en suplir algunas pérdidas como la abscisión de hojas.

Para el sombreado al 25%, la producción de hojas representa una respuesta de la planta para buscar su sobrevivencia en un ambiente estresante; en el nivel de 45%, tal producción es menor en comparación con los otros dos grados, debido a que la plántula en esta condición no se ve favorecida por bajos niveles de luz que promuevan la producción de hojas, ni tampoco por niveles altos de luminosidad que motiven una estrategia de supervivencia.

La mayor abscisión de hojas se evidenció en el tratamiento al 25% de luminosidad, debido al envejecimiento más acelerado de las hojas y su posterior abscisión. Estas plántulas equilibran el aparato fotosintético a elevadas cantidades de luz, cambiando a una coloración verde claro y hojas más gruesas (como se evidenció en el ensayo y bosque) tratando de aumentar el número de hojas para contrarrestar la pérdida, como estrategia de lucha para mantenerse viva, principalmente en períodos húmedos, pero quedando muy condicionada en los períodos secos, en los cuales la producción de hojas se disminuye, corriendo la plántula un alto riesgo de no sobrevivir. En el momento en que la producción de hojas se detiene o se hace más lenta y la mortalidad de hojas supera la producción, se inicia el proceso de degeneramiento de la plántula hasta morir.

Al tratar de equilibrarse la plántula a altos niveles de luminosidad, la vida útil de sus hojas se hace más corta. Por tal motivo, en un nivel alto de luminosidad la ganancia de carbono de las hojas debe ser menor que los costos de carbono que se emplean en la formación y mantenimiento de su aparato foliar. El amarillamiento observado a las plántulas con sombreado al 25%, en las últimas mediciones del presente ensayo, hace presagiar que estas plántulas han empezado su etapa degenerativa dirigiéndose hacia su muerte inevitable, en unos pocos períodos secos.

### CRECIMIENTO

El crecimiento total de la plántula estuvo directamente relacionado con la producción de



hojas nuevas. Por consiguiente, los mejores resultados de crecimiento se obtuvieron en los tratamientos donde se produjo un mayor número de hojas.

El mejor tratamiento en crecimiento total se registró con plántulas pequeñas sometidas a 75% de sombreado, por cuanto cada hoja producida origina la elongación de la plántula. Los incrementos en altura fueron diferentes entre las plántulas pequeñas y grandes. Para el caso de las pequeñas, los incrementos fueron superiores disminuyendo en la medida que cobraron mayor altura.

La curva de crecimiento inicial de las plántulas presentó, como era de esperarse, un crecimiento acelerado al inicio, disminuyendo en forma progresiva hasta conformar una asíntota alrededor de los 32 cm de altura, cuando se presenta la ramificación de la plántula.

La elongación del tallo no mostró diferencias significativas entre tratamientos, motivado por la poca actividad que se presenta en la parte baja de la plántula. Los incrementos mensuales del tallo corresponden aproximadamente al 10% del incremento en altura total.

Con base en este ensayo, se logró establecer que el crecimiento de esta especie en su estado de plántula sucede en dos etapas: la primera se inicia desde el momento de su germinación, hasta que obtiene una altura en la cual experimenta cambios morfológicos y donde culmina la etapa más crítica del estado de plántula. Estos cambios morfológicos y fisiológicos hacen referencia al detenimiento del crecimiento monopoidal con la producción de yemas foliares y de hojas en las partes intraxilares. A partir de este momento la sobrevivencia de la plántula se ve favorecida, pudiendo llegar a sobrevivir por largos períodos de tiempo (banco de plántulas), pero con un incremento muy bajo en altura, pero favorable en biomasa (producción de hojas, ramitas, extensión de raíz, grosor y lignificación de tallos).

## ***SOBREVIVENCIA***

La sobrevivencia de plántulas se ve favorecida por niveles bajos de luz, pero suficientes para suplir los requerimientos de su aparato fotosintético. El exceso de luminosidad puede desencadenar un envejecimiento prematuro de las hojas, una menor tasa de reposición foliar y la posterior muerte de la plántula, en pocos períodos anuales siguientes.

En cuanto a los tamaños de plántulas, no se observaron diferencias significativas a nivel del ensayo, posiblemente debido al corto período de seis meses para evaluar esta condición, pues es necesario contemplar períodos secos y húmedos que condicionen la sobrevivencia de plántulas, especialmente en los dos tratamientos con nivel de sombreado al 25%. Sin embargo, en las últimas mediciones fue notorio el amarillamiento de las hojas en los tratamientos al nivel de 25%, lo cual muy posiblemente desencadene en altas tasas de mortalidad.

Las plántulas que finalizan su crecimiento monopoidal amplían las posibilidades de sobrevivir, al incrementar notoriamente el número de hojas. Esta condición de supervivencia en esta segunda etapa de crecimiento puede ampliar el rango de éxito para su paso a brinzal en el bosque.

## **CONCLUSIONES**

El comportamiento foliar de las plántulas de palosangre evidencia caracteres inherentes a especies tolerantes a la sombra. La mayor respuesta en producción de hojas a niveles más bajos de luz se ratifica como una estrategia de la especie para suplir las bajas tasas fotosintéticas al interior del bosque.

Las plántulas de tamaño pequeño muestran los mayores incrementos en altura y producción de hojas nuevas, debido al comportamiento típico de las especies en estados iniciales de crecimiento, cuando sus tasas de fotosíntesis superan con mucho las de respiración. El crecimiento en altura total, la producción de hojas, la disminución de la abscisión de hojas,

y una mayor sobrevivencia son fenómenos que se ven favorecidos al someter las plántulas a ambientes con un nivel bajo de luminosidad (75% de sombreado). El exceso de luminosidad puede desencadenar un envejecimiento prematuro de las hojas y una menor tasa de reposición foliar, como se presentó en los tratamientos con niveles de sombreado al 25%.

Aunque no se evaluó directamente la relación con los períodos climáticos, es de esperar que como se ha reportado en estudios sobre correlación climática (Moreno, 1998), las variables de crecimiento y comportamiento foliar estén muy relacionadas con las variaciones climáticas del lugar, especialmente la precipitación, puesto que en períodos de déficit hídrico la producción de hojas disminuye y la abscisión de hojas puede ser importante, en especial en los sitios con alta luminosidad.

El mejor método para el bloqueo, trasplante y extracción de plántulas es el de raíz semidesnuda, mediante el cual los niveles de supervivencia fueron muy superiores a los encontrados con la utilización de bolsa; además, este método facilita las labores de extracción y disminuye los costos de transporte.

#### AGRADECIMIENTOS

El director del Proyecto de investigación agradece a COLCIENCIAS y SENA por su aporte financiero y apoyo constante. Al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en cabeza de las Doctoras María Eugenia Calderón y María Elvira Rodríguez, así como a su grupo colaborador, Luz Mary Posada, Diana Fontalvo, María Isabel Mena y Germán Vargas. Igualmente al grupo de investigación PROPROBOS del Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal de la Universidad Distrital y al Doctor Marco Antonio Pinzón.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**DEL AMO, S. & A. GÓMEZ-POMPA. 1997.** Crecimiento de estados juveniles de

plantas en selva tropical alta perennifolia. Pp. 549-565. En: Gómez-Pompa, A. C. Vázquez-Yánez, S. Del Amo & A. Butanda. (Editores). Regeneración de selvas. Instituto de investigaciones sobre recursos bióticos. Compañía Editorial Continental. S.A. México.

**GÓMEZ, W. 1991.** Estadística experimental con aplicaciones a las ciencias agrícolas. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 615 p.

**GUARIGUATA, M. 1998.** Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. Serie Técnica No. 14. Colección manejo diversificado de bosques naturales. Turrialba, Costa Rica. 27 p.

**GUARIGUATA M. Y G. KATTAN. 2002.** Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional. Ediciones LUR. 692 p.

**JONES, R. H. & R. R. SHARITZ. 1998.** Survival and growth of woody plant seedlings in the understorey of floodplain forest in South Carolina. *Journal of Ecology* (86): 574-587.

**MORENO, F. 1998.** Crecimiento en plántulas de Sajo (*Camptosperma panamensis*) y Cuan-gare (*Otoba gracilipes*) bajo diferentes ambientes lumínicos. En: Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Vol. 13. p. 71 – 88.

**PALACIOS, P. A. 2001.** Algunos aspectos de la estructura y diversidad de la vegetación arbórea de un bosque de origen aluvial no inundable. En Franky-Calvo E. & C. G. Zárate Botía Imani Mundo. Estudios en la Amazonia Colombiana. Editorial Unilibros. pp. 337 – 372. Bogotá.

**SWAINE, M. D. 1996.** The ecology of tropical forest tree seedlings. En Swaine, M.D. (Editor). The ecology of tropical forest tree seedlings. UNESCO & Parthenon Publishing Group. Paris, Francia. 398 p.

**WHITMORE, T.C. 1989.** Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* (70): 536-