

# ENSAYO DE MANEJO DEL BOSQUE SECUNDARIO DEL MAGDALENA MEDIO EN EL CORREGIMIENTO DE PUERTO PINZÓN, MUNICIPIO DE PUERTO BOYACÁ

**Palabras clave:** Bosque secundario, aclareos, liberaciones, enriquecimiento, germinación, semillas, Puerto Pinzón, Boyacá.

**Key words:** Secondary forest, canopy gaps, liberations, enrichment, germination, seeds, Puerto Pinzón, Boyacá.

*Luis Jairo Silva Herrera<sup>1</sup>*

## RESUMEN

El aprovechamiento maderero representa un pequeño porcentaje del uso del bosque natural. Según la FAO (2002), en el decenio de 1990 cada año se destinó a otros usos (en otras palabras, se deforestó) el 0,38 por ciento de los bosques mundiales. Al mismo tiempo, grandes extensiones se convirtieron de nuevo en bosques.

La tala continua de los bosques y su transformación en potreros, para luego abandonarlos por el agotamiento de los mismos o por el desplazamiento de la población rural ocasionada por el conflicto social, produce la colonización de estas tierras por especies forestales heliófitas que conforman bosques secundarios. Según el IDEAM (1998), entre 1986 y 1996 se regeneraron 3.445.000 hectáreas de bosques secundarios en Colombia.

La presente investigación pretende determinar el manejo de un bosque secundario conformado en un alto porcentaje por Algodoncillo (*Trichospermum colombianum*), ubicado en Puerto Pinzón, municipio de Puerto Boyacá, mediante

el ensayo de diferentes tratamientos silviculturales, donde el principal es el aclareo y su incidencia sobre el incremento, diámetro y altura de la especie.

Son innumerables los servicios ecológicos y económicos que los bosques secundarios pueden proporcionar potencialmente (**Tabla 2**). Ese amplio rango de usos hace que el manejo de los bosques secundarios pueda adecuarse a las prioridades de los usuarios” (Bosques y Desarrollo, 1998).

## ABSTRACT

The exploitation of timber represents a small percentage of the use of the natural forest, according to the FAO (2002), in the decade of 1990 every year destined to other uses (in other words, it deforested) the 0.38 percent of the world-wide forests.

At the same time, great extensions became forests again. The continuous cutting of the forests and its transformation in small fields, soon to leave them by the exhaustion of such or the

1 Ingeniero forestal. MSc. Profesor de Silvicultura y Fitomejoramiento lsilvaherrera@gmail.com Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Investigador Principal. Grupo de investigación: Mónica Ordóñez, Ramiro Bueno, Linda Pinto, Ángela Pardo y David Garnica, ingenieros forestales

displacement of the rural population caused by the social conflict, produce the colonization of these earth on the part of heliophytes forest species to conform secondary forests.

According to IDEAM (1998), between 1986 and 1996 hectares of secondary forests in Colombia regenerated 3.445.000. The present investigation tries to determine the handling of a conformed secondary forest in a high percentage by algodoncillo (*Trichospermum colombianum*) located in Puerto Pinzón, Municipality of Puerto Boyacá, by means of the test of different silvi cultural treatments, where the main one is the claret and its incidence on the increase, diameter and height of the species.

The ecological and economic services are innumerable that the secondary forests potentially can provide (Table 2). That ample rank of uses causes that the handling of the secondary forests can be adapted to the priorities of the users “. (Bosques y Desarrollo, 1998)

## INTRODUCCIÓN

En Colombia se ha venido presentando un inadecuado manejo del bosque natural, debido a la falta de presencia del Estado y de la aplicación de los planes de manejo. Los bosques primarios presentan árboles maderables de alto valor económico, que después de ser aprovechados de una manera selectiva y sin ningún manejo silvicultural, quedan diezmados ecológica y genéticamente al producirse disgenesís. Ésta es la forma en que se obtiene la madera empleada para la industria maderera del país. Al contrario, el mayor porcentaje de agotamiento de los bosques es por la tala y quema para transformarlos en potreros.

Según la FAO (2002), en el decenio de 1990 cada año se destinó a otros usos (en otras palabras, se deforestó) el 0,38 por ciento de los bosques mundiales. Al mismo tiempo, grandes

extensiones se convirtieron de nuevo en bosques. En consecuencia, se produjo una pérdida anual neta del 0,22 por ciento. En Colombia, según el IDEAM (2000) existen más de 3 millones de hectáreas de bosques secundarios.

En las áreas de vocación forestal, luego de un uso intensivo en agricultura y ganadería, los suelos son abandonados. Aunado a este proceso está el desplazamiento producido por los grupos armados, de manera que los potreros son colonizados nuevamente por las especies arbustivas y arbóreas, para conformar bosques secundarios.

Estos bosques secundarios, aunque no presentan las mismas especies valiosas del bosque primario, están conformados por especies de heliófitas de rápido crecimiento que presentan alternativas económicas con usos apropiados para la industria. Se deben investigar sus propiedades físico mecánicas, de trabajabilidad, durabilidad natural y los métodos de manejo silvicultural.

La investigación se desarrolló en el departamento de Boyacá en límites con el departamento de Santander y hace parte de la jurisdicción del municipio de Puerto Boyacá.

El estudio pretende responder a las siguientes preguntas:

¿Cuál es el número de árboles apropiado por hectárea con el cual se obtiene el mayor incremento de área basal, altura y regeneración natural en un bosque secundario dominado por la especie Algodoncillo (*Trichospermum colombianum*)? ¿Cuál es la incidencia de los tratamientos de refinamiento y liberación realizada sobre la masa boscosa? ¿Cuál es el crecimiento y la incidencia del enriquecimiento con la especie Caoba (*Swietenia macrophylla*), sembrada en fajas bajo el dosel? ¿Cuál es la relación entre el suelo y el crecimiento de los árboles?

## ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio, directamente influenciada por el caserío de Puerto Pinzón, localizado en cercanías de la serranía de Las Quinchas y bañado por las aguas del río Ermitaño, limita por el costado norte con la vereda Arizá, por el sur con la vereda Aguas Frías, por el este con la vereda Localización y al oeste con la vereda Quince Letras. Esta región se encuentra ubicada en el centro del país con una altura de 250 metros sobre el nivel del mar en un clima húmedo tropical.

La vía de acceso parte en inmediaciones de la carretera Panamericana, en el punto conocido como Dos y Medio: Por carretera destapada, se cubren aproximadamente 50 km en dos horas de recorrido, debido al estado de la vía.

El área de estudio comprende aproximadamente 60 hectáreas de Bosque Secundario de Algodoncillo *Trichospermum colombianum*, localizadas en manchas homogéneas y otras dispersas a lo largo del bosque natural, ubicadas en la reserva natural El Paujil, pertenecientes a la Fundación Proaves.

## OBJETIVOS

Determinar la densidad de árboles más apropiada que incide en crecimiento volumétrico en un bosque secundario dominado por la especie Algodoncillo (*Trichospermum colombianum*) y el crecimiento de especies valiosas plantadas para enriquecimiento.

Determinar la calidad fisiológica de la semilla de la especie mediante las pruebas de laboratorio recomendadas por la International Seeds Testing Association (ISTA).

Elaborar una tabla de volumen para la especie Algodoncillo. Determinar la rentabilidad económica del modelo de manejo propuesto para

un bosque secundario dominado por la especie (*Trichospermum colombianum*), Algodoncillo.

## MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES

De 1966 a 1969 Rojas realizó un análisis del efecto del régimen de raleos en el crecimiento diamétrico y en área basal de un bosque muy húmedo premontano de sucesión secundaria, en Turrialba, Costa Rica. Los datos básicos se obtuvieron de mediciones anuales en las parcelas de muestreo. Se ensayaron cuatro regímenes de raleo con base en el área basimétrica de 30 m<sup>2</sup>/hectárea, a partir del cual se proyectó la reducción de las densidades, dejando los siguientes porcentajes del área basal (30 m<sup>2</sup>/ha): Rodal A: 80% de 30 m<sup>2</sup>, B: 40% de 30 m<sup>2</sup>, D: 60% de 30 m<sup>2</sup>, C: Testigo (100%).

El régimen de raleo más leve (80%) favoreció principalmente las pequeñas clases de grosor, siendo su efecto poco significativo en las clases superiores. Por otro lado, el régimen de 60% permitió prolongar el crecimiento de las clases de grosor de orden superior, pero su efecto sobre las clases pequeñas fue muy reducido, por lo cual el crecimiento total por unidad de área fue más bajo que en los otros tratamientos. El mayor crecimiento se presentó en las parcelas que se ralearon al régimen de 40%.

Entre 1994 y 1998 Del Valle (1998) realizó un ensayo sobre los efectos del raleo en el crecimiento diamétrico de los bosques de Sajo, *Camptosperma panamensis* en Colombia. Llevó a cabo tres experimentos de raleos en humedales forestales turbosos naturales del Pacífico Sur colombiano, en tres rodales muy homogéneos y coetáneos con amplia predominancia del sajo.

López y Serrano (1998) realizaron una investigación donde se estudiaron fracciones repre-

representativas de bosques primarios y de sucesiones de 10 y 20 años, localizadas en jurisdicción de las poblaciones de Campo Capote, Puerto Berrío y Puerto Pinzón, en el valle medio del Magdalena. Fueron evaluados los siguientes estados naturales de la vegetación: fustales (árboles mayores a 10 cm de DAP) en 30 parcelas de 10 x 10 m, latizales (árboles con DAP < 10 cm y altura mayor a 1.5 m) en 30 subparcelas de 5 x 5 m y brinzales (árboles con altura < 1.5 m de altura) en 30 subparcelas de 2 x 2 m. Las variables registradas para los fustales fueron: diámetro y altura; para los latizales, diámetro y altura; y para los brinzales, la altura.

Se encontró un total de 218 especies, repartidas en 154 géneros y 59 familias. En los bosques primarios y en los secundarios de 20 años, las familias más representativas fueron: Lecythidaceae, Annonaceae y Mimosaceae, mientras que en los bosques de 10 años correspondieron a Caesaplinaceae, Lecythidaceae, Mimosaceae, Moraceae y Annonaceae. La composición florística para los 9 bosques estudiados estuvo representada por 30 a 43 familias; 43 a 78 géneros y 48 a 90 especies. El número de especies ubicuas oscila entre 10 y 26, asegurando su presencia en el ecosistema.

Las especies leñosas inventariadas se dividieron en tres grupos: comerciales, potenciales y sin uso conocido. Los mayores incrementos en especies comerciales corresponden a los muestreos realizados en Campo Capote, seguidos de los de Puerto Pinzón. El bosque primario de Puerto Berrío arroja el más bajo incremento promedio en DAP, calculado sobre 96 ejemplares. Los Incrementos Corrientes Anuales (ICA) para todos los bosques oscilaron entre 0.175 y 0.837 cm/año.

El Índice de Valor de Importancia refleja la importancia ecológica de cada especie en una muestra. En las parcelas de bosque secundario de 10 y 20 años, de los sitios investigados, un

porcentaje elevado (33.5-71.2%) del IVI está cubierto por cinco a nueve especies, en los bosques primarios el rango se encuentra entre ocho y doce especies que representan más del 40% del IVI.

En los bosques primarios un porcentaje superior al 90% de individuos posee diámetros comprendidos entre 10 y 40 cm, mientras que en los bosques secundarios entre 48 y 90% de individuos se encuentra en la primera clase diamétrica (0-20 cm). El 45% del área basal en los bosques primarios se localiza entre las clases diamétricas III y V (30-60 cm), en la sucesión de 20 años, el área basal se reparte de forma casi equitativa en todas las clases; en la de 10 años, el 41% se presenta en la primera clase.

Ángel *et al.* (1999), en el trabajo Tratamientos Silviculturales en un Bosque Secundario del Algodoncillo en el Trópico Húmedo (Magdalena Medio, Colombia), evaluaron densidades de aclareo (0%, 20%, 40% y 60%), dando como resultado después de un año de medición, que el 60% de aclareo es el más indicado para acelerar el crecimiento de la especie. Adicionalmente, se plantaron las especies Caoba (*Swietenia macrophylla*), Nisperillo (*Manilkara bidentata*) y Algarrobo (*Hymenaea courbaril*), con densidades de 210 árboles por ha.

## **BOSQUES SECUNDARIOS**

Un bosque primario es aquel que no ha sufrido perturbaciones significativas por la intervención humana. Por consiguiente, cualquier modificación hecha por los seres humanos en un bosque primario anula su condición de "primario". El término "secundario" se aplica al "crecimiento forestal que se produce naturalmente después de una modificación drástica del bosque previo" (por ejemplo, tala rasa, incendios graves o ataques de insectos) (Ford Robertson, 1971).

La Comisión Nacional de Certificación Forestal de Costa Rica define el bosque secundario como “aquella tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundaria que se desarrolla una vez que la vegetación original fue eliminada por actividades humanas o fenómenos naturales; con una superficie mínima de 0,5 ha y una densidad no menor a 500 árboles por ha de todas las especies, con DAP no menor a 5 cm” (CNCF, 1999, citado por Berti, 1991).

La OIMT (2002, citado por Muller, 2002) define los bosques secundarios como “vegetación boscosa que ha vuelto a crecer en tierra que fuera desmontada de la vegetación forestal original (es decir, que tiene menos del 10% de la cubierta forestal original). Generalmente, los bosques secundarios se desarrollan de forma natural mediante la sucesión secundaria en tierras abandonadas después del cultivo migratorio, el asentamiento de la agricultura, los pastizales o después del fracaso de las plantaciones de árboles”.

### **ÁREA OCUPADA POR LOS BOSQUES SECUNDARIOS**

De acuerdo con la FAO (2005), la superficie de bosques secundarios tropicales ascendía a 850 millones de hectáreas, de las cuales 245 millones corresponden a África, 335 millones a América y 270 millones a Asia. En algunos países el área de bosques secundarios supera a la de bosques primarios. Casi el 60% de esta área fue originada directamente por la conversión de los bosques naturales en áreas agrícolas y pecuarias.

En Colombia el IDEAM (1998), valiéndose de imágenes satelitales a escala 1:500.000, afirma que durante los años 1986 a 1996 hubo una regeneración de la masa boscosa de 3'445.000 hectáreas, representadas en Bosques Secundarios, con una deforestación total de 145.000 hectáreas en el mismo periodo. Este dato equi-

vale a un incremento anual de 344.500 hectáreas de bosque de segundo crecimiento para el período evaluado.

### **POTENCIAL DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS**

En los últimos años se viene mencionando la importancia de los bosques secundarios en el trópico americano y la tendencia de las especies de rápido crecimiento y baja densidad de madera que prosperan en estos bosques, con gran potencial maderero debido al agotamiento de las especies valiosas del bosque primario. Ante esta situación, unida a la preocupación por la deforestación y el papel de los bosques en la conservación y producción de bienes y servicios, se viene registrando un aumento en la importancia económica, ecológica y social de estos bosques secundarios

En términos económicos, los bosques secundarios son muy productivos, con tasas de incremento de madera comparables a las de plantaciones con especies de rápido crecimiento (Wadsworth, 1997). Los bosques secundarios son fuentes de frutas, plantas medicinales, materiales de construcción, forraje para animales y madera de valor, así como para la restauración de la productividad del sitio, reducción de plagas y conservación de la biodiversidad.

Son innumerables los servicios ecológicos y económicos que los bosques secundarios pueden proporcionar potencialmente (**Tabla 1**). Ese amplio rango de usos hace que el manejo de los bosques secundarios pueda adecuarse a las prioridades de los usuarios”. (Bosques y Desarrollo, 1998).

Chazdon y Coe (1999) encontraron en los bosques secundarios del norte de Costa Rica una densidad de 740 árboles medicinales por hectárea, mientras que en los bosques primarios

**Tabla 1.** Importancia ecológica y económica de los bosques secundarios

Importancia ecológica	Importancia económica
Recuperación de la productividad de los suelos. Reducción de poblaciones de malezas y pestes. Regulación de flujos de agua. Reducción de la erosión del suelo y protección contra el viento. Mantenimiento de la biodiversidad. Acumulación de carbono. Ecosistemas para el establecimiento de la biodiversidad que requieren condiciones de bosque alto. Hábitat para agroecosistemas multipropósitos. Reserva para la agricultura o ganadería. Contribuyen a reducir la presión sobre los bosques primarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frutos comestibles y proteína animal</li> <li>• Plantas alimenticias, medicinales, estimulantes, etc.</li> <li>• Materiales para construcción rural</li> <li>• Combustibles</li> <li>• Materiales domésticos</li> <li>• Madera de valor comercial e industrial y combustible</li> <li>• Germoplasma de especies útiles</li> <li>• Ramoneo de animales y preparación de alimento para ganado.</li> </ul>

Fuente: Bosques y Desarrollo, 1998.

contabilizaron 432 individuos y 542 en bosques primarios intervenidos.

En cuanto a la diversidad, Feldemeir (1996) encontró, utilizando el Índice de Shannon, que los bosques secundarios jóvenes del norte de Costa Rica presentan índices de 63 al 68% de la diversidad de un bosque primario, mientras que bosques secundarios de 17 y 18 años presentan valores de hasta 72 a 87% de diversidad del bosque primario.

Con respecto al servicio de conservación y productividad edáfica, Feldemeir (1996) determinó que la regeneración natural contribuye a la descompactación de los suelos y, a medida que avanza el proceso de sucesión secundaria, la compactación disminuye de 0.62 gr/cm<sup>3</sup> en una pastura a 0.45 gr/cm<sup>3</sup> en un bosque secundario de 13 años.

En varios países, el área de bosques secundarios es superior a la de los primarios, como en el caso de Costa Rica, donde Segura *et al.* (1997), determinaron que el área de bosques secundarios (425.000 ha) es el doble que el

área que ocupan los bosques primarios y casi tres veces el área de las plantaciones. Feldemeir (1996) y Solís (1999) encontraron, para un bosque de 18 años, que el 56.7% del área basal (11.56 m<sup>2</sup>/ha) pertenece a especies comerciales. Con relación a la productividad de los bosques secundarios secos, Spittler *et al.* (1999) señalan que un bosque secundario de 25 años tenía volúmenes de 22 m<sup>3</sup>/ha; y uno de 50 años, 108 m<sup>3</sup>/ha.

El bosque secundario se está convirtiendo en la principal fuente de madera para múltiples usos. En algunas regiones de Costa Rica, Berti (2001) determinó que el 68% de los propietarios extraen productos maderables del bosque. El 74% de las especies comerciales de la región de Chorotega, Costa Rica, se usan en el sector de la construcción; el 44% son empleadas para muebles y el 22% en la elaboración de artesanías. El 71% de los aserradores de la región consideraron los bosques secundarios como fuentes importantes o muy importantes de materia prima en el futuro. Además, estos aserradores han introducido especies no tradicionales al proceso de aserrío, principalmente

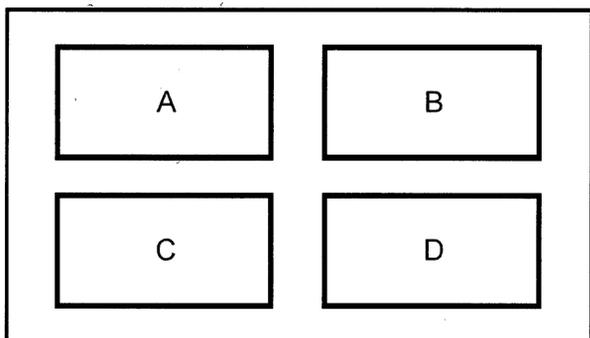
por la escasez de especies valiosas, pero no han empleado tecnologías apropiadas para procesar estas nuevas especies del bosque secundario.

## METODOLOGÍA

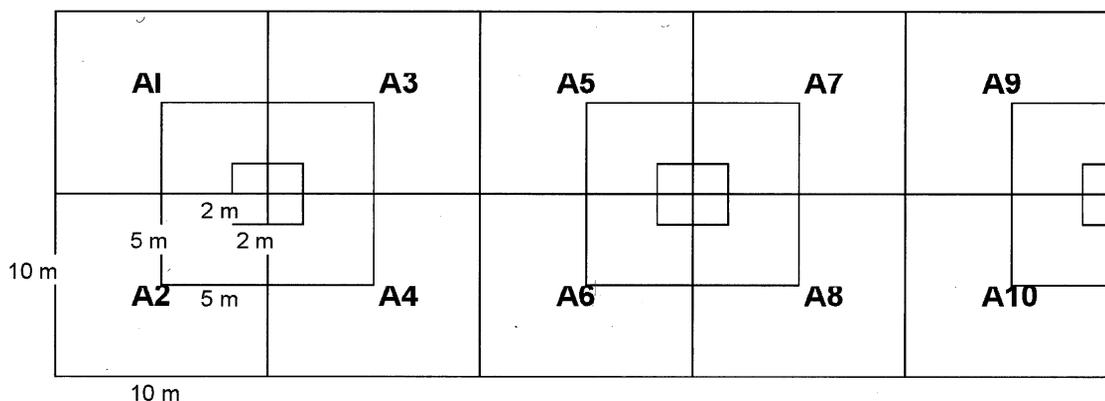
### **DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ÁRBOLES DE ALGODONCILLO, SOBRE EL CRECIMIENTO DEL RODAL**

#### *Instalación de parcelas*

Se ubicaron tres sitios representativos, los cuales fueron denominados bloques. Dentro de estos se instalaron cuatro parcelas de tamaño rectangular (50 m x 20 m) de 1/10 de ha, teniendo en cuenta las condiciones del terreno, que en su mayoría fueron orientadas hacia el norte, para llevar una uniformidad (**Figura 1**).



**Figura 1.** Ejemplo de un bloque con las cuatro parcelas



**Figura 2.** Detalle de parcela de 20 m x 50 m (100 m<sup>2</sup>)

Para una fácil identificación y con el objeto de hacer más eficiente las mediciones, se delimitaron las parcelas con tubos PVC con longitud de 1.5 m, dividiendo las mismas en subparcelas, cada una de 10 m x 10 metros para un total de 100 m<sup>2</sup>; además, en las cuatro esquinas, aparte de llevar el tubo, se pintaron 20 cm de la parte superior con pintura roja para mayor visibilidad. Hay que tener en cuenta que dentro de estas subparcelas se instalaron otras más pequeñas de 5 m x 5 m para evaluar latizales y, por último, unas de 2 m x 2 m para brinzales (**Figura 2**).

#### *Inventarios*

Después de instalar las parcelas y señalizarlas debidamente, se realizaron las mediciones en cada una. Estas mediciones están contempladas dentro de un inventario de caracterización de la vegetación en el cual se evalúa la presencia de Fustales, Brinzales y Latizales, cuantificando sus variables y atributos (DAP, Altura comercial y total, Diámetro de Copa, estado fitosanitario, etc.), además de la identificación de las especies presentes.

Con el fin de facilitar el seguimiento e identificación, se numeraron todos los árboles que tuvieran un DAP superior a 10 cm, con placas de aluminio a 180 de altura desde el suelo.

La información de la placa describe el bloque, parcela y número correspondiente a cada árbol muestreado.

Con base en los datos arrojados por el inventario forestal y después del análisis de la información, se determinó que el aclareo se haría teniendo en cuenta el número de árboles por hectárea. Los tratamientos para cada bloque fueron los siguientes:

- 400 árboles/ha
- 500 árboles/ha
- 600 árboles/ha
- 700 árboles/ha

### ***Estimación del crecimiento***

Una vez obtenidos los datos de campo del primer inventario, se organizaron por clases diamétricas, se determinó área basal, volumen, IVI e índices de biodiversidad.

Para determinar el crecimiento de los individuos, se determinó el parámetro área basal, que se tuvo en cuenta en el primer inventario y al final del periodo, después de ser aclareada la masa boscosa.

También se tuvieron en cuenta aquellos árboles que en el último inventario ingresaron al rango de medición de los árboles que se tenían; es decir, 10 cm de diámetro.

Además, se determinó el número de individuos que murieron y fueron inventariados al principio, tanto por causas naturales como enfermedad, ataque de insectos, entre otras causas; así mismo, los individuos que ingresaron a las clases diamétricas superiores.

De esta manera, con base en los datos de área basal al principio y al final del periodo, mortalidad e ingresos, se calculó el crecimiento bruto en área basal por clase de grosor y para el total utilizando la siguiente fórmula:

$$Gf = Gi + Ing - M + \Delta i$$

por tanto,

$$\Delta i = Gf + M - Gi - Ing$$

donde,

- $\Delta i$  = Crecimiento periódico bruto
- $Gf$  = Área basal al final del período
- $Gi$  = Área basal inicial
- $Ing$  = Ingresos
- $M$  = Mortalidad natural

### ***Aclareos***

Se realizaron aclareos por lo bajo y se sustrajeron (eliminaron) de la masa boscosa original los árboles que no ofrecían características indispensables para el desarrollo del rodal. En estos casos se tuvo en cuenta la calidad del fuste, el estado fitosanitario y las clases diamétricas inferiores a la media o a 10 cm DAP.

Antes de realizar los aclareos se muestrearon las parcelas, identificando los individuos menos deseables hasta lograr la densidad del rodal deseada y cuidando que la distribución de los aclareos fuera uniforme en cada unidad muestral. La eliminación de los individuos previamente identificados se realizó mediante anillamiento, dado que su impacto en el bosque es menos agresivo que el apeo.

### ***Análisis estadístico y evaluación del crecimiento y la incidencia del enriquecimiento con la caoba, plantada en fajas bajo el dosel***

Se hizo un ensayo en las parcelas ya intervenidas, el cual consistió en un enriquecimiento del bosque en fajas de siembra de *Swietenia macrophylla*, *Manilkara bidentata* e *Hymenaea courbaril* en líneas paralelas al eje central de las parcelas distanciadas 7 metros entre ellas a lo largo de la parcela.

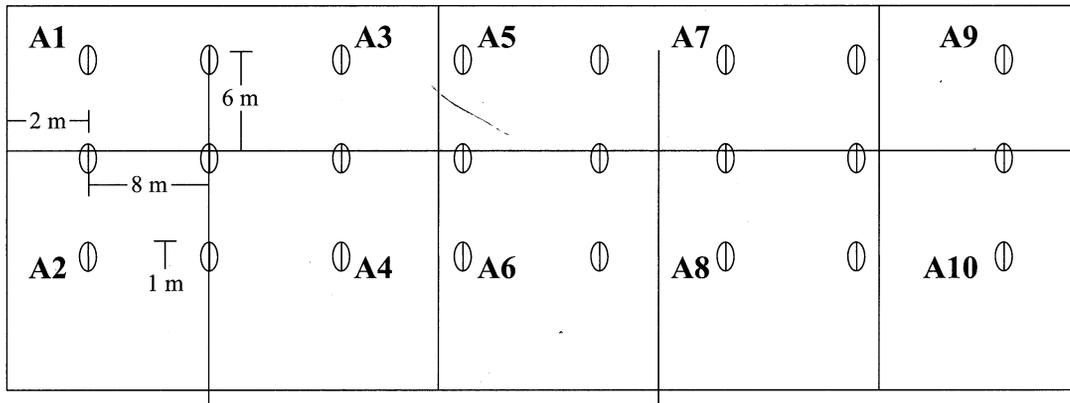


Figura 3. Detalle de la distribución del enriquecimiento en las parcela de 20 m x 50 m (100 m<sup>2</sup>)

### ***Materiales para la instalación de ensayos (parcelas)***

- Rollos de Nailon de 500 m
- 300 tubos de PVC de 1 m de longitud y ½" de diámetro
- Brújula
- Machetes
- Decámetro
- Cinta métrica
- Pintura en aerosol
- Mazo

### ***Determinación de la calidad fisiológica de la semilla del Algodoncillo mediante las pruebas de ISTA***

#### **Recolección de semillas de Algodoncillo**

En el mismo sitio donde se instalaron las parcelas, se procedió a recoger los frutos de algodoncillo directamente del suelo.

Los frutos fueron traídos a Bogotá al laboratorio de silvicultura del programa de Ingeniería Forestal, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

En el laboratorio se procedió a beneficiar la semilla y, posteriormente, se le hicieron las prue-

bas según la metodología International Seeds Testing Asociation. Los análisis hechos se describen a continuación:

#### **Trabajo de laboratorio**

**Contenido de humedad.** Para el lote de semillas se recogieron dos muestras de 5 gramos de semilla, tomando el peso inicial. Posteriormente se introdujeron en la estufa a 103 °C por 17 horas, luego de las cuales se calculó el peso seco.

**Número de semillas por kilo.** Se pesaron 8 repeticiones de 100 semillas cada una, para cada grupo, de cuyo resultado se calculó el promedio y el coeficiente de variación.

**Viabilidad por corte.** Se efectuó el corte sobre 100 semillas para cada grupo, previamente remojadas en agua durante 24 horas. Después se realizó el conteo observando las semillas que tuvieran el embrión hinchado, determinado por un color blanco fuerte.

**Viabilidad por tetrazolio.** Se determinó por medio de un ensayo de corte sobre 100 semillas para cada grupo, previamente remojadas en agua durante 12 horas, a las cuales se incluyó en una solución de tetrazolio al 0,1%. Luego de 48 horas, se realizó el conteo de las mitades teñidas.

**Germinación.** En el laboratorio, se determinó el porcentaje de germinación de un lote de semillas en tres ensayos de germinación por un tiempo de diferencia de 2 meses cada uno. Se pusieron a germinar cien semillas con tres repeticiones a una temperatura de 24°C y una humedad relativa del 80% en un sustrato de turba, previamente desinfectada con vitavax. Luego se realizó el conteo de las semillas germinadas y se secó el porcentaje de germinación del total sembrado.

**Sanidad.** Se hizo una inspección visual con el fin de determinar si se observaba algún tipo de ataque o presencia de insectos en el total de la muestra.

#### ***Materiales de Laboratorio***

- Horno
- Balanza con precisión al mg
- Estereoscopio
- Cajas de Petri
- Equipos de disección: pinzas, espátula, cuchillas
- Solución de tetrazolio al 0.1%
- Agua destilada
- Semillas de Algodoncillo
- Cajas de germinación
- Turba
- Vitavax al 0.5%

#### ***DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL SUELO Y LA ASOCIACIÓN DE ALGODONCILLO Y SU CRECIMIENTO***

##### ***Toma de muestras de suelos***

Con el fin de recoger las muestras de suelo para el análisis de propiedades físicas y químicas se procedió de la siguiente forma.

Se tomaron muestras en el centro de cada parcela con la ayuda del barreno: de 0 a 30 cm, de 30 a 60 y 60 a 90 cm de suelo.

Además, para realizar la prueba de densidad real en laboratorio, se tomaron muestras a dos profundidades (10 cm y 20 cm) con un cilindro de PVC de 3 pulgadas de diámetro y una altura de 6 cm.

Posteriormente se reunieron las muestras representativas de cada horizonte de los perfiles pertenecientes a la parcela. De igual forma se procedió con el resto de las parcelas de los otros bloques; las muestras fueron empacadas y debidamente etiquetadas para transportarlas a Bogotá.

También se elaboró una descripción del perfil representativo de cada bloque, para esto se hizo una calicata por cada bloque (1 m x 1 m, x 1 m), donde se efectuó la respectiva descripción del perfil.

##### ***Recolección de muestras***

- Barreno
- Bolsas plásticas
- Papel aluminio
- Cilindros de PVC de 2 pulgadas
- Marcadores
- Rótulos
- Martillo de goma

##### ***Análisis de suelos***

A fin de evaluar la influencia del suelo sobre el incremento en el área basal de los árboles remanentes en cada uno de los bloques mencionados, se tomaron muestras en el campo para análisis químico (a 30, 60 y 90 cm) y físico (a 30 y 60 cm). El análisis químico incluyó: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Ca, Mg, K, Na, carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (N). El análisis físico comprendió la densidad aparente (Do) y granulometría (textura). Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, sede

Bogotá. Los métodos utilizados fueron los convencionales: carbono orgánico (CO): Método Walkley-Black, valoración volumétrica; nitrógeno total (N): Método micro-Kjeldahl; valoración volumétrica; pH: potenciométrico en H<sub>2</sub>O utilizando KCl 1N; CIC: espectrofotométrico con acetato de amonio normal y neutro; Ca, Mg, K y Na: espectrofotométrico. Densidad aparente (D<sub>o</sub>): en muestras secadas a 105° C y relación volumétrica g/cm<sup>3</sup>; Textura: por pipeta, separando 4 fracciones (arenas gruesa y fina, limo y arcilla).

### **DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO MEDIANTE EL MODELO DE VON BERTALANFFY**

Para hallar los términos de la ecuación, se establecieron los rangos diamétricos de los individuos inventariados, donde se determinó el Incremento Corriente Anual para cada uno de estos rangos, obtenidos del promedio de crecimiento, entre dos mediciones consecutivas.

Posteriormente se realizó una regresión de tipo no lineal teniendo en cuenta estas dos variables (diámetros normales promedios e incremento corriente anual promedio). Los mejores ajustes se lograron iterando una y otra vez los parámetros a medir en la ecuación para tener una idea de su valor para la especie.

### **ANÁLISIS DEL BENEFICIO GENERADO POR EL TRATAMIENTO SILVICULTURAL, TENIENDO EN CUENTA EL PRECIO DE LA MADERA EN PIE**

Partiendo de los datos generados de crecimiento de diámetro por el modelo de Von Bertalanffy, se calculó el volumen para cada uno de estos diámetros. En seguida se multiplicó este volumen por el precio de un metro cúbico de madera (\$83.333) y este resultado se dividió entre 10 para determinar el precio en volumen

por árbol en pie. Así se hizo para cada uno de los tratamientos. Luego se graficaron estos resultados y a cada una de las curvas se le realizó una regresión de tipo logarítmica; después a cada una de estas ecuaciones se le halló la primera derivada para determinar los puntos donde la madera iba a tener mayor valor.

### **ELABORACIÓN DE TABLA DE VOLUMEN**

Aprovechando los árboles que se aparearon en las parcelas y fueron vendidos, se procedió a medir los árboles en su altura comercial. Se midió el diámetro en tres puntos del árbol: a la altura del pecho, a la mitad del fuste y en la parte superior del mismo. Este diámetro fue tomado con corteza.

Para el cálculo del volumen, se utilizó la fórmula de Newton

$$V = (B_o + 4 B_m + B_u) L/6$$

donde

$$B_o = \pi/4 (D_o^2) \text{ Extremo mayor}$$

$$B_m = \pi/4 (D_m^2) \text{ Medio}$$

$$B_u = \pi/4 (D_u^2) \text{ Menor}$$

$$L = \text{Longitud}$$

La tabla de volumen fue elaborada con el empleo de la regresión estimada según el modelo matemático de "variable combinada". Se utilizó el método de mínimos cuadrados para realizar la regresión y hallar la ecuación del tipo  $Y = mx + b$  (Rojas, 1977).

### **RESULTADOS**

- Después de tres años de realizado el ensayo se sigue presentando una incidencia positiva de los tratamientos sobre la masa forestal, más específicamente sobre el incremento en área basal, siendo el tratamiento del 60% junto con el del 20% los

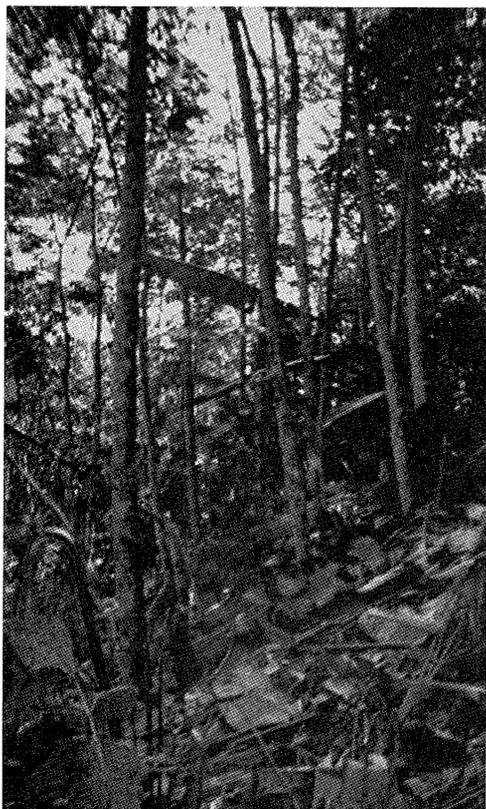


Figura 4. Bosque de Algodoncillo de 15 años con densidades de 700 árboles por hectárea

más representativos. Sin embargo, el incremento anual de área basal no presenta el mismo valor reportado para el periodo de 1998 a 1999.

El Algodoncillo es la especie más importante desde el punto de vista ecológico, ya que alcanza porcentajes de abundancia mayores al 75% y con un IVI por encima de 100 (Figura 5).

- Desde el punto de vista estadístico no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en un nivel de probabilidad del 95%.
- El mayor incremento en altura del enriquecimiento con la especie Caoba (*Swietenia macrophylla*) se obtuvo en el tratamiento de 400 árboles/hectárea (12,26 cm) con respecto al tratamiento de 600 árboles/hectárea (6,38 cm). No se presentó ataque de *Hipsyphilla grandella* puesto que fueron sembradas en fajas bajo dosel.

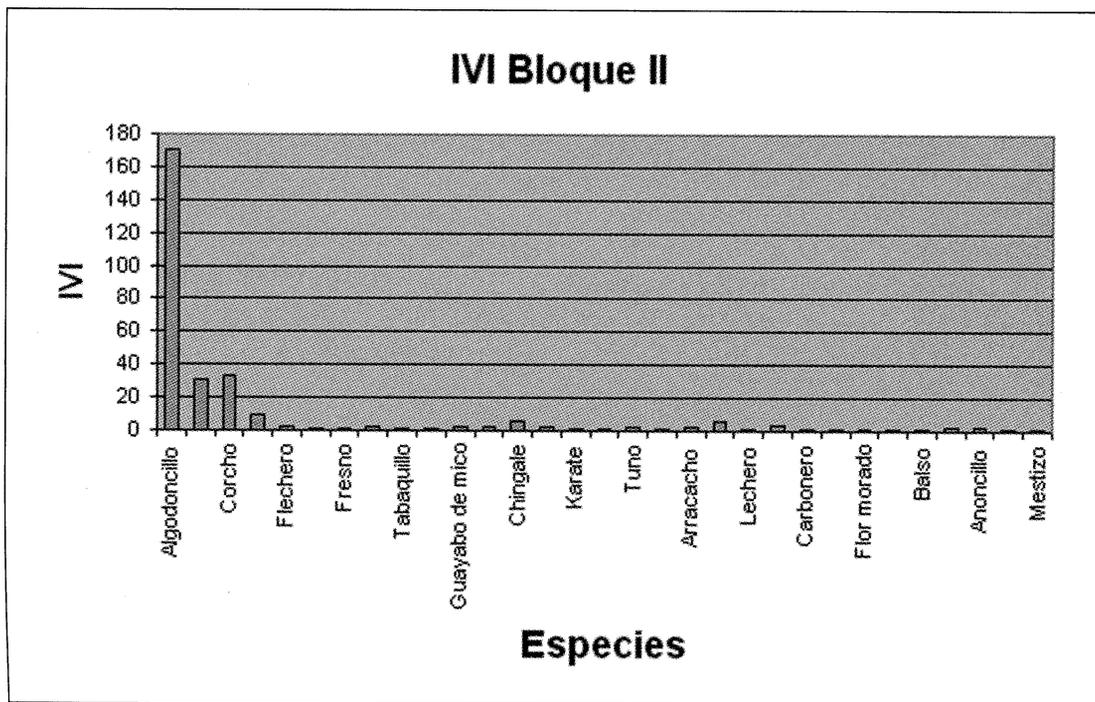


Figura 5. Índice de Valor de Importancia para el Bloque II

- Al determinar la calidad fisiológica de la semilla de la especie mediante las pruebas de laboratorio de la ISTA, se observó que el porcentaje de pureza fue 99,86%; el contenido de humedad fue 45,07%; el número de semillas por kilogramo fue 450.857; la viabilidad por corte fue 73%; la viabilidad por tetrazolio fue 82%. Los anteriores resultados son altos en porcentajes, indicando que el lote de semillas es de buena calidad.
- Para la prueba de germinación, el mayor resultado fue el ensayo 2, el cual germinó en catorce días con un promedio de 36,33 %.
- La influencia de los parámetros físico-químicos del suelo, analizados sobre el crecimiento (incremento en el área basal) de los árboles sometidos a los tratamientos mencionados, es insignificante o nula, teniendo en cuenta los resultados biométricos del experimento. En otras palabras, ninguna de las propiedades físicas y químicas del suelo se manifiestan como influyente de alguna manera (negativa o positiva) en el comportamiento del crecimiento de la masa residual bajo tratamientos.
- Desde el punto de vista del modelo de Von Bertalanffy, el mejor tratamiento es 600 árb/ha. La curva parte desde 9 cm en  $T = 0$  y crece asintóticamente hasta 45 cm en un periodo de 29,53 años desde que tiene 9 cm de diámetro. El punto de inflexión ocurre a los 4,8 años y corresponde a un diámetro de 19.02 cm.
- Desde el punto de vista técnico, el aprovechamiento se debe realizar en el año 10, después de iniciados los tratamientos (a una edad aproximada de 20 años del rodal), cuando se obtienen los mejores valores de madera en pie para el árbol, para un tratamiento de 600 árb/ha.
- Desde el punto de vista financiero, el aprovechamiento se debe hacer en el año 15 para un tratamiento de 700 árb/ha, cuando se obtienen las mayores utilidades.

### **SINOPSIS DE RESULTADOS**

Los bosques secundarios en Colombia superan los 3 millones de hectáreas, ofreciendo alternativas de manejo y producción de bienes y servicios que deben ser estudiados para ofrecerlos a las comunidades que algún día volverán al campo, logrando que se manejen adecuadamente en lugar de transformarlos nuevamente en potreros.

Dentro de estos bosques secundarios, se presentan rodales casi puros de la especie Algodoncillo (*Trichospermum colombianum*) en el Medio Magdalena, valle de los ríos Sinú y San Jorge, el andén pacífico entre otras regiones del bosque húmedo tropical. El presente estudio se realizó durante cinco años en el corregimiento de Puerto Pinzón, municipio Puerto Boyacá. Se logró determinar mediante investigación experimental los porcentajes de aclareos necesarios para dejar una densidad apropiada para acelerar el crecimiento de los árboles y acortar el periodo de aprovechamiento (una densidad entre 400 y 700 árboles/ha) iniciando el manejo entre los 5 y 8 años. En forma natural, la especie forma rodales hasta de 2.000 árboles por hectárea en manchas de 10 a 20 hectáreas, dependiendo del tamaño de los potreros.

Los incrementos volumétricos alcanzan los 15 y 20 metros cúbicos por hectárea/año, muy similares al incremento de algunas plantaciones compactas, lo que hace muy atractivo para inversionistas y proyectos de reforestación y negociación para la venta de servicios de secuestro de CO<sub>2</sub>.

El estudio de la vegetación de estos rodales reveló una gran presencia de la especie con ín-

dices de Valor de Importancia superior a 100. El estudio fenológico determinó que la fructificación se presenta en los meses de enero a abril, cuando se inicia el invierno, colonizando aquellos suelos desprovistos de vegetación, aprovechando su carácter heliófito. El enriquecimiento de este bosque con especies esciófitas como algarrobo (*Hymenaea courbaril*, *Manilkara bidentata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) favorecen su crecimiento y aumenta el valor comercial del mismo; en el caso de la caoba, evita el ataque del barrenador de la yema terminal.

Se determinó la tabla de volumen de la especie, la calidad fisiológica de la semilla, las características físico-mecánicas y la durabilidad de la madera del algodoncillo (*Trichospermum colombianum*).

La madera de la especie sirve para molduras, enchapes y construcción en las partes internas, con durabilidad natural baja, por lo cual debe secarse bajo techo y en cámara, para evitar el ataque de hongos cromógenos, con inmunización y empleo en los interiores de las viviendas y no en contacto con el suelo. Los campesinos de la región lo emplean para la construcción de los techos de las casas en forma rolliza (varas). Algunos ensayos realizados con moldureros de Bogotá dio aceptables resultados, con características muy similares al *Jacaranda copaia*.

No se encontró relación estrecha entre las propiedades físico-químicas del suelo y los diferentes rodales de Algodoncillo; tampoco se encontró relación entre las diferentes densidades de los árboles por hectárea con la densidad de la madera.

Se determinó el horario de secado y las condiciones de trabajabilidad para ofrecer la madera del algodoncillo al mercado nacional y lograr que los campesinos inicien el proceso de manejo y enriquecimiento para lograr un ingreso económico de estos rodales.

Se logró determinar las propiedades físico-mecánicas de la madera de la especie Algodoncillo (*Trichospermum colombianum*), su trabajabilidad y posibles usos como el horario de secado y la durabilidad natural; también se determinó la tabla de volumen, necesaria para los cálculos del volumen en los inventarios que se realicen para su aprovechamiento.

También se conoce su fenología y los aspectos fisiológicos de la semilla, especialmente su viabilidad, porcentaje de germinación y crecimiento inicial como especie heliófita. Estos conocimientos logrados durante la investigación constituyen un aporte a la ciencia y a la industria madera, como al gobierno, para que tenga herramientas técnico-económicas para el manejo de estos bosques, siendo una alternativa de uso del suelo, en lugar de transformarlos nuevamente en potreros.

Es necesario continuar con las mediciones anuales para lograr mayor precisión en los datos de crecimiento e iniciar un plan de capacitación y divulgación de los resultados para el uso y aplicación de estos conocimientos para el manejo del bosque y el uso de la madera. Por ejemplo, en el programa de familias guardabosque, este modelo de uso del suelo y desarrollo es de gran importancia para la conservación y promoción de nuevos bosques.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel, K. et al. 1999.** Tratamientos silviculturales en un bosque secundario de algodoncillo (*Trichospermum colombianum*) en el trópico húmedo (Magdalena Medio, Colombia). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 118 p.
- Berti, G. 1991.** Estado actual de los bosques secundarios en Costa Rica: Perspectivas para su manejo productivo. Revista Forestal Centroamericana No. 35. Julio-Septiembre 2001 Pp. 29-34.

- Bosques y Desarrollo. 1998.** Los bosques secundarios: potencial forestal para el desarrollo. *Bosques y Desarrollo* No. 18 y 19, Pp. 8-11.
- Chaves, S. E.; Chinchilla, Mora O. 1996.** Tratamientos silviculturales en el manejo de los bosques naturales tropicales. *Ciencias Ambientales*, N° 12, Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Del Valle, J. I. 1998.** Efecto del raleo en el crecimiento diamétrico de los boques de *Camptosperma* de Colombia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* No. 13. Diciembre, Pp. 89-103.
- Finegan, B. 1992.** El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE*. 29 p.
- Guariguata, M., et al. 1997.** Structure and floristics of secondary and old-growth forest stands in low land Costa Rica. *Plant Ecology* 132:10-120.
- Hutchinson, I. 1993.** Silvicultura y manejo en un bosque secundario tropical: Caso Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. Febrero-Abril CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- IDEAM. 1998.** El medio ambiente en Colombia. Bogotá-Colombia, 495 p.
- IGAC. 1982.** Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrológica. Estudio general de suelos de la parte occidental del Departamento de Boyacá. Bogotá, 864 p.
- \_\_\_\_\_. 1984. Suelos del Departamento de Boyacá. Bogotá, 64 p.
- ISTA. Reglas Internacionales de Semillas.** 171 Pág.
- Lamprecht. 1990.** Principios de silvicultura tropical. Corporación Técnica Alemana (GTZ).
- Martínez, H. 1979.** Producción de un bosque secundario sometido a diferentes intensidades de raleo en Turrialba, Costa Rica. 101 p.
- Melo, O. A. et al. 1997.** Cuantificación de la diversidad florística y análisis estructural de los ecosistemas tropicales. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Centro Forestal Tropical Bajo Calima.
- Muller, E. 2002.** Los bosques secundarios salen a la luz. *Actualidad Forestal Tropical*. Volumen 10, No. 4. Pp. 16-18.
- Ramírez, X. y Sierra, M. 1998.** Caracterización y dinámica sucesional en tres tipos de bosques ubicados en el Magdalena Medio. Tesis de Grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
- Ricardi, M. 1999.** Morfología de plántulas de árboles de un bosque montano bajo. Facultad de Ciencias, ULA. Mérida, Venezuela, 72 p.
- Rojas, A. 1977.** Efecto del raleo sobre el crecimiento en área basal de un bosque secundario en trópico húmedo. Tesis Magíster Sc. Turrialba, Costa Rica 79 p.
- Rojas, G y Ángel, M. 1977.** Dasometría práctica, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. 165 p.
- Saa, H. 1979.** Los árboles más importantes de la serranía de San Lucas. Inderena. 189 p.

- Sánchez, M. J. 1997.** Estudio de crecimiento y rendimiento en un bosque secundario de Costa Rica. Simposio internacional Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 15-20 de julio de 1997.
- Serrano Garzón, M. A. y López Rojas C. A. 2002.** Composición florística y dinámica sucesional de bosques primarios y secundarios de 10 y 20 años en tres zonas representativas del valle medio del Magdalena, Colombia. Colombia Forestal, Volumen 6, No. 13. Pp. 39-51.
- Vásquez, G. 1998.** Crecimiento de un bosque de guandal explotado en el litoral pacífico colombiano: estudio del crecimiento diamétrico. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. No. 5 Junio 1998. Medellín. Pp. 35-62.
- Von Bertalanffy, L. 1994.** Teoría general de los sistemas. Fondo de Cultura Económica. Bogotá. 311 p.
- Wadsworth, F. H. 1997.** Producción forestal para América tropical. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 461 p.