

Vol. 4 N° 10 Nueva Epoca

Santa Fe de Bogotá, D.C. Diciembre de 1996

ISSN 0120-0739

# FORESTAL

*Colombia*



\$ 1.000.00

SEMESTRAL

Publicación de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Departamento de Recursos Forestales. Carrera de Ingeniería Forestal.



TARIFA POSTAL REDUCIDA N° 1584 DE ASPOSTAL, VENC. DICIEMBRE 31/96



# Colombia **FORESTAL**

\$ 1.000.00

**SEMESTRAL**

**Universidad Distrital Francisco José de Caldas**  
Publicación de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal.

**Director**

Ing. Miguel Eugenio Cadena

**Comité Editorial**

Yesid Navas Peñaranda  
Miguel Eugenio Cadena  
Oswaldo Ortegón C.  
Luis Jairo Silva  
José Miguel Orozco

**Fotografía**

Miguel Cadena

**Transcripción Final y Distribución**

Centro de Documentación Forestal

**Dirección Editorial**

Oswaldo Ortegón Cufiño  
1996

"Las contribuciones, artículos y material gráfico podrá ser enviado a la dirección de la Revista Colombia Forestal."

**Revista Colombia Forestal**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Sede Vivero CEDOF - A.A. 8686  
Santa Fe de Bogotá D.C. - Colombia  
E-Mail: mcadena@fenix.udistrital.edu.co

---

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS**

**Rector (E)**

Luis Alfonso Ramírez Peña

**Vice - rector**

Rodrigo Zuluaga Uribe

**Decano Facultad del Medio Ambiente**

Yesid Navas Peñaranda

**Decano Facultad de Ciencias y Educación**

Olga Esther Salcedo

**Decano Facultad de Ingeniería**

Jorge Gonzalez Peñarete

**Decano Facultad Tecnológica**

Roberto Vergara Portela

**Directora Centro de Investigaciones**

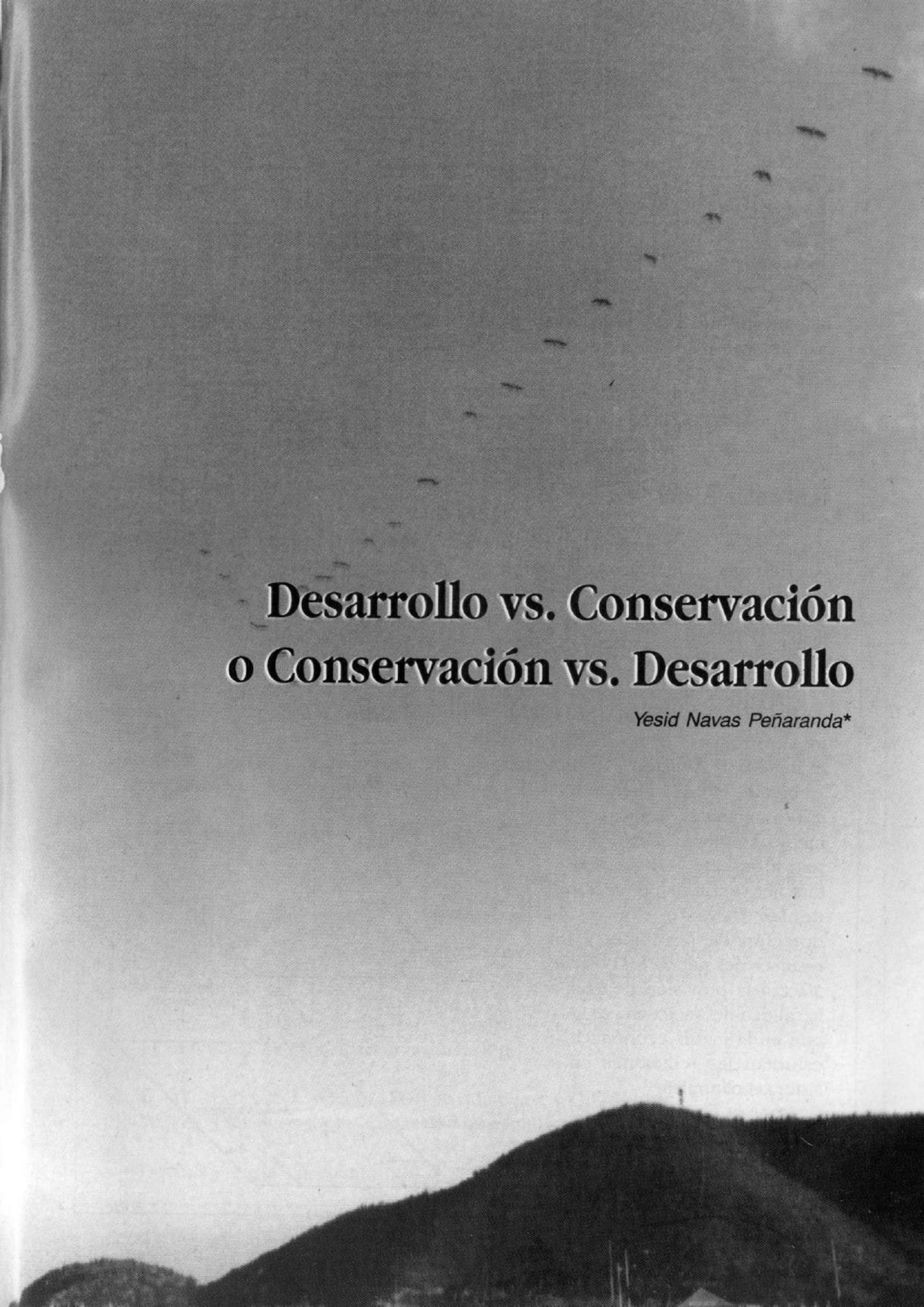
Clemencia Bonilla Olano

**Secretario General**

Samuel Arrieta Buelvas

- 
- 2** *Notas Editoriales*  
**DESARROLLO VS. CONSERVACION O CONSERVACION VS. DESARROLLO**  
*Yesid Navas Peñaranda*
- 
- 7** *Notas de Investigación*  
**ESTADO DE SANIDAD Y RECOMENDACIONES SOBRE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE LA CUBIERTA DE LA IGLESIA MUSEO SANTA CLARA - BOGOTA**  
*Hernando Augusto Guevara*
- 
- 19** *Notas de Investigación - Biotecnología*  
**REPRODUCCION VEGETATIVA IN-VITRO DEL ABARCO**  
*Hilda Narváez Fuentes*  
*Alejandro Vargas Mendoza*
- 
- 35** *Notas de Investigación - Fisiología de Arboles*  
**EFEECTO DE LA POLYCRYLAMIDA EN LA REGULACION HIDRICA DE PLANTULAS**  
*Omar Garzón*  
*Orlando Quiroga*
- 
- 51** *Notas de Investigación - Relación Suelo-Planta*  
**ESTUDIO PRELIMINAR DE SEMILLAS Y NUTRIENTES MINERALES EN PLANTULAS DE ESCALLONIA PENDULA**  
*José Henry López R.*  
*José L. Vargas G.*
- 
- 61** *Notas de Investigación - Tecnología de Maderas*  
**DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA LAMINADA (DE TRES ESPECIES)**  
*Rosalbina Gómez Segura*  
*Juan Carlos Roncancio Chaves*
- 
- 71** *Notas de Investigación - Arboles de uso múltiple*  
**USOS POTENCIALES DE LAS MADERAS DEL ARBOL DEL PAN Y JACA**  
*Liz Farleidy Villarraga Florez*
- 
- 79** *Notas de Investigación - Diseño Asistido por Computador (CAD)*  
**CALCULO ESTRUCTURAL Y CONTROL DE CALIDAD DE EDIFICACIONES EN MADERA ASISTIDO POR COMPUTADOR**  
*Freddy Valcarcel Montañez*
- 
- 90** **COMUNICACIONES DE INGENIERIA FORESTAL**  
*Tesis*
-





**Desarrollo vs. Conservación  
o Conservación vs. Desarrollo**

*Yesid Navas Peñaranda\**





Siempre se plantea esta situación como una disyuntiva o simplemente como dos alternativas mutuamente excluyentes. Es decir, no es posible desarrollarse (en el bien entendido desarrollo) si se nos exige conservar el recurso; o dicho al revés, no es posible conservar el recurso si aspiramos a desarrollarnos.

El concepto de **sustentabilidad** plantea como premisa la posibilidad, o más bien la necesidad, de reconciliar estas dos posibilidades:

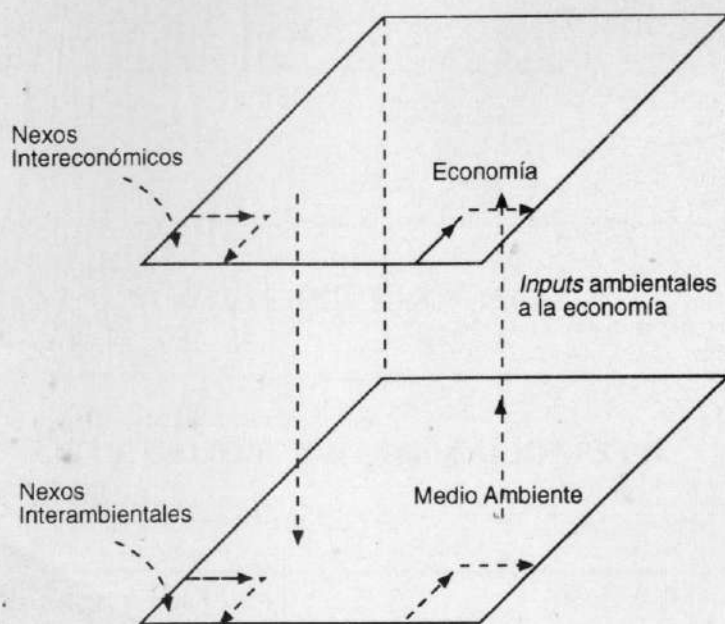
**SUSTENTABILIDAD = PRODUCCION + CONSERVACION**

**Será esto posible?**

Para resolver este interrogante o por lo menos para tratar de analizarlo nos podemos valer de una gráfica muy sencilla tomada de Pearce y Turner, que nos ilustra un poco donde nace la controversia, en qué plano o sistema se sitúa cada grupo: los llamamos desarrollistas o economistas o neoliberales y en la otra esquina los llamados conservacionistas, ecologista, naturalistas, etc.

El cuadro muestra esquemáticamente las interacciones de la **Economía y el Medio Ambiente**. El cuadro superior muestra la Economía, por la que están preocupados los desarrollistas: cómo afecta la demanda la producción de madera, cómo afecta el ingreso la demanda de productos, etc. El cuadro inferior muestra el medio ambiente; este comprende todos los recursos en el sitio: pesca, bosque, fauna, suelo, minerales, capacidad del medio ambiente para asimilar residuos, etc. Obviamente, también existen interacciones dentro de este cuadro: la dotación de agua afecta los recursos pesqueros, los bosques afectan la provisión de agua y la calidad del suelo, etc. Al igual que en la matriz económica se estudian las relaciones entre sistemas naturales.

La preocupación deberá ser por los dos sistemas (el económico y el ambiental), concen-





trándonos en sus interacciones: cómo afectan las variaciones del tamaño de la economía (crecimiento económico) a las funciones del Medio Ambiente? Cómo afecta el auge de la construcción la provisión de agua, los bosques, la biodiversidad; entonces debemos darle un mayor sentido al gráfico especificando las interacciones que tienen lugar entre la economía y el medio ambiente.

El medio ambiente cumple tres funciones fundamentales en relación con la economía:

1. Provisión de recursos.
2. Asimilación de residuos.
3. Generación de utilidad estética.

Que reunidas se pueden ver como componentes de una función general de los ambientes naturales: EL SUSTENTO DE LA VIDA.

El problema a que nos enfrentamos es que el diseño de las economías, sean de mercado libre, planificado o mixto, no nos ofrece ninguna garantía de persistencia de las funciones del sustento de la vida de los ambientes naturales. Lo que no sabemos es lo que tenemos que hacer para que coexistan en equilibrio. ***Si estamos interesados en una economía sustentable es importante establecer algunas condiciones para la compatibilidad de las economías y su medio ambiente.***

### **REGLAS PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LAS ECONOMIAS CERRADAS**

Cómo deberíamos tratar el medio ambiente para que pueda cumplir su función de sustento de la economía como fuente de nivel de vida mejorado?

Sustentar algo quiere decir **HACER QUE DURE** hacer que siga siendo y que dure.

Según lo que ya vimos en cuanto a las dos primeras funciones del medio ambiente, debemos:

1. Usar siempre los recursos renovables de tal modo que el ritmo de extracción (ritmo de uso) no sea mayor que el ritmo de regeneración natural.
2. Mantener siempre flujos de residuos al medio ambiente al mismo nivel o por debajo de su capacidad de asimilación.

**H < Y** [Aprovechamiento (**H**) < Rendimiento (**Y**)]

**W < A** [Residuos (**W**) < Capacidad de asimilación (**A**)]

Debemos tener en cuenta que **Y** y **A** no son estáticos. Podemos manejar los



recursos naturales para mejorar la producción sustentable y la capacidad de asimilación de residuos. Todo esto se puede a través de una mayor eficiencia o dicho de otra manera, una mayor productividad: la obtención de los mayores resultados posibles con el menor costo. Esto conlleva la utilización de técnicas apropiadas que permitan mayores rendimientos en la producción de los bosques, tanto de maderables como no maderables, menores desperdicios, mayor utilización de los recursos del bosque, menor disturbación del suelo, etc. Todo esto requiere obviamente el concurso de todos los actores; la comunidad, la industria, el gobierno. **La Comunidad** organizándose para garantizar un aprovechamiento ordenado y manejo adecuado del recurso, **el Industrial** pagando precios justos por la materia prima, **el Estado** dando el apoyo institucional, económico y de asistencia técnica a la comunidad y a la industria y garantizando el control sobre el aprovechamiento, manejo y uso del recurso ambiental.

Del análisis de estas interrelaciones podemos concluir que debemos tratar el medio ambiente de tal forma que pueda cumplir su función de sustento de la economía, como una fuente de nivel de vida mejorado, y al mismo tiempo la economía deberá organizarse de tal manera que no exceda la capacidad de regeneración y de asimilación del medio ambiente. Solo sobre la base de estos presupuestos alcanzaremos el ideal de un desarrollo sostenible. (Producción + Conservación).

**YESID NAVAS PEÑARANDA**  
**Ingeniero Forestal; M.A.; M.Sc.**  
**Decano Facultad Del Medio Ambiente**  
**y Recursos Naturales.**  
**Universidad Distrital, F.J.C.**



**Estado de sanidad y  
recomendaciones sobre la  
estructura de madera de la  
cubierta de la Iglesia  
Museo Santa Clara - Bogotá**

*Hernando Augusto Guevara C.\**



## RESUMEN



*solicitud del Instituto Colombiano de Cultura - COLCULTURA -, la sección de tecnología de maderas de la Universidad Distrital presentó una propuesta técnico - económica de trabajo para analizar el estado de sanidad de la madera que forma la cubierta de la Iglesia - Museo Santa Clara y dar las recomendaciones respectivas. La propuesta fué aprobada y originó el contrato No. 526 / 94 entre las entidades mencionadas. El trabajo se desarrolló en el primer trimestre de 1995.*

*Inicialmente, se determinó el tipo de elementos de madera de la estructura que es de par y nudillo, tales elementos, se numeraron e inventariaron, se estableció la intensidad de los daños y se cuantificó el material de cambio. Así, se pudo establecer recomendaciones y con base en experiencias previas como las del trabajo en la Catedral Primada de Bogotá se proporcionaron datos para la preservación de esta joya histórica.*

\* Profesor de tecnología de maderas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.



## 1. INTRODUCCION



La madera ha estado por siglos y estará presente como material no solo decorativo sino estructural a pesar de la aparición de nuevos materiales que puedan desplazarla. Es un material heterogéneo que hace que su comportamiento varíe considerablemente. La biodegradabilidad es una de sus características, lo cual hace necesarias las revisiones periódicas de las estructuras cuyas maderas se han colocado en servicio sin la previa aplicación de un tratamiento preservador.

No solo en Bogotá, sino en otras ciudades del país se vienen llevando a cabo programas de restauración de monumentos de valor histórico como

museos, iglesias y teatros entre otros. Cabe, entonces, mencionar aquí que la Universidad Distrital por intermedio del programa de Ingeniería Forestal ha trabajado en varias oportunidades en este campo y que una de sus últimas participaciones fue en el análisis de la madera de la cubierta en la Catedral Primada de Bogotá.

Para aquel entonces, como ahora en la Iglesia - Museo Santa Clara, se ha participado en la revisión, diagnóstico y manejo de las maderas estructurales mediante la detección de daños, la evaluación de su importancia sobre la resistencia y la recomendación de tratamientos para prolongar la permanencia de la madera en servicio.

## 2. OBJETIVOS



Los objetivos del trabajo fueron los siguientes:

- a. Realizar un inventario físico de los elementos de madera que conforman la cubierta.
- b. Analizar el estado actual de sanidad de los elementos.
- c. Establecer la intensidad de los daños y su incidencia en la resistencia mecánica de la estructura.
- d. Cuantificar el material de cambio, sus dimensiones y cubicación.
- e. Identificar, en cuanto fuese posible, las maderas con las cuales está construida la cubierta.
- f. Recomendar el (los) tratamiento (s) para la madera de reposición y para la que continúe su servicio.
- g. Proporcionar datos adicionales de acuerdo con la experiencia que en este campo tiene la sección de Tecnología de Maderas.

### 3. METODOLOGIA



El trabajo fue realizado por dos ingenieros y cuatro egresados del programa de Ingeniería Forestal.

Sobre los planos de la edificación se dividió físicamente el área de trabajo (o sea la cubierta de la Iglesia) de sur a norte en tres partes: Presbiterio, NaveCoro y Campanario.

Se establecieron los nombres de los diferentes elementos de la estructura. Cada una de las piezas fue numerada con tiza, medida y revisada en detalle con el objeto de detectar los daños que presentaran; los resultados de las observaciones se consignaron en formularios diseñados para el efecto.

Para cuantificar la intensidad de los daños en cada elemento, se estableció una escala de 1 a 3, según que : un daño equivalente a 1 corresponde a un ataque en volumen menor del 10% del total de la pieza, una intensidad de daño 2 para ataques entre el 11% y el 30% y la calificación 3 para un ataque superior al 30%. Los elementos calificados con la categoría de ataque 3, deben remplazarse y por lo tanto se marcaron con pintura de color amarillo para facilitar su

ubicación. En las áreas de mayor ataque, se determinó la profundidad del mismo mediante el uso de formones de 1 y de  $\frac{1}{2}$  pulgadas. Igualmente, se utilizaron martillos para efectuar pruebas de sonido en las piezas de madera y taladro de incremento (Pressler) para la toma de muestras del interior de los elementos.

Se determinó el contenido de humedad de equilibrio promedio de la madera mediante la utilización de un xilohigrómetro Delmhorst modelo RC-1.

Hubo necesidad de mejorar las condiciones de visibilidad, en el interior de la cubierta con la colocación de luz artificial (bombillos, reflector, linternas). Sin embargo, las observaciones se limitaron a las zonas visibles y de fácil acceso ya que los elementos no se hallan descubiertos en su totalidad.

Para adelantar el trabajo de identificación de las maderas, se tomaron pequeñas muestras de algunos elementos, las cuales se orientaron anatómicamente y se dejaron en agua por más de 15 días; luego se realizaron los cortes en el micrótomo se hizo el montaje, la descripción y fotografía respectiva.



## 4. RESULTADOS



Los resultados del análisis que se presentan aquí en forma de tablas y gráficas discriminan los datos para cada una de las tres áreas y sus elementos correspondientes. Mediante ellas se pueden conocer las cantidades de material de cambio. Por razones de espacio no se incluyen las correspondientes a las que muestran las cantidades de elementos por zonas y para cada una de las condiciones de sanidad, las dimensiones de tales elementos, el tipo de daño según fuese por insectos, pudrición o fractura y los números de identificación en la cubierta.

**Naturaleza de los daños.** El ataque observado en las maderas es ocasionado en alto grado por insectos pertenecientes a los géneros *Lyctus* y *Anobium*. En casos muy reducidos se detectó presencia de pudrición. El tipo de insectos, es el mismo que se encuentra en las edificaciones antiguas de la ciudad y para el estudio, al primero se le llamó insecto polvoso y al segundo esqueletizador.

El cambio propuesto de algunos elementos obedece, también, a la presencia de fracturas causadas por esfuerzos mecánicos e igualmente a la incidencia de rajaduras de gran longitud.

**Estado de sanidad de la estructura.** La estructura de la cubierta está constituida por 862 elementos de madera

con diferentes características y funciones. De este total, 101 deben cambiarse, lo cual corresponde al 11.7%. Ahora, de estos 101 elementos de cambio, 70 se hallan en la zona de la NaveCoro, lo cual equivale a decir que el 69.3% de elementos de cambio están en esta área.

La permanencia en servicio de las maderas por un tiempo mayor de 350 años puede atribuirse a dos razones fundamentales: utilización de árboles maduros y condiciones favorables de lugar relacionadas con la baja proliferación de agentes xilófagos.

El más alto índice de elementos de cambio corresponde a los pares, posiblemente por su condición de madera redonda proveniente de árboles jóvenes en los cuales la presencia de albura es significativamente mayor o por su contacto con el chuzque, el cual es muy susceptible al ataque de insectos xilófagos.

Aunque hay elementos relativamente nuevos, éstos fueron colocados sin evidencia de haberles efectuado un tratamiento de preservación y, además, en contacto directo con madera atacada.

La determinación del contenido de humedad de equilibrio se hizo mediante el registro de 28 lecturas sobre igual número de elementos tomados completamente al azar; el valor obtenido fue de 12.48%.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



El análisis efectuado permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- a. De los 862 elementos, es necesario cambiar el 11.7%, se les debe hacer un tratamiento especial al 61.6% y se hallan sanos el 26.7%.
  - b. La estructura se halla, todavía, en buenas condiciones de sanidad si se tiene en cuenta que ha estado en servicio por más de 350 años.
  - c. La mayor cantidad de madera deteriorada corresponde a los pares.
  - d. El deterioro de la madera, obedece casi exclusivamente a la acción de insectos que la destruyen aunque tenga bajo contenido de humedad.
  - e. Por las características del daño, se puede concluir que los insectos xilófagos causantes del deterioro pertenecen a los géneros *Lyctus* y *Anobium*.
  - f. Las pudriciones son escasas, lo cual indica que la cubierta posee una buena protección contra la humedad.
  - g. Hay componentes de la estructura que presentan fracturas y alto índice de rajaduras; su cambio debe reconfirmarse con el concepto de un ingeniero calculista.
  - h. Las piezas de madera instaladas recientemente, en reemplazo de las deterioradas, son madera rolliza de eucalipto y de mangle y no muestran evidencia de haber sido inmunizadas.
  - i. Se pudo establecer que se realizó un tratamiento de inmunización en 1983 con Xilamon TR Especial, pero se desconoce quien lo llevó a cabo y la dosificación aplicada.
  - j. Al comparar el porcentaje de elementos de cambio de un estudio realizado por la Universidad en 1978 se pasó de un 3.3% a 11.7%.
  - k. La capa de barro sobre la cual se sentaba la teja fue removida en 1982 y se incorporó un tejado de asbesto-cemento. Hubo un incremento de la temperatura promedio de 17°C a 20°C de 1977 a 1985.
  - l. El aumento de la temperatura incide favorablemente en el desarrollo de larvas de coleópteros. Para el caso específico de *Anobium*, la temperatura óptima está cerca de los 22°C (Kollman F.)
- Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores se recomendó:
- a. Evaluar la posibilidad de levantar el



techo para evaluar realmente el estado de la cubierta, reemplazar los elementos de cambio y fallados y efectuar una intervención total de la misma.

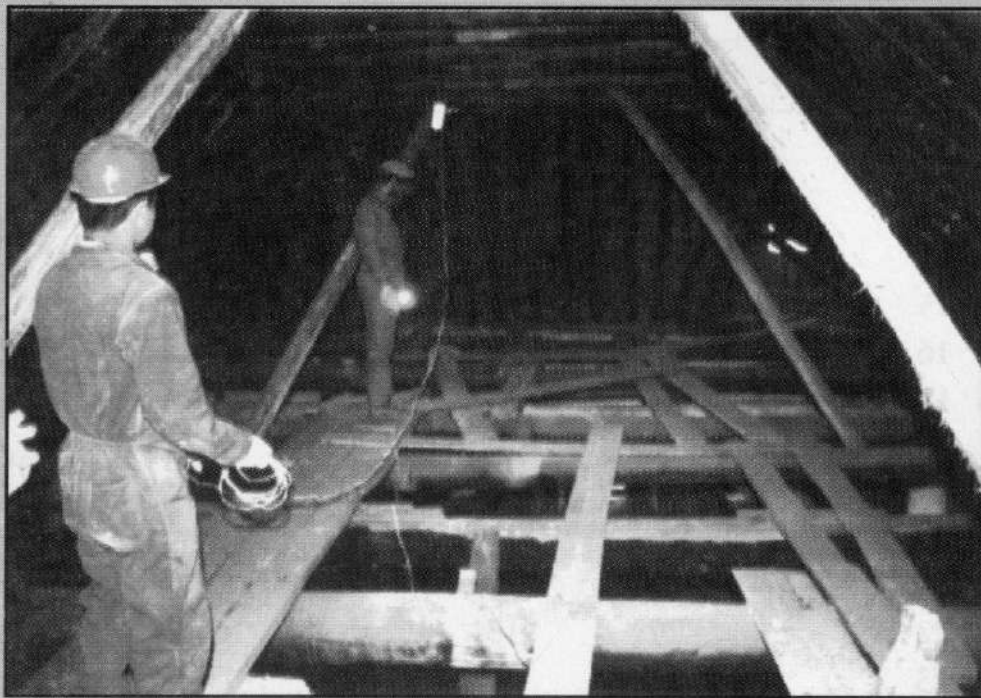
b. Todo elemento nuevo que se coloque en la estructura debe ser inmunizado.

c. No deben ponerse en contacto superficies de madera sana con madera atacada, sin previo tratamiento a las mismas.

d. Establecer un programa periódico de observaciones, por lo menos bianual, para establecer la necesidad de aplicación de tratamientos posteriores.

e. A los elementos de tratamiento especial y los sanos se les debe aplicar un tratamiento de inmunización por brochado, aspersion e inyección con productos oleosolubles. Los elementos nuevos, que reemplazarían los de cambio, deben inmunizarse por el método de vacio - presión con sales CCA.

f. Debido a la pérdida de residualidad de los preservantes, se sugiere un mantenimiento hacia los 12 años con un nuevo tratamiento a la madera en servicio.



**FOTOGRAFIA No. 1**

Vista parcial de los elementos que conforman la estructura de la cubierta en su parte interior

**TABLA 1**  
**Registro contenido humedad de equilibrio de la madera**  
**- Iglesia Museo Santa Clara-**

<b>MUESTRA No.</b>	<b>No. ELEMENTO</b>	<b>C.H. de EQUILIBRIO (%)</b>
1	10	11.5
1	25	13
3	36	13
4	45	12
5	46	13.5
6	49	12
7	50	11.5
8	62	12
9	67	11
10	68	12.5
11	76	13
12	81	12
13	119	13
14	122	14
15	127	14
16	129	13
17	129	13
18	160	13
19	174	11
20	178	13
21	179	13.5
22	181	11
23	208	12
24	240	11
25	686	13
26	693	13
27	696	13
28	700	12



**TABLA 2**  
**Análisis de los elementos de cambio por zonas**

ZONAS	TOTAL	CAMBIO	% DE CAMBIO
PRESBITERIO	190	22	11.58
NAVE-COR	637	70	10.99
CAMPANARIO	33	9	27.27
<b>TOTALES</b>	<b>860</b>	<b>101</b>	<b>11.74</b>

**TABLA 3**  
**Análisis por tipo de elementos**  
**-Presbiterio-**

ELEMENTOS	TOTAL	CAMBIO	% DE CAMBIO
PARES	74	19	25.67
ALFARDAS	2	0	0
ESQUINERAS	2	0	0
SOLERAS	5	0	0
SOBREPARES	34	0	0
TIRANTES	12	2	16.66
CANES	24	0	0
NUDILLOS	21	0	0
TORNAPUNTAS	6	0	0
CUMBRERAS	2	1	50
DINTELES	2	0	0
VIGAS	2	0	0
REFUEZOS	4	0	0
TIRANTES			

**TABLA 4**  
**Análisis por tipo de elementos**  
**- Nave - Coro -**

ELEMENTOS	TOTAL	CAMBIO	% DE CAMBIO
PARES	206	47	22.81
ALFARDAS	2	0	0
ESQUINERAS	2	0	0
SOLERAS	15	0	0
SOBREPARES	206	8	3.88
TIRANTES	31	2	6.45
CANES	62	2	3.22
NUDILLOS	85	4	12.94
TORNAPUNTAS	16	0	0
CUMBRERAS	5	0	0
ESQUINERAS BAJO	3	0	0
CAMPANARIO			
OTROS(*)	4	0	0

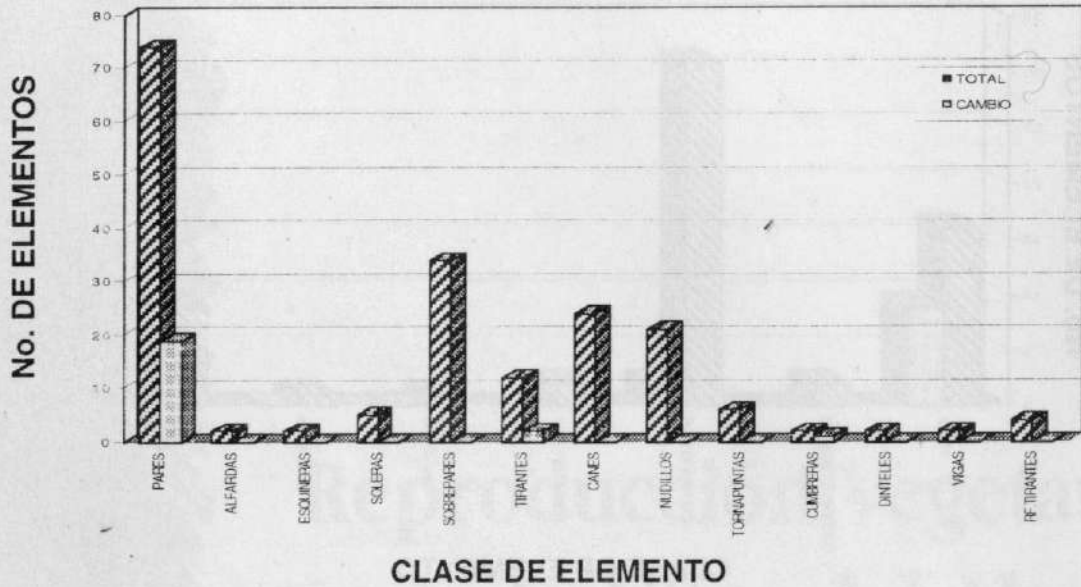
(\*) Diagonales que soportan tirantes del Coro

**TABLA 5**  
**Análisis por tipo de elementos**  
**- Campanario -**

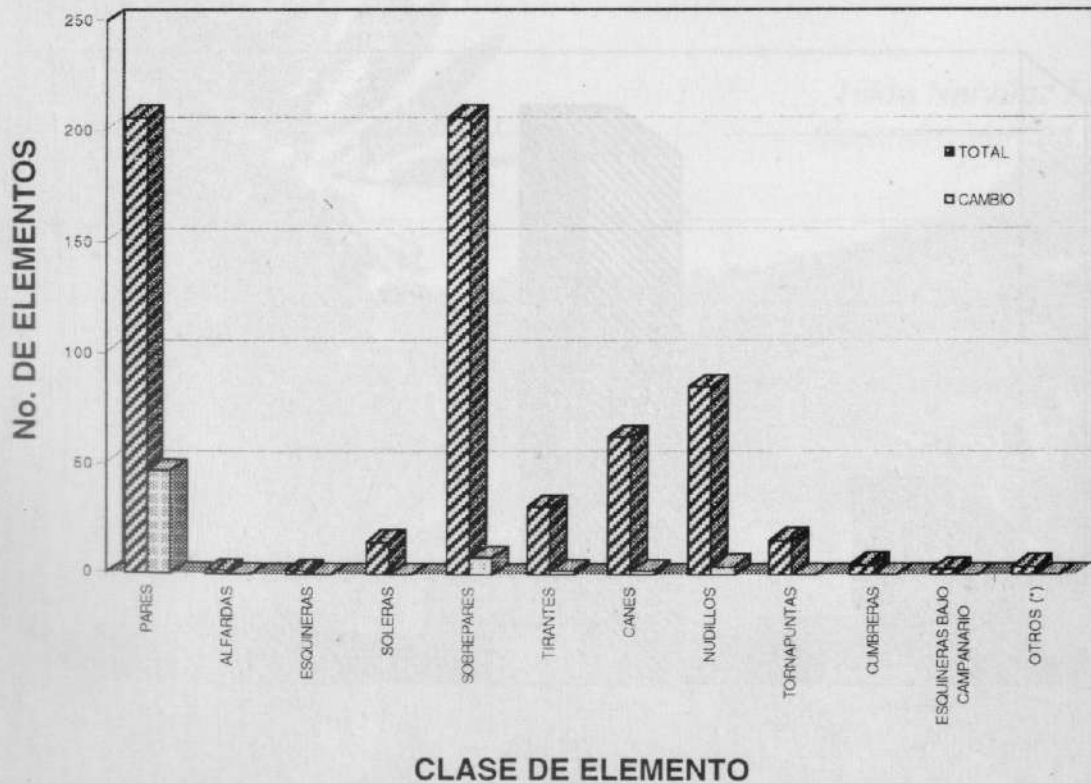
ELEMENTOS	TOTAL	CAMBIO	% DE CAMBIO
PARES	16	9	56.25
CORREAS TERMINALES	2	0	0
PARES			
SOLERA SUPERIOR	31	2	6.45
SOLERA INFERIOR	2	0	0
ALFARDAS	1	0	0
CUMBRERAS	1	0	0
OTROS	9	0	0



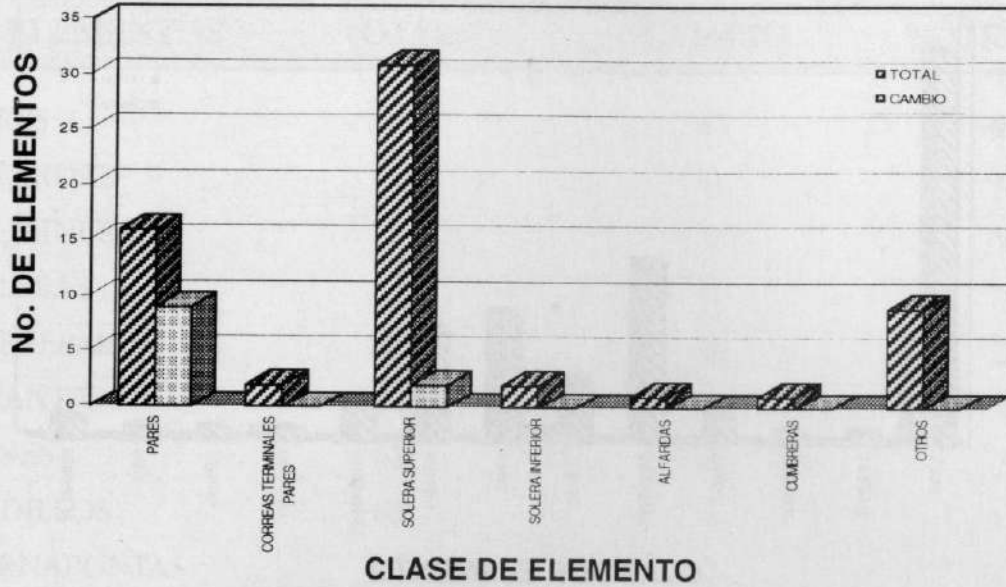
**FIGURA 1**  
**Total de Madera y de cambio por tipo de elemento**  
**-Presbiterio-**



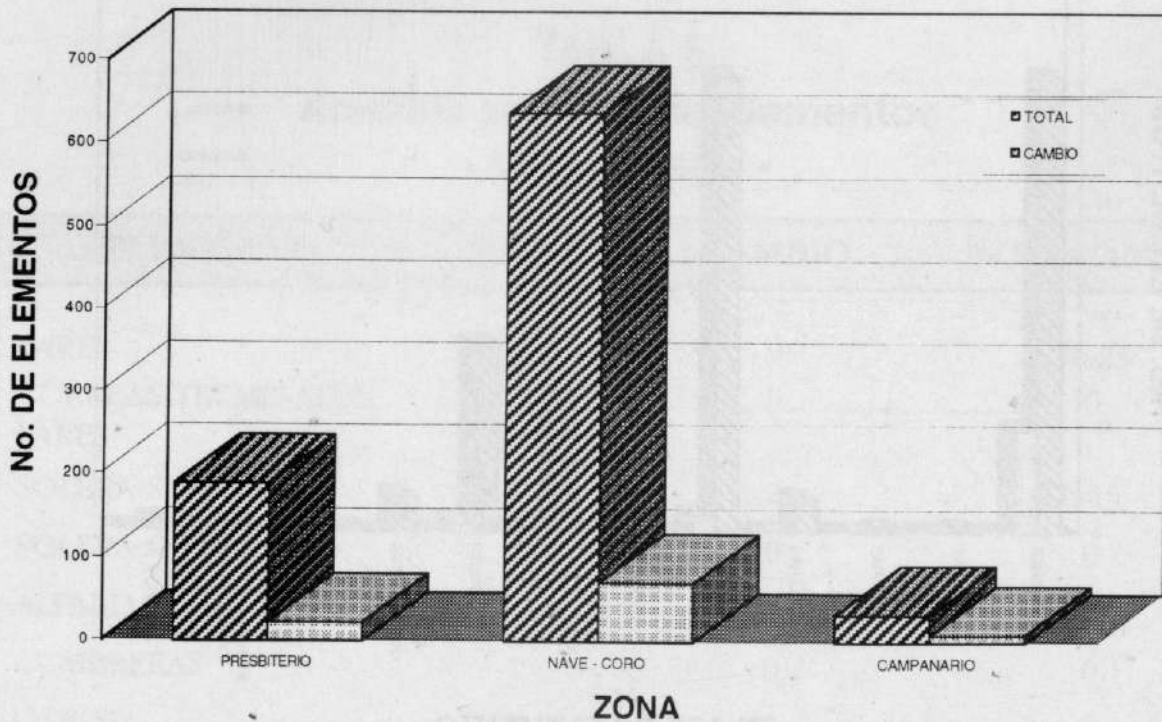
**FIGURA 2**  
**Total de Madera y de cambio por tipo de elemento**  
**-Nave Coro-**



**FIGURA 3**  
**Total de Madera y de cambio por tipo de elemento**  
**-Campanario-**



**FIGURA 4**  
**Relación madera total y madera de cambio en las tres**  
**zonas - Iglesia Museo Santa Clara -**







**Reproducción Vegetativa  
In-Vitro del Abarco**  
*(Cariniana pyriformis Miers)\**

Hilda Narváez Fuentes \*\*  
Alejandro Vargas Mendoza



## RESUMEN



En ensayos realizados en el laboratorio de Fisiología vegetal de la empresa Floramerica S. A. (Funza, Cundinamarca), se obtuvieron los siguientes resultados en la especie abarco (*Cariniana pyriformis*).

Mediante la eliminación de la testa de la semilla con una previa desinfección con etanol al 70% por 3 minutos e hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos, se logró la introducción in-vitro de semillas de abarco con germinación normal.

Utilizando explantes provenientes de semillas germinadas in-vitro, se estableció que el medio de cultivo descrito por Gupta & Durzan (1985), (DCR) presentó

las concentraciones adecuadas para el desarrollo de las yemas apicales y el mantenimiento de los entrenudos.

El medio DCR, suplementado con 4ppm de Kinetina y 0ppm de Benzil-aminopurina (BAP) produjo el óptimo desarrollo en las yemas apicales, con un promedio de siete entrenudos y una yema apical por explante en cada ciclo de producción.

Las concentraciones de 40ppm de Kinetina y 0,4ppm de BAP presentaron los mejores resultados para inducir el crecimiento de las yemas axilares de las hojas del abarco, con un promedio de 1,75 explantes por ciclo de multiplicación.

\* Extracto de la tesis de grado de Ingeniero Forestal, presentada a la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" en noviembre de 1993, dirigida por el Biólogo M. S. Andrés Laignelet Sierra. Cooperación de Floramerica S. A.

\*\* Ingenieros Forestales.



## 0. INTRODUCCION



El abarco es una especie maderable de gran valor económico, con características físico-mecánicas, estéticas y de durabilidad natural excepcionales, que la hacen muy apetecida en el mercado nacional e internacional.

El alto porcentaje de bifurcación (93,4%) del abarco, presentado en plantaciones homogéneas realizados en diferentes sitios del país, disminuye considerablemente el volumen aprovechable de madera apta para la comercialización, convirtiendo la reforestación con esta especie en una inversión con alta incertidumbre económica.

Otros inconvenientes que presenta esta especie son la difícil consecución de semillas, la baja viabilidad de las mismas y la alta variabilidad genética, reflejada en las plantaciones. Algunos de estos

inconvenientes pueden ser superados al disponer de semillas certificadas, provenientes de huertos semilleros, generados a partir de material seleccionado reproducido en forma vegetativa.

Aunque los estudios de cultivo de tejidos in-vitro para especies forestales en Colombia son incipientes, plantean una alternativa potencial para la producción de plántulas genéticamente homogéneas. Por tal motivo, para el abarco fue necesario establecer una metodología para la introducción in-vitro, evaluación de medios de cultivo; así como diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento para la micro-propagación y el enraizamiento.

Estos ensayos se realizaron en los laboratorios de micropropagación y fisiología vegetal de la empresa Floramerica S. A., en Funza, Cundinamarca.

## 1. OBJETIVOS

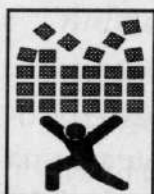


- Propagar por medio de cultivo in-vitro la especie *Cariniana pyriformis* (abarco), utilizando diferentes técnicas hasta conseguir su multiplicación.
- Desarrollar la metodología para la introducción in-vitro de semillas de abarco.
- Determinar el medio de cultivo basal mas apropiado para el establecimiento in-vitro de la especie.
- Determinar las concentraciones óptimas de reguladores del crecimiento (citocininas), para la multiplicación in-vitro de entrenudos y yemas apicales de abarco.

- Determinar la concentración de las auxinas ácido indol butírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA),

apropiadas para la generación de raíces y/o raicillas de los explantes propagados.

## 2. METODOLOGIA



A continuación se presentan las metodologías empleadas para los ensayos de introducción in-vitro, selección de medios de cultivo, multiplicación y enraizamiento.

### 2.1 Ensayo de Introducción In-Vitro

Con el objeto de obtener explantes in-vitro, a partir de plántulas jóvenes, se sembraron semillas en medio basal Murashige-Skoog (MS) a la mitad de sales (tabla 1), con un diseño factorial de  $2 \times 2 \times 2 \times 2$  con 15 repeticiones por tratamiento, en donde los factores fueron:

A: Desinfección común empleada como base y en la que se realiza el siguiente procedimiento (Tabla 2)

- Lavado de semillas con agua clorada durante 15 minutos.
- Inmersión en etanol al 70% por 15 minutos.
- Enjuague con agua destilada.
- Inmersión en hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos.

- Lavados con agua estéril en cámara de flujo laminar.
- Dejar en agua estéril durante 1 hora.

A1: Desinfección con Kilol DF 100 (Tabla 2).

Se utilizó este producto comercial en las dosis y tiempos aconsejados por Triviño et al (1990) y posteriormente se realizó la metodología llamada desinfección común (A).

B: Una vez hecha la desinfección, se procedió a eliminar la testa para los tratamientos que tuvieran este factor.

C: Otro de los factores evaluados fue la eliminación de la luz que se realizó, colocando sobre los frascos con los tratamientos que incluyen esta variable una cubierta de papel de aluminio, los cuales fueron introducidos luego en una bolsa de color negro calibre 6.

D: En el factor de consistencia del medio de cultivo se evaluaron los medios semi-sólido y líquido, con agitación (60rpm).

En este ensayo se evaluó la contaminación y la germinación, (Tabla 3)



**TABLA 1**  
**Medio de Cultivo Murashige & Skoog**

REACTIVO	FÓRMULA	g/litro	1/2 g/litro
Acido Bórico	H <sub>3</sub> B <sub>0</sub> 3	0,0062	0,0031
Cloruro de Calcio	CaCl <sub>2</sub> *2H <sub>2</sub> O	0,44	0,22
Cloruro de Cobalto	CoCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	0,00003	0,000015
Hierro Quelatado Ferric Sodium (salt EDTA)	Fe*Na <sub>2</sub> EDTA	0,03726	0,01863
Molibdato de Sodio	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	0,00025	0,000125
Nitrato de Amonio	NH <sub>4</sub> *NO <sub>3</sub>	1,65	0,825
Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>	1,90	0,95
Sulfato de Cobre	CuSO <sub>4</sub>	0,00003	0,000015
Sulfato de Magnesio	MgSO <sub>4</sub>	0,37	0,185
Sulfato de Manganeso	MnSO <sub>4</sub>	0,0169	0,00845
Sulfato de Zinc	ZnSO <sub>4</sub>	0,0086	0,0043
Yoduro de Potasio	KI	0,00083	0,000415
Fosfato de Potasio	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	0,170	0,085
Myo Inositol		0,1	0,1
Tiamina		0,00004	0,00004
Azúcar Refinada		30	

Agar

El pH será ajustado a 6,0 con Hidróxido de Sodio (NaOH) antes de autoclave,

**TABLA 2**  
**Descripción de los tratamientos para la introducción**  
**in-vitro de semillas de Abarco**

TRATAMIENTO	CUBIERTA	MEDIO	LUZ
<b>DESINFECCIÓN CON KILOL</b>			
IK'	Sin testa	Semi-Sólido	16h
IIK'	Sin testa	Líquido	16 h
IIIK'	Sin testa	Semi-sólido	Oh
IVK'	Sin testa	Líquido	Oh
IK	Con testa	Semi-Sólido	16 h
IIK	Con testa	Líquido	16 h
IIIK	Con testa	Semi-Sólido	Oh
IVK	Con testa	Líquido	Oh
<b>DESINFECCION</b>			
IC'	Sin testa	Semi-Sólido	16h
IIIC'	Sin testa	Líquido	16h
IIIC'	Sin testa	Semi-Sólido	Oh
IVC'	Sin testa	Líquido	Oh
IC	Con testa	Semi-Sólido	16h
IIIC	Con testa	Líquido	16h
IIIC	Con testa	Semi-Sólido	Oh
IVC	Con testa	Líquido	Oh



**TABLA 3**  
**Resultados en porcentajes del ensayo de introducción**  
**in-vitro de semillas de abarco**

TRATAMIENTOS EN EL ANALISIS DE INTRODUCCION				SEM BRA DAS	CONTAMINADAS				GERMINADAS		
					POR HONGO		POR BACTERIA		No.	%	
					No.	%	No.	%			
K I L O L	CON TESTA	CON LUZ	SOLIDO	15	6	40.00	1	6.67	0	0.00	
			LIQUIDO	15	7	4.67	2	13.33	0	0.00	
		SIN LUZ	SOLIDO	15	6	40.00	2	13.33	0	0.00	
			LIQUIDO	15	9	60.00	0	0.00	0	0.00	
	SIN TESTA	CON LUZ	SOLIDO	14	1	7.14	0	0.00	13	92.86	
			LIQUIDO	13	1	7.69	0	0.00	12	92.31	
		SIN LUZ	SOLIDO	13	1	7.69	2	15.38	10	76.92	
			LIQUIDO	13	0	0.00	1	7.69	12	92.31	
	C O M U N	CON TESTA	CON LUZ	SOLIDO	15	6	40.00	0	0.00	0	0.00
				LIQUIDO	15	4	46.67	0	0.00	0	0.00
SIN LUZ			SOLIDO	15	7	46.67	0	0.00	0	0.00	
			LIQUIDO	15	2	13.33	0	0.00	0	0.00	
SIN TESTA		CON LUZ	SOLIDO	12	1	8.33	0	0.00	13	92.86	
			LIQUIDO	13	0	0.00	0	0.00	12	92.31	
		SIN LUZ	SOLIDO	11	0	0.00	0	15.38	10	76.92	
			LIQUIDO	12	0	0.00	0	7.69	12	92.31	

3). **2.2 Ensayos de Medios de Cultivo**

Se realizó un ensayo con un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 20 unidades experimentales.

Se probaron los medios de cultivo descritos por McCown & Lloyd (1981), (McCown's); Driver & Kuniyuki (1984), (DKW): DCR y Murashige-Skoog basal a la mitad de concentración, medios reconocidos para especies forestales, los cuales fueron pesados y preparados de acuerdo a la tabla 4.

**TABLA 4**  
**Preparación de medios de cultivo.**

<b>SALES</b>	<b>MCBS mg/1</b>	<b>DCR mg/1</b>	<b>DKW mg/1</b>	<b>MS/2 mg/1</b>
<b>I NITRATOS</b>				
Nitrato de Amonio	400	400	1.416	825
Nitrato de Calcio * 4H <sub>2</sub> O	386	386,3	1.367	0
Nitrato de Potasio	0	0	0	0
<b>II SULFATOS</b>				
Sulfato de Potasio	990	0	1.559	0
Sulfato de Magnesio Anhidro	180,7	180,7	361,49	90,35
<b>III HALOGENOS</b>				
Cloruro de Calcio Anhidro	75,2	64,14	112,5	166,1
Yoduro de Potasio	0	0,83	0	0,83
<b>IV FOSFATOS</b>				
Fosfato Monobásico de Potasio	170	170	265	85
<b>V HIERRO</b>				
FeNa <sub>2</sub> EDTA * 2H <sub>2</sub> O	37,3	37,3	45,4	18,63
Sulfato de Hierro * 7H <sub>2</sub> O	27,8	27,8	33,8	13,9
<b>VI MICROELEMENTOS</b>				
Acido Bórico	6,2	6,2	4,8	6,2
Acido Molíbdcico * 2H <sub>2</sub> O	0,25	0,25	0,39	0,25
Sulfato de Cobre * 5H <sub>2</sub> O	0,25	0,25	0,25	0,025
Sulfato de Manganeso * H <sub>2</sub> O	22,3	22,3	33,5	19,6
Sulfato de Níquel * 6H <sub>2</sub> O	0	0	0,005	0
Sulfato de Zinc * 7H <sub>2</sub> O	8,6	8,6	0	8,6
Cloruro de Níquel	0	0,025	0	0
<b>ORGANICOS</b>				
Tiamina HCl	0,4	0,4	0,4	0,4
Adenina Hemisulfato				
Myo-Inositol	100	100	100	100
Azúcar	300.000	300.000	300.000	300.000
Agar	8.000	8.000	8.000	8.000



Una vez preparado el medio semi-sólido de cada uno de los tratamientos, se sembraron explantes de yemas apicales y entrenudos de plántulas germinadas in-vitro (Figuras 1 y 2).

En este ensayo, se evaluaron por un período de tiempo de 8 semanas, como principales variables, el porcentaje de supervivencia, oxidación, firmeza, vigor y número de brotes para el caso de las yemas apicales.



**FIGURA 1.**  
*Plántula de abarco de 4 semanas. El Explante es tomado a partir del nudo cotiledonar (hojas verdaderas)*

**FIGURA 2.**  
*Explante de yema apical*



### 2.3 Ensayo de multiplicación

Se sembraron entrenudos (con su respectiva yema axilar) y yemas terminales, en medio basal DCR suplementado con las citocininas Kinetina y BAP como reguladores de

crecimiento, de acuerdo a los diferentes tratamientos como se observa en la tabla 5.

En este ensayo se evaluó estadísticamente la variable número de brotes, a las 4 y 8 semanas de siembra.

**TABLA 5**  
**Tratamientos para el ensayo de multiplicación**

**KINETINA (mg/l)**

		0	0.4	4	40
<b>B</b>	0	T0	T1	T2	T3
<b>(mg/l) A</b>	0.4	T4	T5	T6	T7
<b>P</b>	4	T8	T9	T10	T11

### 2.4 Ensayo de enraizamiento

Se utilizó el medio basal DCR suplementado con las auxinas AIB y ANA en las concentraciones que indica la tabla 6.

Se utilizaron como explantes yemas apicales con dos entrenudos y sus respectivas hojas, a las cuales se les evaluó el número de raíces, raicillas y la presencia de call. Datos tomados mensualmente.

**TABLA 6**  
**Tratamientos para el ensayo de enraizamiento**

**CONCENTRACIONES (mg/l)**

AIB	0	0.5	1	0	0
ANA	0	0	0	0.5	1



### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Ensayo de Introduccion In-Vitro.



Con el fin de obtener material vegetal para la introducción in-vitro, se realizaron múltiples ensayos de desinfección de explantes tomados de estacas y semillas, provenientes del Campamento Forestal Campo Capote en el Carare-Opón INDERENA; ambas desarrolladas en fase de invernadero. Aquí se obtuvieron resultados negativos para los dos casos, debido a la contaminación causada por bacterias identificadas como bacilos gram-positivos y hongos.

Paralelamente se montaron experimentos con semillas, las cuales se sembraron directamente en un medio de crecimiento aséptico.

Los tratamientos en los cuales se empleó el KILOL DF 100, como principal componente de la desinfección, presentaron la contaminación más alta con hongos y bacterias para los tratamientos de semillas con testa como se puede observar en la Figura 3. El tratamiento "común" presentó contaminación causada por hongos pero en menor porcentaje que el tratamiento con KILOL DF 100 y no presentó contaminación con bacterias.



**FIGURA 3.**  
*Explante de yema Axilar*

Se escogió la desinfección común con etanol al 70% durante 3 minutos e hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos, ya que con este tratamiento se presentaron los menores porcentajes promedio de contaminación (2% por hongos y cero 0% por bacterias) en las semillas sin testa. Para los ensayos con testa se presentó una baja contaminación por hongos (31,66%) y nula por bacterias. Esto se puede comparar con los resultados del producto KILOL DF 100 con un 5,63% de contaminación por hongos y 5,76% por bacteria en el caso de semillas sin testa y con testa fue mayor con 46,66% por hongos y 8,33% por bacterias.

Los tratamientos en los cuales la testa se eliminó fueron los únicos que presentaron germinación con un porcentaje promedio de 93,3%, además de una rápida germinación (6-8 días). La germinación en invernadero tardó 10 días más y la reportada por la literatura 13 días más.

Se escogió como medio de soporte el semi-sólido, ya que las características de forma y vigor de la plántula obtenida fué mejor que la presentada en el medio líquido, en el cual se observó falta de tropismo positivo y en algunos casos vitrificación.

El tratamiento escogido (medio semi-sólido, con luz y sin testa), además de presentar una contaminación baja, mostró las mejores características en el desarrollo de la plántula en cuanto a

vigor, color y forma.

### 3.2 Ensayo de Medios de Cultivo

Los explantes que presentaron crecimiento fueron las yemas terminales con el aumento de una o más nuevas hojas, mientras que los explantes de entrenudos con una hoja no presentaron crecimiento. Solamente se evaluó su vigor, viabilidad y oxidación durante las dos lecturas realizadas, escogiéndose el tratamiento DCR que presentó la mayor cantidad de explantes vivos, con menor oxidación y mayor vigor, así como el mejor desarrollo de las yemas.

Los explantes no presentaron contaminación, debido a que fueron obtenidos de plántulas germinadas in-vitro, con la metodología desarrollada..

El medio de cultivo que presentó menor porcentaje de mortalidad fué el DCR, con un 10%, después de 8 semanas de evaluación; el segundo mejor medio fué el McCown con un 23,3%, el tercero DKW con un 46,6% y el último con 53,3% perteneciente al Murashige & Skoog 1/2.

La variable oxidación presentó iguales valores en porcentaje para los tratamientos DCR y Mc'Cown con 13,4% siendo bueno este resultado ya que de 30 explantes sólo se oxidaron cuatro; seguido por el medio DKW con 46,67% y MS 1/2 con 56,67%.

Análisis realizado por comparación de



porcentajes entre los tratamientos.

De acuerdo al análisis estadístico realizado a la variable firmeza, se encontró que los medios DCR y Mc'Cown fueron los mejores tratamientos, obteniendo las más altas medias de 2,8 y 2,3 respectivamente; en cuanto a la variable vigor, estos mismos medios no presentaron diferencias significativas entre ellos y presentaron las mejores medias con 2,5 para el DCR y 2,23 para el Mc'Cown mientras que el DKW y el MS 1/2 mostraron diferencias significativas con los tratamientos anteriores, más no entre ellos.

Para el número de brotes, el análisis estadístico en las cuatro primeras semanas no presentó diferencia significativa, mientras que para las ocho semanas el medio DCR mostró una gran diferencia entre las medias con un valor de 1,03 comparado con los otros medios de cultivo, concordando con lo observado en el laboratorio.

### 3.3 Reguladores de Crecimiento Citocininas

En los tratamientos de reguladores empleados para la multiplicación, se hizo una división para el análisis en cuanto a lo que fué el comportamiento de los explantes de yemas apicales y yemas axilares. En las primeras se evaluó el número de brotes (nuevas hojas), pero la evaluación de mayor importancia la presentó la inducción del crecimiento de yemas axilares que produjeron brotes;

los cuales una vez se desarrollaron fueron cortados de su parte original y manejados más adelante como plántulas nuevas.

El tratamiento que presentó mejores resultados en el crecimiento de yemas apicales, durante las cuatro y ocho semanas de evaluación, fué el No 2 (4 ppm de KIN±0 ppm de BAP), notándose en la última lectura una diferencia significativa de este tratamiento con los demás, con una medida de ocho brotes, duplicando al segundo tratamiento en el número de entrenudos nuevos.

Para las yemas axilares, el tratamiento con mejor resultado fue el No 7 (40 ppm KIN+ 0,4 ppm de BAP) que presentó desarrollo de la yema axilar, produciendo una planta con buenas características de forma y vigor. A este tratamiento no se le encontró diferencia significativa con el tratamiento No 8 (4 ppm de BAP±0 ppm KIN) de acuerdo al análisis estadístico, pero si con el tratamiento No 4 (0,4 ppm de BAP±0 ppm KIN). (Figuras 4 y 5).

En cuanto al tratamiento No 8 y el No 4, no se encontró diferencia significativa entre ellos, mostrando este último buenas características en su desarrollo.

Los tratamientos No 3 (40 ppm KIN), No 9 (4 ppm BAP±0,4 ppm KIN) y No 10 (4 ppm BAP±4 ppm KIN), el explante de yema axilar sufrió defoliación y se produjo un callo de color café con altos niveles de oxidación y con inducción de necrosis.





**FIGURA 4**

*Ciclo de germinación de la semilla de abarco sin testa en medio semi-sólido Murashige & Skoog a la mitad de concentración.*



**FIGURA 5**

*Desarrollo de un explante de yema axilar de abarco en medio basal DCR suplementado con 0 ppm de Kinetina y 0,4 ppm de BAP*



**FIGURA 6**

*Desarrollo de un explante de yema axilar de abarco en medio basal DCR suplementado con 40 ppm de KINETINA y 0,4 ppm de BAP.*



## 4. CONCLUSIONES



1. El material proveniente de invernadero,, estacas y plántulas, no se pudo introducir in-vitro a causa de contaminación por hongos y bacterias; debido a esto, no se pudo trabajar con material adulto, proveniente de estacas de árboles de 8 años de edad y tampoco con semillas.
2. La eliminación de la testa es el mejor método para la introducción de semillas in-vitro, antecedida por una buena desinfección con Etanol al 70% durante 3 minutos e hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos.
3. Es necesario, para evitar daños mecánicos en el embrión, realizar una vez hecha la desinfección, la inmersión de las semillas en agua estéril por un período de 12 horas, así como también evitar hacer cortes en la radícula para la eliminación de la testa, pues puede presentarse deformación en la raíz.
4. La presencia de luz no incide en la germinación de las semillas sin testa, pero si promueve el desarrollo vigoroso de las plántulas, tal como se pudo observar en el ensayo de introducción in-vitro de semillas.
5. La eliminación de la testa permitió una germinación más acelerada que con los métodos convencionales, como lo indican los resultados del ensayo de introducción in-vitro de semillas.
7. Debido a la baja concentración de sales minerales, el medio de cultivo DCR presentó un bajo valor de oxidación en los explantes.
8. En el experimento de Citocininas, el mejor tratamiento para la multiplicación de yemas apicales fué 4 ppm KIN, presentando una media de ocho entrenudos las ocho semanas, suficiente para un programa de multiplicación.
9. Los mejores resultados en el ensayo de Citocininas para yemas axilares lo presentó el tratamiento con 40 ppm de KIN-0,4 ppm de BAP, con una medida de 1,75.
10. Con altas concentraciones de BAP se produjo gran cantidad de callo, como las obtenidas con las concentraciones de 4ppm en el ensayo de Citocininas.
11. La prueba de enraizamiento no presentó resultados en ninguna de las concentraciones propuestas.
12. Hipotéticamente, con los resultados obtenidos se puede plantear que de cada semilla se puede obtener una

plántula de abarco con una yema apical y cuatro entrenudos. Utilizando el medio basal DCR enriquecido con 4 ppm de KIN-0 ppm de BAP para yemas apicales, con un rendimiento de ocho entrenudos en ocho semanas y 40

ppm de KIN-0,4 ppm de BAP para yemas axilares con rendimientos de 1,75 explantes a las ocho semanas, se pueden decir que al cabo de 32 semanas, se obtienen 184 plántulas a partir de una semilla.

## BIBLIOGRAFIA

**HODSON de JARAMILLO, Elizabeth et al.** (1900). Cultivo de Tejidos Forestales. II *Eucalyptus tereticornis*. Bogotá. Universidad Javeriana-INDERENA-CIID. 121 p.

**HODSON de JARAMILLO, Elizabeth et al.** 1900. Cultivo de Tejidos en Forestales. IV *Tectona grandis*. Informe final. Bogotá. Universidad Javeriana-INDERENA-CIID. 77p.

**MACHADO LOPEZ, Jaime. CASTRO CASTRO, Edgar.** 1976. Estudio analítico sobre el comportamiento de tres especies forestales de la región del Carare-Opón. Tesis. Ingeniero Forestal. Bogotá. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad de Ingeniería Forestal. 235p.

**PINZON, Patricia. NIETO, Victor.** 1987. Propagación vegetativa de

Flormorado por Cultivo de Tejidos in-vitro. Tesis. Ingeniero Forestal. Bogotá. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad de Ingeniería Forestal. 167p.

**ROCA, William M. MROGINSKI, Luis A.** 1991. Cultivo de Tejidos en la Agricultura; Fundamentos y Aplicaciones. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 476p.

**TRIVIÑO DIAZ, Trino.** 1900. Técnicas de manejo de semillas para algunas especies neotropicales en Colombia. Bogotá. CONIF, INDERENA, CIID. 91p.

**WEAVER, Robert.** 1980. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Mexico. Editorial Trillas. S. A. 622p.





**Efecto de la Polyacrylamida en la  
Regulación Hídrica de Plántulas**

*Producidas en viveros forestales\**

Omar Garzón\*\*  
Oriundo Quiroga



## RESUMEN



*n el presente estudio se empleó la Polyacrylamida, polímero altamente hidratable, como regulador hídrico de plántulas de **Cedrela odorata** y **Tabebuia rosea** en fase de vivero, bajo condiciones de invernadero, en la estación forestal "La Florida".*

*El ensayo consistió en adicionar el polímero en dos concentraciones (1,0 y 0,5 kg por m<sup>3</sup> de suelo) y dos tamaños de partícula (1,4 m.m y 0,74 m.m de diámetro) al sustrato de tierra + arena en proporción 2:1 y con la aplicación de dos frecuencias de riego (2 veces por semana y tres veces por semana), conformándose diez (10) tratamientos.*

*El análisis de crecimiento se realizó empleando variables y parámetros de crecimiento. Las variables empleadas fueron: altura de vástago, longitud de la raíz, área foliar, peso seco del vástago y peso seco de la raíz. Los parámetros de crecimiento fueron: tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, cociente de área foliar y relación vástago-raíz.*

*Las mediciones de las variables de crecimiento se sometieron a un análisis*

*de varianza, empleando un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2X2X2 (riego X tamaño de partícula X concentración de polímero). A los ciento cincuenta (150) días de desarrollo vegetativo, las especies ensayadas no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel del 95% de confianza, ni tampoco al compararlos con el tratamiento testigo.*

*El tratamiento tierra + arena, sin adicionar Polyacrylamida y con riego dos veces por semana, presentó los valores más altos para las variables, como para los parámetros de crecimiento evaluados, para ambas especies.*

*El trabajo incluyó la determinación del coeficiente de transpiración mediante el empleo de tres (3) métodos: pesada directa, momentáneo de Stocker y pesadas rápidas, para las dos (2) especies; resultado el tratamiento tierra + arena, sin adición de polímero y con riego de dos (2) veces por semana, el que presentó los valores más altos, y por lo tanto el que mejor regula el agua en las dos (2) especies ensayadas.*

\* Extracto de la tesis de grado de Ingeniero Forestal, presentada a la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", en junio de 1993. Dirigida por el profesor As. Bot. M. S. Hernán Cardozo. Financiación del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA) y la colaboración del laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia.

\*\* Ingenieros Forestales.



## 0. INTRODUCCION



En la obtención de plántulas en viveros forestales se presentan pérdidas considerables, que son mayores en épocas secas, debido principalmente a fallas en el suministro de agua, lo que conduce a altas tasas de mortalidad y a producir material vegetal de baja calidad.

Una de las soluciones a este problema es la instalación de sistemas automáticos de riego, pero aún contando con éstos, no se garantiza completa efectividad debido a daños, mecánicos o daños en el suministro de energía.

Por lo anterior, se hace necesaria la búsqueda de alternativas que complementen los sistemas de riego, de tal forma que se mantenga, disponible el agua

requerida, para las fases de germinación y desarrollo inicial de plántulas en viveros forestales.

Productos sintéticos mezclados con el suelo actúan como reguladores hídricos para las plantas; y han sido estudiados y ensayados con buenos resultados en otros países desde principios de los años 70, pero en nuestro medio esta tecnología no se ha aplicado y es mínima la información que existe.

Uno de estos productos desarrollados para tal fin es la Polyacrylamida; la utilización de este producto regulador de agua en el suelo, con la aplicación de técnicas adecuadas representa un avance en cuanto al incremento de la supervivencia de plántulas a nivel de vivero.

## 1. OBJETIVOS



### 1.1 Objetivo General

Evaluar los efectos de Acrygel mezclado con suelo de vivero para regular la disponibilidad de agua durante el crecimiento inicial de plántulas de *Tabebuia rosea* D. C. y *Cedrela odorata* L.

### 1.2 Objetivos Específicos

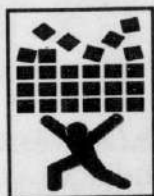
Evaluar los efectos del Acrygel, mezclado

con suelo de vivero en el crecimiento de plántulas de *C. odorata* y *T. rosea* y la transpiración en las especies seleccionadas.

Determinar el manejo del Acrygel, mezclado con suelo de vivero en relación a la cantidad y el tamaño de la partícula de Polyacrylamida y la reducción en frecuencias de riego.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Materiales



#### 2.1.1. Material biológico

En el montaje de los ensayos se trabajó con plántulas cuya altura promedio de la parte aérea fue de 5,0 cms para *C. odorata* y 2,5 cm para *T. rosea*: con número promedio de hojas de dos (2) para ambas especies.

Las plántulas se obtuvieron a partir de semillas certificadas suministradas por el Banco de Semillas de la estación forestal La Florida.

#### 2.1.2. Material químico

Polyacrylamida, conocido comerciante, como siempre viva. Fabricante DOW CHEMICAL Co. Distribuidor: SUQUIN Ltda. gránulo de 0,5 mm a 2,5 mm de diámetro.

Es un polímero sintético de cadena carbonada, estructura reticulada y soluble en agua en amplio rango de condiciones. En su forma sólida presenta aspecto granulado cristalino, altamente higroscópico y de buena estabilidad térmica (hasta 210°C).

Formación y estructura de la Polyacrylamida: Este polímero es el producto de la polimerización del monómero: Acrylamida,  $CH_2 = CH-CO-NH_2$  y un comonomero reticulante  $NN'$  - Metilen- BIS- Acrilamida, usualmente

llamado BIS,  $CH_2 = CH-CO-NH-CH_2-NH-CO-CH=CH_2$ .

Las siguientes son las principales características físico-químicas de la Polyacrylamida en estado sólido.

Las siguientes son las principales características físico-químicas de la Polyacrylamida en estado sólido.

Tipo de producto	: Polyacrylamida reticulada
Contenido activo	: 90% aproximad.
Densidad	: 0,85 g/cm <sup>3</sup>
Forma	: Polvo ó granulado
Color	: Blanco
Retención teórica de agua	: > 400 veces el volúmen inicial
Fitotoxicidad	: Ninguna
pH	: 6 a 7
Rango de temperatura:	30°C a 120°C.
Solubilidad	: Soluble en agua

Otros productos químicos utilizados: Vapan (ditio carbonato - metil-sódico), fungicida líquido. Vitavax 300 (carboxin 2-3 dihidro-6 metil-5 tamil-1-1-4 oxatlin), fungicida en polvo.

### 2.2. Metodología

Dadas las condiciones propias de la investigación, ésta se distribuyó en dos



bloques de investigación, uno para transpiración y el otro para crecimiento, El montaje de este ensayo se llevó a cabo en el invernadero de la estación forestal "La Florida" del INDERENA, ubicada en el municipio de Cota (Cundinamarca), cuyas características generales son: temperatura media 13°C, altitud 2550 m.s.n.m. presión media 752 mb. y humedad relativa 79%.

### 2.2.1. Preparación de los sustratos

De acuerdo con el fabricante una mezcla media posee 1,0 kg de Polyacrylamida por cada m<sup>3</sup> de suelo. De esta forma se optó por trabajar dos (2) concentraciones y dos (2) tamaños de partícula como se puede ver en la Tabla 1

**TABLA 1**  
**Concentración y tamaño de partícula a adicionar al sustrato tierra + arena**

CONCENTRACION (kg/m <sup>3</sup> )	TAMAÑO DE PARTICULA (DIAMETRO EN MM)
1	1,4
0,5	0,74

Se procedió posteriormente, a hacer una mezcla en seco de forma uniforme de tierra + arena + acrygel, para luego llenar bolsas de polietileno de 12 x 24 cm. A las bolsas se les adicionó una capa de suelo de 1 cm; con el fin de evitar la deshidratación del producto debido a las condiciones climáticas.

### 2.2.2. Tratamientos

Preparados los sustratos y determinadas las frecuencias de riego (2 y 3 veces por semana), se procedió a conformar diez (10) tratamientos a los que se les

asignó la siguiente nomenclatura:

Tratamientos: T1R1, T2R1, T3R1, T4R1,  
T1R2, T2R2, T3R2, T4R2.

Testigos: T0R1 Y T0R2.

Donde T0: Tierra + arena (2:1) sin Acrygel.

T1: Tierra + arena (2:1) con Acrygel: concentración 1 kg/m<sup>3</sup> y diámetro de la partícula 1,4 mm.

T2: Tierra + arena (2:1) con Acrygel: concentración 1

kg/m<sup>3</sup> y diámetro de la partícula 0,74 mm.

T3: Tierra + arena (2:1), con Acrygel concentración 0,5 kg/m<sup>3</sup> y diámetro de la partícula 1,4 mm.

T4: Tierra + arena 92:1), con Acrygel concentración 0,5 kg/m<sup>3</sup> y diámetro de la partícula 0,74 mm.

R1: Riego 3 veces por semana.

R2: Riego 2 veces por semana.

### 2.2.3. Transpiración

Para la determinación de la transpiración se emplearon tres métodos para ambas especies, a saber:

- Método de pesada directa o fitómetro: Las medidas de transpiración registradas por Stocker (1956) y Slavick (1974) se basan en la disminución de peso debido a las pérdidas de agua. Para la realización de este ensayo se emplearon 10 plántulas de *Tabebuia rosea* y 10 plántulas de *Cedrela odorata* correspondientes a cada uno de los tratamientos establecidos en bolsas de polietileno negro de 12 x 24 cm, cuya parte superior o superficie de tierra expuesta se cubrió con papel aluminio para evitar las pérdidas de agua por evaporación del sustrato.

Se procedió a pesar diariamente en la mañana, alrededor del mediodía durante quince (15) días.

- Método de pesadas rápidas: Esta metodología expuesta por Stavik (1974) mide la transpiración a partir de hojas o folíolos cortados y luego pesados en cortos intervalos de tiempo.

Utilizando una plántula por tratamiento de las especies *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata*, se cortó, una hoja o folíolo de la parte media de la zona aérea de la plántula, pesándola inmediatamente en una balanza analítica de 0,0001 g de precisión. En seguida, se colocó la hoja en su posición natural dentro de la planta de la cual se tomó; nuevamente se pesó después de pasados dos (2) minutos y luego se procedió a realizar otras pesadas repitiendo el ciclo hasta que alcanzó peso constante la hoja.

Con los datos obtenidos por este método se pudo evaluar la pérdida de agua con respecto al tiempo, que nos indica las fases de transpiración estomática y cuticular.

- Método momentáneo de Stocker (1956): Utilizando una plántula por tratamiento de las especies *Tabebuia rosea* y *Cedrela odorata* y disponiendo de una balanza analítica en el sitio de ensayo, se cortó una hoja de folíolo de cada especie y tratamiento, se pesó y se volvió a colocar en su posición natural sobre la planta de la cual se tomó y se dejó durante un tiempo de dos (2) minutos, se repitió este ciclo hasta que alcanzó



peso constante. Al final se calcó la hoja para posteriormente determinar su área.

Para obtener valores más preciosos se determinó la transpiración de dos (2) hojas de cada tratamiento, que eran semejantes en tamaño, edad, orientación y se promediaron.

Finalmente la transpiración se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\text{Transpiración} = \frac{\text{Pérdida de agua en g/h}}{\text{Area transpirante (2A dm}^2\text{)}}$$

$$\text{Transpiración relativa} = \frac{\text{Transpiración en g/dm}^2/2}{\text{Evaporación en g/dm}^2/2}$$

Si esta relación disminuye, está indicando que hubo cambios en la apertura de estomas.

Se tomó además registro de temperatura, humedad y evaporación dentro del micro-invernadero.

### 2.2.4 Crecimiento

Preparados los sustratos elegidos para este ensayo, se procedió a realizar el llenado de bolsas, clasificándolas en grupos de acuerdo al tratamiento. Posteriormente se eligieron plántulas para ambas especies, teniendo en cuenta calidad y homogeneidad del material vegetal como son: desarrollo radicular,

altura y número de hojas.

#### 2.2.4.1. Diseño experimental

El modelo que más se ajustó, de acuerdo a las condiciones del ensayo, es un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2x2x2 cada uno con dos niveles de riego, tamaño de partícula y concentración; con tres repeticiones.

La unidad experimental está compuesta por 20 individuos o plántulas y se considera como unidad de muestreo una plántula, para un total de 600 unidades (incluyendo testigos).

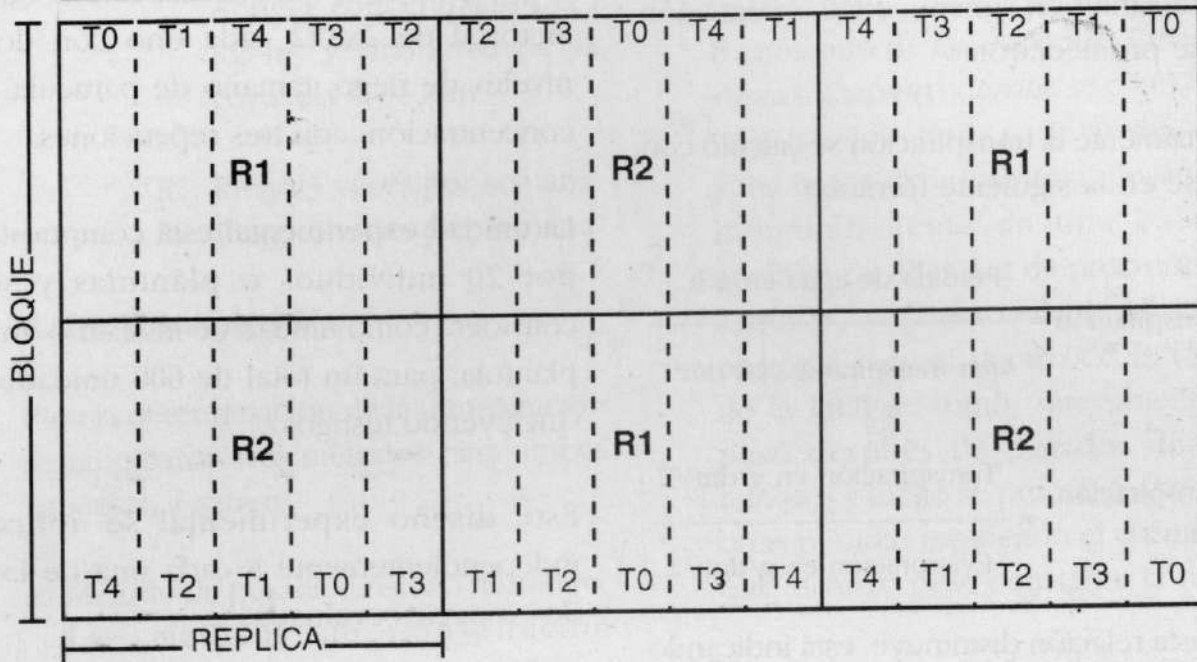
Este diseño experimental se aplicó independientemente a cada una de las dos especies evaluadas.

La distribución de los tratamientos dentro de cada bloque se realizó de forma aleatoria al igual que la asignación de frecuencias de riego (Figura 1).

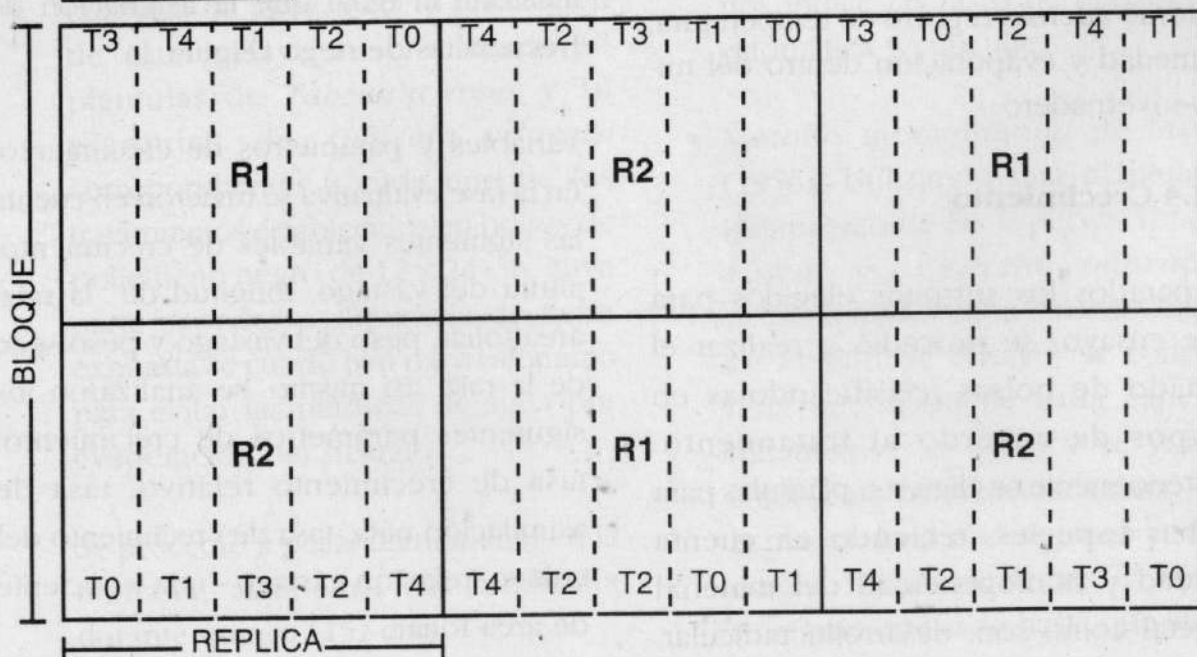
Variables y parámetros de crecimiento: En la fase evaluativa se tuvieron en cuenta las siguientes variables de crecimiento: altura del vástago, longitud de la raíz, área foliar, peso del vástago y peso seco de la raíz; así mismo, se analizaron los siguientes parámetros de crecimiento: tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, relación vástago - raíz y cociente de área foliar.

**FIGURA 1**  
**Distribución de Parcelas para**  
**las Especies Ensayadas**

**Cedrela odorata**



**Tabebuia rosea**





### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Transpiración

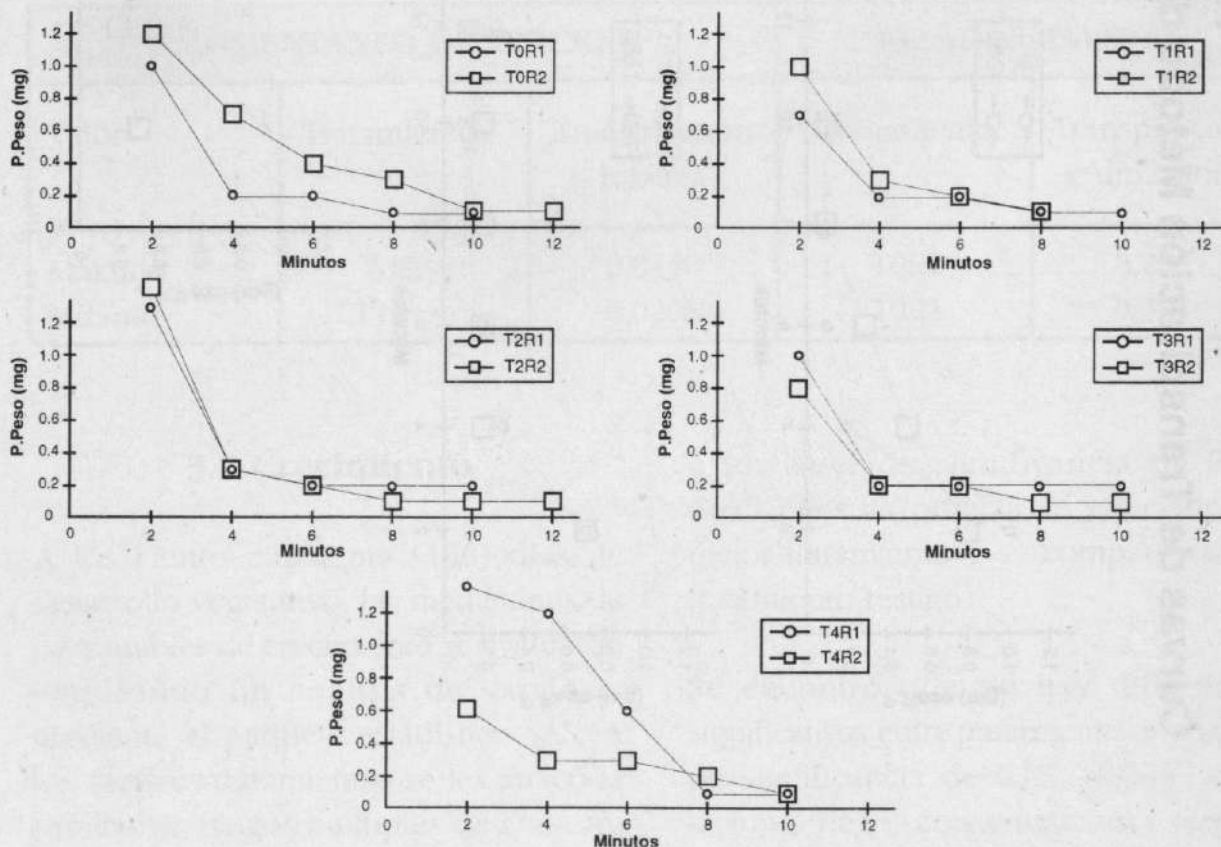


Para medir la transpiración se emplearon los métodos descritos anteriormente. El método de pesada directa, permitió determinar valores de transpiración diaria para cada uno de los tratamientos. Para la especie *C. odorata*, el tratamiento que mayor transpiración diaria presentó por  $\text{cm}^2$  de área foliar fue T0R2 (sin Acrygel, regado dos veces por semana) con  $0,217 \text{ g/cm}^2/\text{día}$ , mientras que T3R2 transpiró solo  $0,105 \text{ g/cm}^2/\text{día}$ .

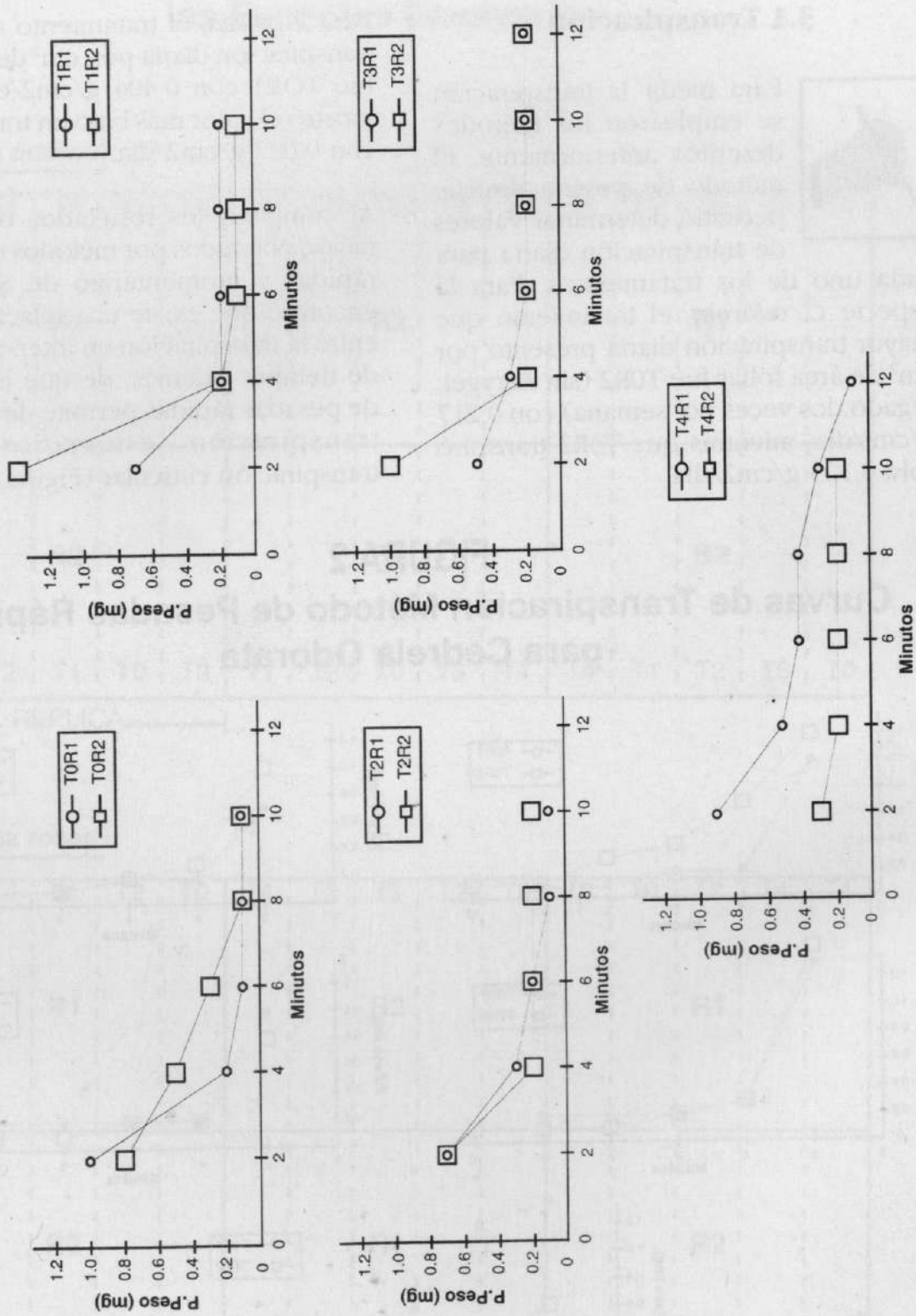
Para *T. rosea*, el tratamiento con mayor transpiración diaria por  $\text{cm}^2$  de área foliar fue TOR1 con  $0,404 \text{ g/cm}^2/\text{día}$  y T1R2 mostró el valor más bajo en transpiración con  $0,082 \text{ g/cm}^2/\text{día}$ .

Al comparar los resultados de transpiración obtenidos por métodos de pesadas rápidas y momentáneo de Stocker, se encontró que existe una relación directa entre la transpiración en intervalos cortos de tiempo. Además, de que el método de pesadas rápidas permite diferenciar la transpiración estomática de la transpiración cuticular (Figuras 2 y 3).

**FIGURA 2**  
**Curvas de Transpiración Método de Pesadas Rápidas para Cedrela Odorata**



**FIGURA 3**  
**Curvas de Transpiración Método de Pesadas Rápidas para *Tabebuia Rosea***





Las Tablas 2 y 3 resumen la relación entre los dos métodos para cada una de las especies estudiadas, y para los

tratamientos que obtuvieron máximo y mínimo valor.

**TABLA 2**  
**Transpiración evaluada para *Cedrela Odorata***

MOMENTANEO DE STOCKER			PESADAS RAPIDAS	
Valor	Tratamiento	Transpiración relativa	Tratamiento	Transpiración g/dm <sup>2</sup> /hora
Máximo	T0R2	0,0342	T0R2	0,285
Mínimo	T4R1	0,0235	T0R1	0,216

**TABLA 3**  
**Transpiración evaluada para *Ta bebuia rosea***

MOMENTANEO DE STOCKER			PESADAS RAPIDAS	
Valor	Tratamiento	Transpiración relativa	Tratamiento	Transpiración g/dm <sup>2</sup> /hora
Máximo	T0R2	0,0450	T0R2	0,285
Mínimo	T1R1	0,0298	T0R1	0,301

### 3.2 Crecimiento

A los ciento cincuenta (150) días de desarrollo vegetativo, las mediciones de las variables de crecimiento se evaluaron empleando un análisis de varianza, mediante el paquete estadístico SAS. A los mejores tratamientos se les aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan,

a un nivel de significancia de 0,05; mediante esta prueba, se seleccionó el mejor tratamiento y se comparó con el tratamiento testigo.

Se encontró que no hay diferencias significativas entre tratamientos a un nivel de significancia de 0,05, debido a los factores riego, concentración y tamaño



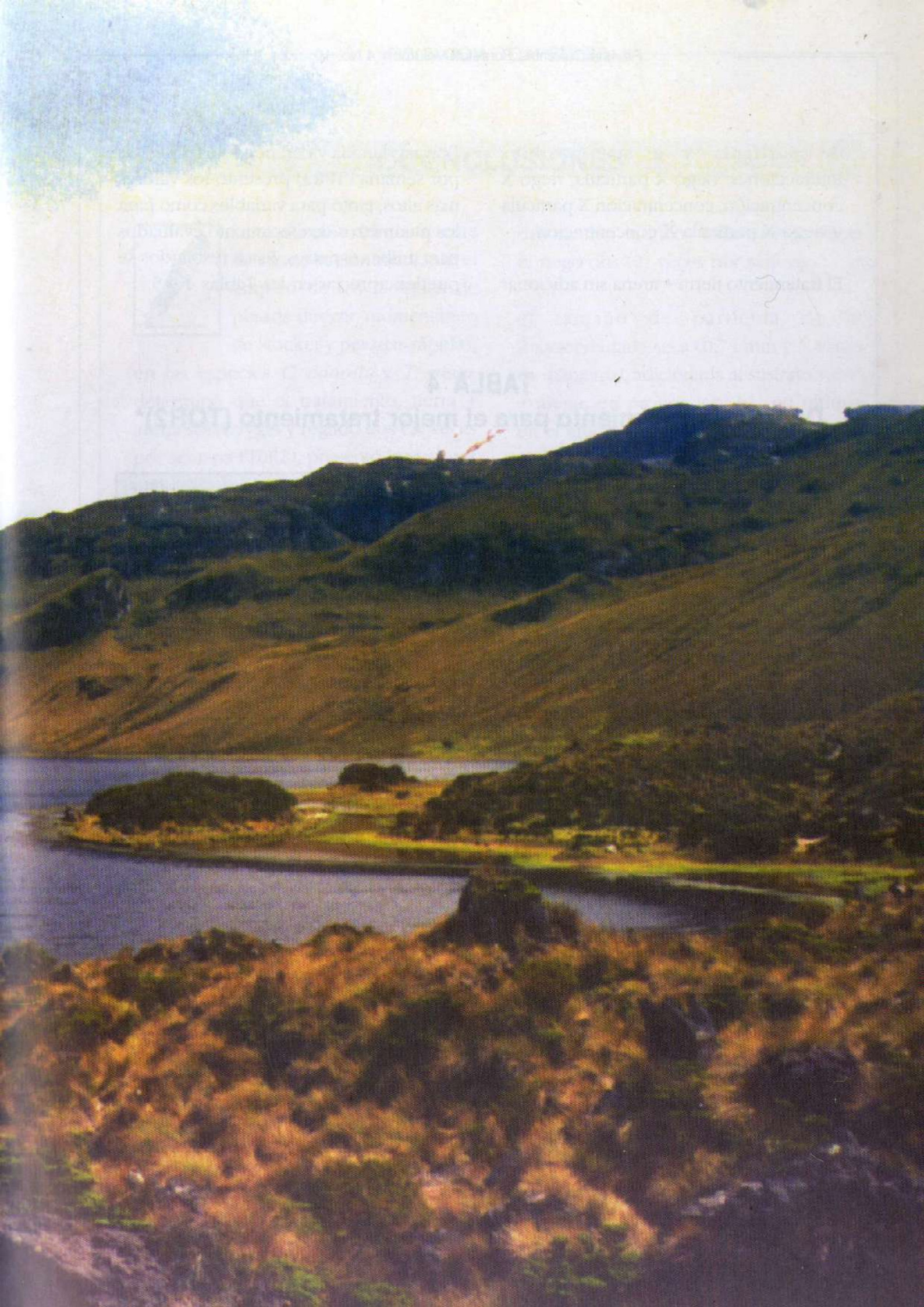
**Yo te interrogo, sal de los caminos,  
muéstrame la cuchara, déjame, arquitectura,  
roer con un palito los estambres de piedra,  
subir todos los escalones del aire hasta el vacío,  
rascar la entraña hasta tocar el hombre.**

**Pablo Neruda**

*(Alturas de Machu Picchu)*









de partícula y a sus posibles interacciones: riego X partícula, riego X concentración, concentración X partícula y riego X partícula X concentración.

El tratamiento tierra + arena sin adicionar

Polyacrylamida y con riego dos (2) veces por semana (TOR2) presentó los valores más altos, tanto para variables como para los parámetros de crecimiento evaluados para ambas especies. Estos resultados se pueden apreciar en las Tablas 4 y 5.

**TABLA 4**  
**Datos de Crecimiento para el mejor tratamiento (TOR2)\***

Especie	Altura del vástago (cm)	Longitud de raíz (cm)	Area foliar cm <sup>2</sup>	Peso seco del vástago (g)	Peso seco la raíz (g)
C. odorata	8,67	10,09	23,55	0,149	0,111
T. rosea	5,50	13,67	7,56	,076	0,60

\* Sin Acrygel y con riego dos (2) veces por semana.

ESPECIE	TCR	TAN	TCC	VAR	CAP
	g/día	g/cm <sup>2</sup> /día	g/cm <sup>2</sup> /día		cm/g
C. odorata	0,018	2,06 x 10 <sup>-4</sup>	6,7 x 10 <sup>-5</sup>	1,23	100,7
T. rosea	0,021	3,3 x 10 <sup>-4</sup>	3,6 x 10 <sup>-5</sup>	1,42	56,81

\* Sin Acrygel y con riego dos (2) veces por semana.

**CONVENCIONES:**

- TCR: Tasa de crecimiento relativo
- TAN: Tasa de asimilación neta
- TCC: Tasa de crecimiento del cultivo
- VAR: Relación vástago - raíz
- CAF: Cociente de área foliar



## 4. CONCLUSIONES



La evaluación del coeficiente de transpiración mediante el empleo de los métodos de pesada directa, momentáneo de Stocker y pesadas rápidas, en las especies *C. odorata* y *T. rosea*, determinó que el tratamiento, tierra + arena sin Acrygel y regado dos (2) veces por semana (TOR2), presentó los valores más altos y por lo tanto el que mejor regula el agua en las dos especies estudiadas.

Al comparar estadísticamente los resultados de los tratamientos a los que se adicionó Acrygel con los tratamientos testigo, no se encontraron diferencias significativas a un nivel de significancia del 0,05, para ninguna de las variables evaluadas y para ninguna de las dos especies ensayadas.

Al realizar análisis de varianza a los testigos TOR1 y TOR2, no se encontró diferencia significativa a un nivel de 95% de confianza, debido al factor riego, tanto para *C. odorata*, como para *T. rosea*, para ninguna de las variables de crecimiento evaluadas; por lo tanto, desde el punto de vista de producción y disponibilidad

del recurso hídrico, sería mejor aplicar el riego dos (2) veces por semana.

el tamaño de partícula de la Polyacrylamida seca (0,74 mm y 1,4 mm de diámetro), adicionada al sustrato suelo + arena, en proporción 2:1, no influye en el efecto de regulación hídrica, pues al hidratarse el polímero dentro del sustrato, se presentó la tendencia de éste a formar aglomerados de Acrygel.

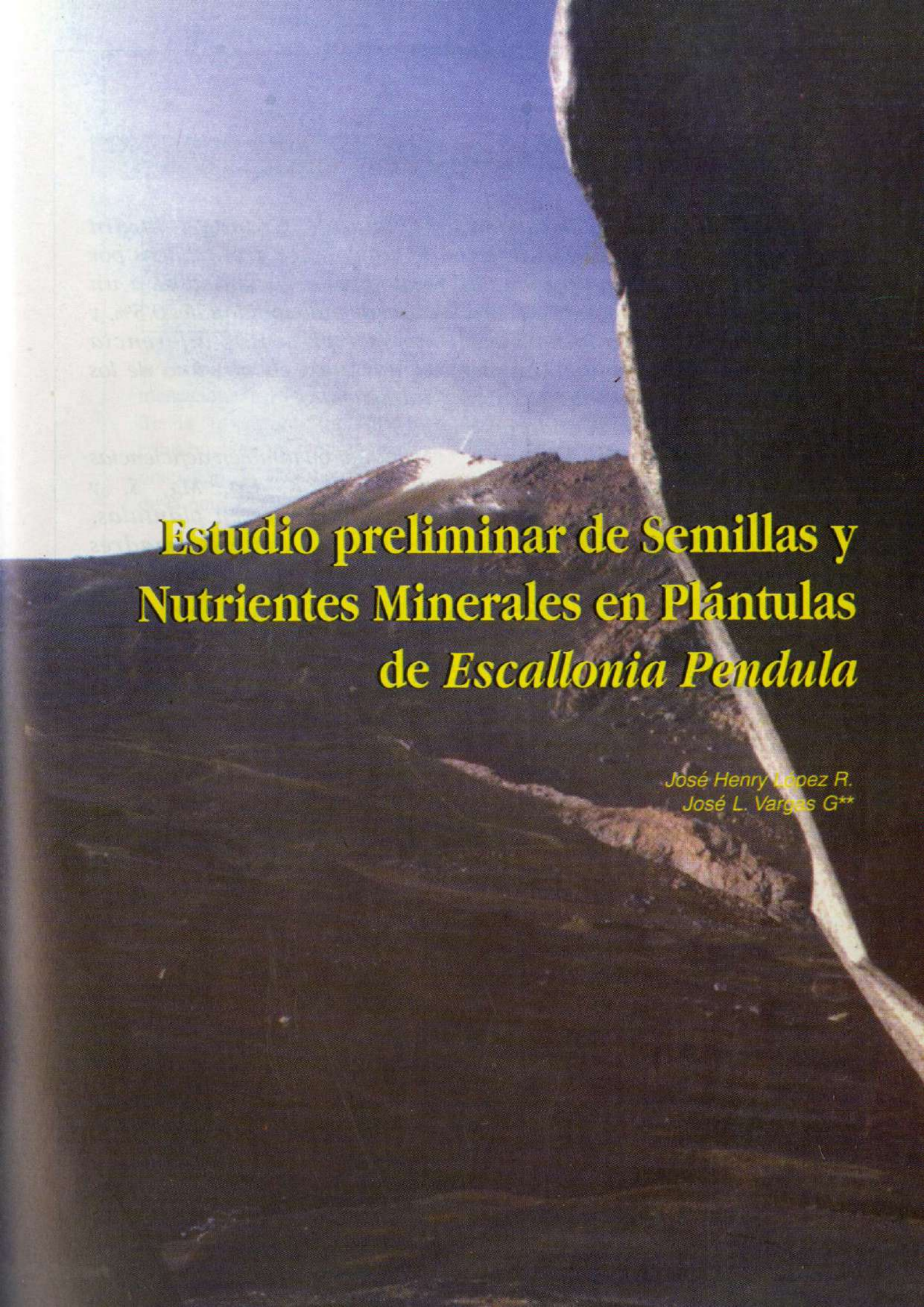
El tratamiento tierra + arena, sin adicionar Polyacrylamida, y regado dos veces por semana (TOR2) presentó los valores más altos, tanto para las variables como para los parámetros de crecimiento evaluados, para ambas especies.

El empleo de la Polyacrylamida, como regulador hídrico, incrementa costos de producción de plántulas en vivero, por lo tanto es conveniente evaluar este aspecto, frente a los resultados obtenidos. Al realizar el ensayo de Acrygel (Polyacrylamida hidratada) este producto incrementó la humedad de los sustratos y por lo tanto, las plántulas en condiciones de invernadero son más susceptibles al ataque de hongos.

## BIBLIOGRAFIA

- BAUMANN, H.** 1969 *Plastoponia: Aplicación de plásticos en la agricultura*. Madrid. Editorial Blume, 285 p.
- CLAVIJO Jairo**, Análisis del crecimiento en malezas. Comalfi. Bogotá, 16 (1): 12-17.
- GATES, D.** 1968 *Transpiración y temperatura de hojas*. Plant Physiology New York. 19 (5): 211-238.
- JARVIS Margaret:** 1964. Las relaciones hídricas de plántulas forestales. *Physiology plantarum*. Stutgard. 17 (3): 654-666.
- KRAMER Paul.** 1974. *Relaciones Hídricas de Suelo y Plantas*. New York Editorial Edutex. 533 p.
- MEDINA Ernesto.** 1977. *Introducción a la Ecofisiología Vegetal*. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas. Editora Eva V. Chesneau, 102 p.
- PATARROYO Fidell**, 1989. Influencia del agua atmosférica y el suelo sobre el balance hídrico de la Planta. Comalfi. Bogotá. 16 (1): 3-11
- RAWISTSCHER Felix.** 1942. Observaciones sobre a metodologia para a estudio da trasnpiracao cuticular em plantas brasileiras, especialmente en *Cedrela fisisilis..* Botanica. Sao Paulo. Impresora comercial. 133 p.
- REICCHARDT K.** 1978. *A agua na producao agricola*. Piracicaba. Editorial Mc Graw Hill. 350 p.





**Estudio preliminar de Semillas y  
Nutrientes Minerales en Plántulas  
de *Escallonia Pendula***

José Henry López R.  
José L. Vargas G\*\*



## RESUMEN

**S**e determinó la calidad de semilla a través de las pruebas rutinarias de ISTA tomando como procedencias el Jardín Botánico de Bogotá y la Quebrada Grande (Boyacá). El estudio se llevó a cabo en los viveros, invernaderos y Unidad experimental del Jardín Botánico. Los resultados de semillas de la procedencia Jardín Botánico fueron: peso de mil semillas 0,031 g., pureza 19,53%, porcentaje de germinación 42,16%, y contenido de humedad 17,45%. Con respecto a la procedencia Quebrada grande (Boyacá) se obtuvo: peso de mil semillas 0,029 g., pureza 35,43%, porcentaje de germinación 45,23% y contenido de humedad 16,53%.

Se utilizó un diseño al azar con arreglo factorial en donde se tuvo en cuenta 2 fuentes de variación: sustrato (tierra, tierra + arena, tierra + musgo), procedencia

(Quebrada Grande y Jardín Botánico), con tres réplicas por tratamiento. Evaluándose a un nivel de probabilidad del 0,5%, y no se presentó diferencia significativa en ninguno de los tratamientos.

Se indujeron también deficiencias de N, P, K, Ca, Mg, S, y micronutrientes en plántulas, usando soluciones madres Hoagland modificadas por Cadena (1987). El N, P, y Mg fueron los macronutrientes que más limitaron el crecimiento y la biomasa, siguiendo en orden de importancia el S y el K. El Ca no limitó el crecimiento y presentó valores mayores que la solución completa, encontrándose los siguientes niveles críticos: N: 1,8 a 2,7%, P: 0,2 a 0,3%, K: 0,05 a 1,3%, Ca 0,4 a 1,6%, Mg: 0,4 a 0,6%, Fe: 349,5 a 1072 ppm., B: 63,3 a 81 ppm, Mn: 203 a 343; Zn: 5,26 a 8,8 ppm y Cu 58,9 a 644 ppm.

\* Extracto de tesis de grado de Ingeniero Forestal, presentado a la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" en diciembre de 1992 y dirigida por el Ingeniero Forestal Jairo Silva, con la colaboración del ICFES y Jardín Botánico de Bogotá.

\*\* Ingenieros Forestales.



## 0. INTRODUCCION



Según lo indicado en el foro sobre Nutrición y Fertilización Forestal, efectuado en Bogotá en 1980, si bien es cierto que hacen falta avances en los estudios y experimentaciones silviculturales; un aspecto de la investigación forestal que contribuye en un modo sustancial, a la obtención de altos rendimientos, es el de la nutrición y fertilización forestal.

La región centro-este del departamento de Boyacá, ha sufrido bastante presión antrópica; por lo cual los ecosistemas naturales se encuentran en muchos sitios degradados. A lo anterior se suma el deterioro que se ha ejercido a estos recursos naturales por parte del sector industrial y minero, siendo catalogada

esta zona como una de las más contaminadas del país.

Observaciones y experiencias previas realizadas por parte del doctor Thomas Vander Hammen y personal técnico del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (1988), han resaltado la importancia de la recuperación de las zonas mencionadas por medio de especies nativas entre ellas el mangle (*Escallonia pendula*), y el roble negro (*Triglobanulus excelsa*), las cuales se encuentran en vía de extinción; de la primera mencionan que es una especie que por sus características ecológicas y silviculturales puede remplazar las especies exóticas con las que se ha venido reforestando esta zona.

## 1. OBJETIVOS



- Determinar preliminarmente la calidad de semilla empleando las pruebas rutinarias de ISTA.

- Registrar el grado de alteración morfofisiológica en plántulas de *Escollonia Péndula* por efecto de la inducción de deficiencias de los bioelementos N, P, K, Ca, Mg, S y oligoelementos en conjunto.
- Confrontar los resultados obtenidos de los análisis foliares con los registros óptimos reportados en literatura.
- Analizar cuantitativa y cualitativamente los resultados obtenidos del estudio de nutrición mineral, con estudios similares realizados en otras especies forestales.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Localización

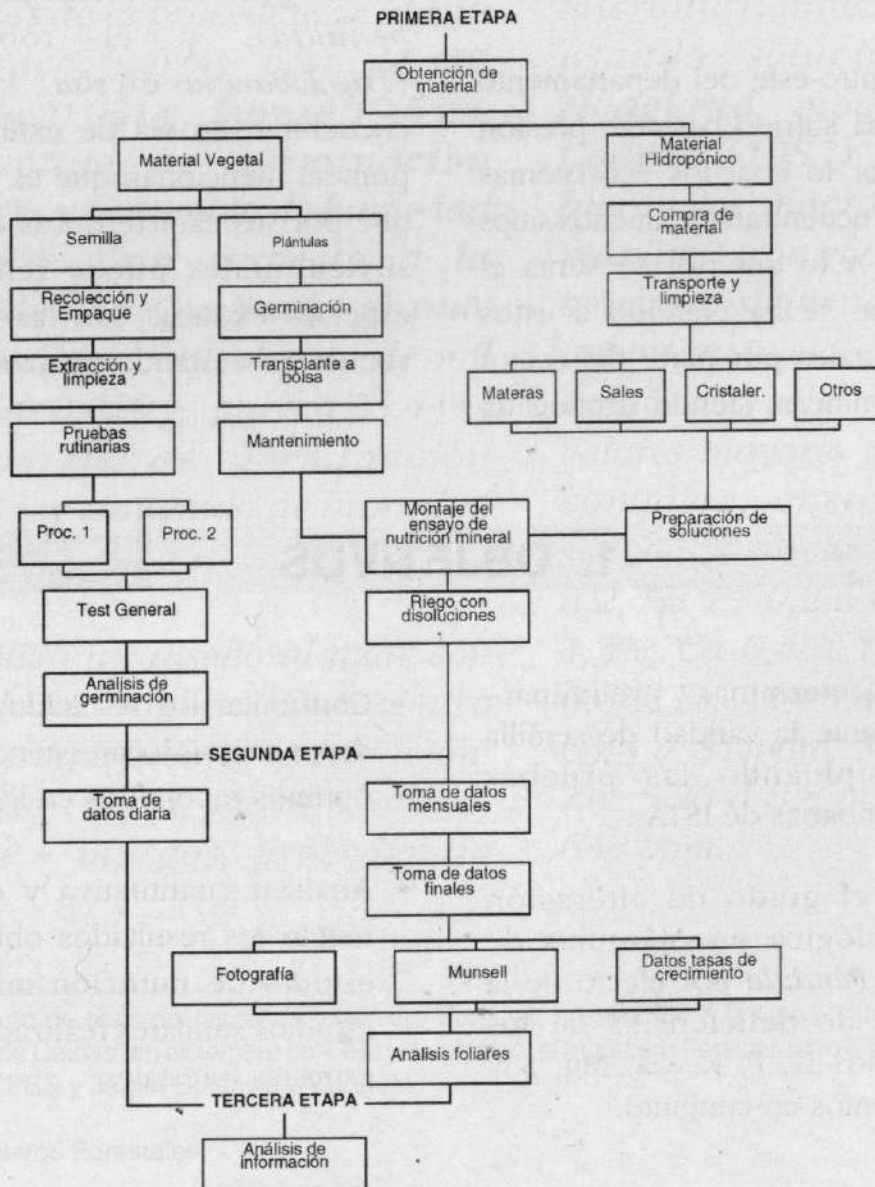


Los ensayos se adelantaron en los viveros e invernaderos y en la Unidad Experimental del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

### 2.2. Métodos y ensayos

Dadas las condiciones propias de la investigación, ésta se dividió en tres etapas como se ilustra en la Figura 1, dividiéndose éstos en dos bloques de investigación; uno para las semillas y otro para el estudio de nutrición mineral.

**FIGURA 1**  
**Fase de la Investigación**





### 2.2.1. Estudio de semillas

Para obtener la semilla se realizó un viaje a la zona de influencia de Quebrada Grande, que baña las poblaciones boyacenses de: Firavitoba, Tibasosa, Corrales; de esta cuenca se recolectaron frutos mediante un muestreo al azar de aproximadamente 53 árboles, los cuales se empacaron, transportaron e identificaron como procedencia uno; luego se procedió a la extracción de semilla, limpieza y descripción general (peso, longitud, diámetro, número de semillas por fruto, color y forma). Paralelamente de árboles localizados en el Jardín Botánico también se recolectaron frutos, a los cuales se les realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito y fueron identificados como procedencia dos.

Para ambas procedencias se realizaron las pruebas rutinarias de ISTA (pureza, peso de mil semillas, contenido de humedad). Para el análisis de germinación en vivero, de la semilla pura obtenida para el test general se tomaron 6,4 gramos de la procedencia 1 (Quebrada Grande), y la misma cantidad de la procedencia 2 (Jardín Botánico). El diseño estadístico que más se ajustó de acuerdo con la distribución de campo, fue el de completamente al azar con arreglo factorial;  $3 \times 2$  en donde se tiene en cuenta 2 factores: sustrato (tierra de vivero, tierra + arena y tierra + musgo), y procedencia (Jardín Botánico y Quebrada Grande), y tres réplicas por tratamiento). Dicho Análisis se evaluó a un nivel de significancia del 0,05%.

Para determinar la significancia entre los tratamientos se aplicó la prueba de

comparación múltiple de Duncan y Tukey, en los porcentajes de germinación de semilla.

### 2.2.2. Ensayo de nutrición mineral

#### 1) *Obtención del material vegetal e hidropónico*

Las plántulas fueron obtenidas a partir de semillas; las cuales fueron trasplantadas a bolsas de 1 kg donde se les practicó riego y mantenimiento durante un período de seis meses, hasta obtener plántulas de un promedio de 6,6 cm de longitud. Finalmente se hizo una selección de las plántulas más homogéneas en cuanto altura y sanidad.

Se utilizó también material de la más alta especificación técnica, con la que se cuenta en la actualidad para el desarrollo de estudios de nutrición mineral, conocido con el nombre de Hidroculture Luwasa innovado por el especialista suizo G. Bawmann.

#### 2) *Obtención de Sales y Agua*

Las sales analíticas empleadas en el ensayo corresponden a la tabla de solución Hoagland modificada por Cadena (1987) (Figura 2). El agua utilizada para la preparación de las soluciones madres fue agua bidestilada que provenía de un bidestilador.

**FIGURA 2**

**Tabla de Soluciones madres utilizadas para el estudio nutricional de *Escallonia pendula***

REFERENCIA	SOLUCIONES MATRIZ		APORTES IONICOS		ml DE DISOLUCION MATRIZ POR LITRO DE DISOLUCION NUTRITIVA							
	[ C ]	S O L U C I O N E S M O L A R			S.C	-N	-P	-K	-Mg	-Ca	-S	-MiC
1	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> •4H <sub>2</sub> O 1 M		P.P.M		Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>							
			Ca	N	410	280,2	20	-	20	20	20	-
2	KNO <sub>3</sub> 1 M		P.P.M		KNO <sub>2</sub>							
			K	N	195,6	140,1	20	-	20	-	20	20
3	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O 1 M		P.P.M		MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O							
			Mg	S	97,2	128,4	8	8	8	8	-	8
4	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1 M		P.P.M		KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>							
			K	P	39,1	62,0	4	4	-	-	4	4
5	NaNO <sub>3</sub> 1 M		P.P.M		NaNO <sub>3</sub>							
			Na	N	115,5	140,1				20		40
6	MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O 1 M		P.P.M		MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O							
			Mg	Cl	97,2	70,93						
7	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1 M		P.P.M		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							
			Na	S	46	128,4					8	
8	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O 1 M		P.P.M		NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O							
			Na	P	23	62				4		
9	CaCl <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O 1 M		P.P.M		CaCl <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O							
			Ca	Cl	410	172,4		20				
10	KCl 1 M		P.P.M		KCl							
			K	Cl	195,6	177,2		20	4			
ELEMENTOS MENORES *					1	1	1	1	1	1	1	-
QUELATO DE HIERRO **												

\* 1,81g MnC<sub>2</sub>, 2,86g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0,22g ZnSO<sub>4</sub>•5H<sub>2</sub>O, 0,08g CuSO<sub>4</sub>•5H<sub>2</sub>O, 0,09g H<sub>3</sub>MoO<sub>4</sub>

\*\* 1 GRAMO DEL COMPUESTO DISUELTO EN UN LITRO DE AGUA (SE APLICÓ FOLIARMENTE)



### 3) *Diseño experimental*

El modelo que más se ajustó de acuerdo a las condiciones del ensayo, fue el de un diseño completamente al azar con tres réplicas por tratamiento (siendo cada réplica una matera) y 9 unidades experimentales en cada matera, los tratamientos tenidos en cuenta para el montaje fueron: solución completa, -K, -Ca, -P, -Mg, -S, -N -Micronutrientes. El ensayo consistió en suministrar todos los bioelementos mayores (y menores), en formulaciones previamente establecidas (1 M), exceptuando uno que aportaba la carencia respectiva.(tratamiento)

### 4) *Medición de variables y parámetros*

Altura del vástago, área foliar, diámetro, longitud de la raíz principal, peso húmedo y seco total, cantidad de

rebrotos, y una descripción de los cambios anatómicos y fisiológicos que se presentaron durante el ensayo. Estas variables se midieron a los siete meses de sembradas las plántulas en las materas.

### 5) *Medición de tasas de crecimiento*

Tasa de crecimiento absoluto y relativo, tasa foliar unitaria, relación vástago raíz, área foliar específica, y cociente de área foliar.

Las muestras para el análisis químico foliar se secaron en una estufa a 120°C durante doce horas y luego se molieron con mazo y mortero; la recolección del material foliar se realizó sobre el tercio medio del volumen ocupado por el follaje y fueron enviadas al laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Resultados de la semilla



Cada fruto contiene en promedio 323 semillas, vienen en una cápsula de 2,63 mm de longitud y 3,26 mm de diámetro; su peso

promedio es de: 0,02006 g, presentando una variación de colores entre amarillo ladrillo y café. Los resultados del test general de semillas, se resumen en la Tabla 1

**TABLA 1**  
**Calidad de semilla de *Escallonia Pendula***

Procedencia	Pureza (%)	Peso de mil semillas (g)	No. semillas puras/kg (en miles)	No. semillas Puras + imp/kg (en miles)	No Semillas viables/kg (En miles)	Germinación (%)	CH (%)
J. Botánico	19,53	0,031	32,258	6,129	13,548	42,16	17,45
Q. Grande	35,43	0,029	34,487	12,068	15,519	45,23	16,53



El AVANA mostró al final que no existe una diferencia significativa entre los valores de las medias de germinación; a un nivel de confiabilidad del 95%.

### 3.2. Ensayo de nutrición mineral

#### 3.2.1. Caracterización de los estados carenciales

- **N:** su característica principal fue el bajo desarrollo en altura y biomasa y la clorosis general de la planta.
- **P:** presentó un alto grado de clorosis en toda la planta y su posterior necrosamiento con presencia de gran cantidad de rebrotes necróticos.
- **Mg:** su característica más importante fue la de presentar moteados púrpuras y una marchitez aparente de la planta.

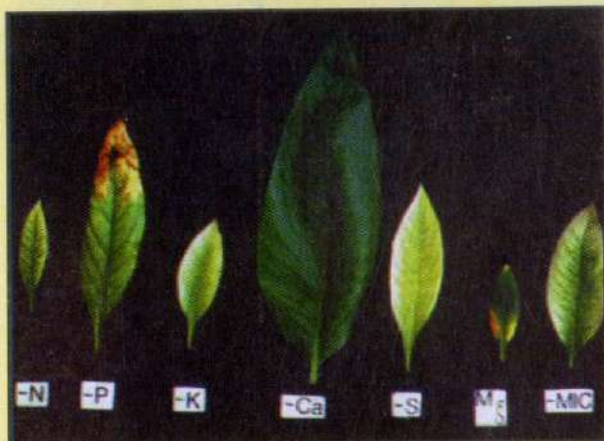


FIGURA 3

Láminas foliares representativas de cada uno de los tratamientos

- **S:** presentó un alto grado de clorosis generalizado en la planta y el necrosamiento de las hojas y yema terminal, además un necrosamiento

en la lámina foliar en forma de perdigones.

- **Ca:** El tratamiento presentó un desarrollo aéreo y de biomasa muy superior al de solución completa y los demás tratamientos; al finalizar el ensayo se presentó alguna clorosis muy ligera, deformaciones y arqueamientos en el tallo.
- **Micronutrientes:** presentó una combinación de sintomatología proveniente de las deficiencias de cada micronutriente, su característica principal fue la de una clorosis intervenal severa y algunas rasgadas en la hoja. (Figura 3)

#### 3.2.2. Análisis estadístico de las variables de crecimiento

Las pruebas de Tukey y Duncan arrojaron que el tratamiento menos calcio, presentó el mayor desarrollo en cada una de las variables medidas a nivel de confiabilidad del 99%, seguido por la media de tratamiento solución completa.

#### 3.4. Análisis de los parámetros de crecimiento

En la tasa de crecimiento absoluto, relativa y de asimilación neta se presentó la siguiente secuencia en orden decreciente.

-Ca > SC > -Micronutrientes > -S > -K > -N > -Mg > -P.

Es de anotar que la solución completa y -calcio presentaron mayores incrementos en peso y área foliar que los demás tratamientos.



### 3.5. Análisis químico de la concentración foliar de los bioelementos

A partir de los datos arrojados del análisis foliar de los bioelementos (se efectuaron 99 niveles de concentración), y mediante el procedimiento estadístico denominado límites de confianza, se obtuvieron los siguientes niveles críticos, a una probabilidad del 0,5%: N: 1,8 a 2,7% MS,

P: 0,2 a 0,3% MS, K: 0,05 a 1,3% MS, Ca: 0,4 a 1,6% MS, Mg: 0,4 a 0,6% MS, Fe: 349,5 a 1072 ppm, B: 63,3 a 81 ppm, Mn: 203 a 343 ppm; Zn: 5,26 a 8,8 ppm y Cu 58,9 a 644 ppm. Además se realizó el estudio de las interacciones N-P-K y Ca-K-Mg mediante gráficas de sistemas ternarios que permitieron confirmar la deficiencia inducida de los bioelementos en cada tratamiento.

## 4. CONCLUSIONES



- El sustrato tierra + musgo fue el más apropiado para la germinación, por conservar mayor humedad, tener alto contenido de materia orgánica y presentar menos fluctuaciones térmicas, permitiendo emerger fácilmente el coleóptilo; a pesar de no ser estadísticamente diferente a los demás tratamientos con un porcentaje de germinación medio de 30,908 a un nivel de confiabilidad del 75,57%.

- En promedio el fruto presenta 323 semillas por fruto, que vienen en una cápsula seca semiesférica, de largo 2,63 mm y diámetro 3,26 mm, siendo su peso promedio de 0,02 g. La procedencia Jardín Botánico presentó una pureza del 19,53%, peso de mil semillas de 0,031 g, porcentaje de germinación de 42,16% y un contenido de humedad del 17,45%. La procedencia Quebrada Grande presentó una pureza de 35,43%, peso de mil semillas de 0,02 g, una germinación del 45,23% y un contenido de humedad del 16,53%.
- En plántulas de *Escallonia pendula*,

las deficiencias de N, P y Mg limitaron fuertemente su crecimiento en altura, producción de biomasa y área foliar, siendo su grado de esencialidad para el metabolismo de la especie muy alto.

- Se obtuvieron los siguientes niveles críticos de concentración (análisis foliar), de los bioelementos en estudio: N: 1,8 a 2,7% MS, P: 0,2 a 0,3% MS, K: 0,05 a 1,3%, Ca 0,4 a 1,6% MS, Mg: 0,4 a 0,6% MS, Fe: 349,5 a 1072 ppm, B: 63,3 a 81 ppm, Mn: 203 a 343; Zn: 5,26 a 8,8 ppm y Cu 58,9 a 644 ppm.
- Comparando el desarrollo de las plántulas de *Eucalyptus saligna*, *Pinus patula* y *Escallonia pendula* en disoluciones nutritivas de solución completa, se observa que la especie en estudio presenta un desarrollo similar al de *P. patula*, pero muy bajo comparado con el de *E. saligna*. Es predecible que en plantaciones, dicho desarrollo se pueda mejorar a través de fertilización y manejo silvicultural.

## 5. RECOMENDACIONES

- Del ensayo general de calidad de semilla se puede deducir que el porcentaje de germinación presentó un promedio de 42,6%, valor muy alto en comparación con la germinación en varios sustratos en el invernadero. Se recomienda la aplicación de tratamientos pregerminativos para elevar el porcentaje de germinación de la especie en estudio.
- El desarrollo de la planta desde semilla hasta plántulas para el trasplante a terreno, presenta un período largo (de año y medio a dos años), lo que implica altos costos económicos en los viveros; por lo tanto, se recomienda realizar fertilizaciones foliares y edáficas, al igual que la obtención de material a través de propagación vegetativa.
- El tratamiento general menos calcio presentó valores en las variables y parámetros de crecimiento mayores al del tratamiento solución completa, por lo que se recomienda realizar estudios de nutrición mineral con diferentes niveles de concentración de este elemento en las disoluciones nutritivas, y la utilización de material proveniente de una reproducción vegetativa para determinar la esencialidad de este elemento de la especie en estudio.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- CADENA, M. E.** 1987. Análisis nutricional de la especie *Cordia alliodora* asociado a hidroponia; Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Distrital. 220 p.
- CARTON DE COLOMBIA.** 1983. Fertilización forestal en el Valle del Cauca. Investigaciones Forestales de Cartón Colombia, Cali. Octavo informe anual. 156 p.
- DELANUSA, J. M.** 1966. Nutrición hidropónica con microelementos, (Mn), B, Mo en *Pinus radiata*, Madrid (Esp.). Ministerio de Agricultura, 345 p.
- ESCOBAR, M.** 1988. Toxicidad de aluminio en *Eucalyptus grandis* y su posible corrección. INDERENA, Medellín. Servicio nacional de protección forestal. No. 3. 70 p.
- ESCOBAR, M y DEL VALLE, J.** 1983. Diagnóstico de deficiencias nutricionales de N,P,K y B en plántulas de *Pinus patula*, INDERENA, Medellín. Investigaciones Forestales. No. 13. 90 p.
- FRESE, F.** 1970. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. México, D.F. Centro Regional de Ayuda Técnica, 130 p.
- KRAMER, J. P.** 1979. Relaciones hídricas suelo, planta, una síntesis moderna. México, D.F. Editorial Offset Universal S.A. 380 p.
- TRUJILLO, E.** 1986. Manual general sobre el uso de semillas forestales. Bogotá (Col.). INDERENA. 84 p.
- ZOTTL, H y TSCHINKEL, H.** 1971. Nutrición y fertilización forestal, una guía práctica. Medellín (Col.), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Forestales. 256 p.





**Determinación de propiedades  
físicas y mecánicas  
de la madera laminada  
(*De tres especies*)**

*Rosalbina Gómez Segura  
Juan Carlos Roncancio  
Chaves \*\**



## RESUMEN



El propósito del presente trabajo fue determinar el comportamiento físico-mecánico de la madera laminada de *Brosimum utile* (sande), *Virola sebifera* (sangreoro) y *Protium heptaphyllum* (caraño) y compararlo con el comportamiento de la madera sólida de las mismas especies.

Adicionalmente se determinó la incidencia de dos encoladores (úrea - formaldehído y cola de res), y tres presiones de prensado (6, 9 y 12 kg/cm<sup>2</sup>) en el comportamiento de la madera laminada.

Los ensayos se realizaron en los laboratorios de tecnología de maderas del Programa de Ingeniería Forestal de la Universidad Distrital, teniendo en cuenta probetas en estados verde

y seco al aire.

El mejor comportamiento se logró en la especie *Brosimum utile*, con 9 kg/cm<sup>2</sup> y encolador úrea - formaldehído.

La madera laminada presenta mayor resistencia, sin embargo en los ensayos de flexión y cizallamiento, la madera sólida la sobrepasa, posiblemente por el encolador, pues la falla más frecuente ocurrió por la línea de cola. No es posible realizar ensayos en verde con cola de res, porque la deslaminación es rápida al realizarse la inmersión en agua.

Los esfuerzos básicos obtenidos, resultaron mayores para madera laminada que para madera sólida, a pesar de la baja calidad de los encoladores utilizados.

\* Extracto de tesis de grado de Ingeniero Forestal, presentada a la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" en noviembre de 1992 y dirigida por el Ingeniero Forestal William Klinger Brahan.

\*\* Ingenieros Forestales.



## 0. INTRODUCCION



En Colombia la industria de la madera laminada tiene un diverso y gran mercado, con productos ampliamente conocidos, los cuales tienen usos tradicionales. Actualmente es reducida la utilización de este tipo de madera en estructuras por cuanto, éstas siempre se fabrican en materiales metálicos, concreto o madera sólida. El uso de la madera sólida tiene como desventajas sus continuos cambios dimensionales y su limitada posibilidad de cubrir grandes luces; desventajas que se reducen cuando se utiliza madera laminada, la que adicionalmente permite

utilizar maderas de relativa baja calidad.

Con el desarrollo de nuevos productos y procesos tecnológicos a partir de la madera como materia prima, se tendrá la posibilidad de aumentar la eficiencia de las actividades forestales y hacer más atractiva la reforestación comercial. En este trabajo se determina el comportamiento físico-mecánico de la madera laminada de tres especies forestales, con parámetros de manejo de mucha importancia como el tipo de encolador y la presión de prensado, que definen algunas condiciones de producción.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo general



Determinar el comportamiento físico-mecánico de la madera laminada de tres especies forestales.

*tium heptaphyllum*, y las diferencias respecto a la madera sólida de dichas especies.

### 1.2. Objetivos específicos

- Determinar y comparar entre sí las propiedades físico-mecánicas de la madera laminada de las especies *Brosimum utile*, *Virola sebifera* y *Pro-*

- Determinar los esfuerzos básicos de la madera laminada de estas especies.

- Establecer las diferencias en el comportamiento físico-mecánico de la madera laminada de una misma especie, por el uso de encoladores y presión de prensado distintos.

## 2. METODOLOGIA



De la producción de chapas de 2,2 mm de espesor, obtenidas del proceso de desenrollado, se hizo una selección, de donde se obtuvieron las probetas para realizar los ensayos. Las especies utilizadas fueron: *Brosimum utile*, *Virola sebifera* y *Protium heptaphyllum*.

Al desenrollar las trozas en el torno, se obtienen tiras de madera de diferente longitud, las que se dejan a una dimensión estándar en la guillotina para luego ser pasadas por la secadora hasta lograr un contenido de humedad entre el 13% y el 15%. con dicho material se elaboraron las probetas, prensando el

conjunto de láminas, el cual variaba de espesor según el ensayo que se fuese a realizar. Para la elaboración de éstas se tuvo en cuenta el tamaño y las variables de la investigación. Las variables independientes fueron: especie, presión de prensado (6, 9 y 12 kg/cm<sup>2</sup>) y encolador (úrea - formaldehído y cola de res), mientras que las variables dependientes fueron las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

En la Tabla 1 aparecen las normas COPANT que se utilizaron para cada ensayo, y que indican la cantidad y dimensión de las probetas y la forma de realizarlos.

**TABLA 1**  
**Normas y Factores de ajuste para los ensayos de tecnología**

Ensayo	Norma Copant	Dimensión probetas (cm)	Factor ajuste 12% humedad	Coefficiente variación (NormaASTM)	Factor ajust. esfuerzo B. (NormaASTM)
Flexión	555	2,5 x 2,5 x 41	5,0	22	2,3
Compresión paralela	464	2,5 x 2,5 x 10	5,0	18	2,1
Compresión perpen.	466	5 x 5 x 15	5,5	28	1,5
Cizallan	463	5 x 5 x 6,5	3,0	14	4,5
Dureza	465	5 x 5 x 15	Lateral 2,5 Extremo 4,0	-	-
Tenacidad	556	2 x 2 x 30	0,5	-	-
Propied. Físic.	460/461 462	3 x 3 x 10	-	-	-



Los resultados obtenidos en los ensayos de propiedades mecánicas fueron ajustados a un contenido de humedad del 12% mediante un factor de corrección para cada ensayo.

Para el análisis estadístico, una vez ajustados al 12% los valores de los esfuerzos, se determinaron los coeficientes de variación, para compararlos con los máximos dados por las Normas ASTM.

Para el cálculo de los esfuerzos básicos, determinados a partir del valor mínimo probable, se utilizó un factor de ajuste, que aparece en la Tabla 1. Los cálculos estadísticos se realizaron mediante el uso del paquete SAS. Los datos obtenidos en este análisis, muestran el mejor comportamiento de especie, presión y encolador por ensayo realizado.

El valor mínimo probable, que se estima por el quinto percentil, al tomar la distribución de t-student dado el número

de probetas ensayadas, es calculado con la siguiente expresión:

El valor mínimo probable, que se estima por el quinto percentil, al tomar la distribución de t-student dado el número de probetas ensayadas, es calculado con la siguiente expresión:

$$5^{\circ}p = X - t Sx / (n - 1)$$

- 5°p : Quinto Percentil
- X : Media del valor de los esfuerzos.
- t : Tabla de Student leída con n-1 grados de libertad y 95% de probabilidad.
- n : Número de probetas
- Sx : Desviación estándar

Las propiedades físicas y mecánicas fueron ubicados en un rango de caracterización dado para cada ensayo, para así establecer diferencias en el comportamiento de la madera laminada con respecto a la madera sólida.

### 3. RESULTADOS



Los resultados de los ensayos tecnológicos realizados, se muestran en la Tabla 2 y su análisis aparece a continuación:

- Las maderas laminadas de las tres especies forestales estudiadas presentan un comportamiento físico muy similar, lo que se manifiesta en sus caracterizaciones. Este comportamiento no se observa entre las especies en la madera sólida, donde

las diferencias en la caracterización, aunque no son muy altas si se hacen visible.

- En los ensayos de propiedades físicas se demuestra que la madera laminada alcanza una mayor estabilidad en su comportamiento físico, debido a que su densidad anhidra es superior a la de la madera sólida; efecto causado por la compresión resultante de la presión utilizada en la elaboración de los conjuntos laminados.

**TABLA 2**  
**Promedio de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera laminada**

<b>UREA - FORMALDEHIDO</b>											
		<b>ENSAYOS</b>			<b>ESTADO SECO AL AIRE</b>						
<b>Especie</b>	<b>Presión Kg/cm2</b>	<b>Propied. físicas</b>			<b>Flex</b>	<b>Compre paral</b>	<b>Compre perp</b>	<b>Cizall</b>	<b>Dureza</b>		<b>Tenac</b>
		<b>Do</b>	<b>CED</b>	<b>Contr.</b>					<b>Later.</b>	<b>Extr</b>	
Sande	6	0,550	1,03	11,44	604,91	438,54	89,38	18,73	439	461	0,62
	9	0,530	1,61	13,42	471,51	632,17	110,99	16,06	307	267	0,39
	12	0,560	1,94	8,67	588,50	466,02	93,51	14,09	353	416	0,48
	Sólida	0,477	1,72	7,19	663,00	439,00	82,00	66,00	317	460	0,54
Sangre toro	6	0,460	1,67	11,91	476,04	357,10	59,68	24,19	702	1170	0,27
	9	0,460	1,56	12,64	549,53	355,89	70,08	25,30	334	483	0,36
	12	0,460	1,19	11,60	553,13	403,78	84,82	29,26	392	516	0,45
	Sólida	0,550	1,90	14,10	582,00	381,00	46,00	72,00	296	471	0,60
Carano	6	0,520	1,45	10,73	421,06	351,25	92,67	45,57	353	521	0,36
	9	0,510	1,75	8,46	571,62	368,36	96,09	47,73	344	525	0,37
	12	0,480	1,48	9,93	398,40	332,93	82,24	49,60	339	428	0,30
	Sólida	0,550	1,27	7,32	-	-	88,00	84,00	328	516	0,49

<b>COLA DE RES</b>								
		<b>ENSAYOS</b>			<b>ESTADO SECO AL AIRE</b>			
<b>Especie</b>	<b>Presión Kg/cm2</b>	<b>Flexión</b>	<b>Compre Paral</b>	<b>Compre Perp</b>	<b>Cizall</b>	<b>Dureza</b>		<b>Tenac.</b>
						<b>Later,</b>	<b>Extr.</b>	
Sande	6	303,84	343,53	72,28	12,07	301	393	0,64
	9	529,02	345,49	91,68	12,82	175	320	0,62
	12	578,15	365,85	91,70	14,68	263	404	0,56
	Sólida	663,00	439,00	82,00	66,0	317	460	0,54
Sangre toro	6	567,75	287,81	56,41	16,35	313	458	0,32
	9	481,03	323,27	64,58	17,21	302	430	0,40
	12	497,89	328,51	70,02	17,89	294	382	0,40
	Sólida	582,00	381,00	46,00	72,00	296	471	0,60
Carano	6	395,23	311,05	65,68	18,37	280	285	0,42
	9	391,65	157,66	51,62	18,30	265	280	0,51
	12	372,58	298,17	53,69	17,76	260	278	0,39
	Sólida	-	-	88,00	84,00	328	516	0,49

<b>UREA - FORMALDEHIDO</b>								
		<b>ENSAYOS</b>			<b>ESTADO VERDE</b>			
<b>Especie</b>	<b>Presión Kg/cm2</b>	<b>Flexión</b>	<b>Compre paral</b>	<b>Compre perp</b>	<b>Cizall</b>	<b>Dureza</b>		<b>Temac.</b>
						<b>later.</b>	<b>Extr.</b>	
Sande	6	206,16	235,38	61,36	14,30	291	304	0,44
	9	114,71	188,78	52,91	12,61	278	316	0,41
	12	284,45	203,49	48,73	10,47	251	301	0,49
Sangre toro	6	159,94	153,09	37,84	12,52	180	212	0,30
	9	269,81	157,66	43,95	14,01	213	196	0,37
	12	297,82	205,06	43,57	16,54	210	286	0,37
Carano	6	195,11	191,50	39,22	19,36	258	295	0,61
	9	268,52	216,00	55,03	22,47	299	355	0,35
	12	198,48	162,89	44,00	22,89	249	276	0,45



- El comportamiento físico de la madera laminada es muy similar al de la madera sólida, respecto a la contracción volumétrica, alcanzando los menores valores en el sande y en el sangretoro con presión de 12 kg/cm<sup>2</sup> y en el caraño con presión de 9 kg/cm<sup>2</sup>; en todos los casos brinda un mayor coeficiente de estabilidad dimensional (CED) en conjuntos laminados.
- El resultado de la comparación de los esfuerzos mecánicos, entre la madera laminada y la madera sólida, demuestra que el sande, con presión de 9 kg/cm<sup>2</sup> y encolador úrea - formaldehído, presentan los valores más altos de resistencia a los ensayos realizados.
- En el ensayo de flexión en estado verde, la reducción en la resistencia es muy notoria, ya que en el momento de aplicar la carga, la probeta presentó una falla muy rápida y siempre por la línea de cola; reafirmando la baja calidad del encolador para resistir la humedad.
- En el ensayo de compresión perpendicular, los mejores resultados se dan en las especies *Brosimum utile* y *Protium heptaphyllum*, con la presión de 9 kg/cm<sup>2</sup> y la *Virola sebifera* con la presión 12 kg/cm<sup>2</sup> con el encolador úrea - formaldehído.
- En la compresión paralela, el sande con presión 9 kg/cm<sup>2</sup> y encolador úrea-formaldehído tiene el mejor comportamiento. Los valores más altos para el sangretoro se dan con la presión 3 y para el caraño con presión 2. Esto permite predecir que las especies en mención tienden hacia un comportamiento similar, para todos los ensayos. Si se toman en cuenta principalmente, los valores más altos de todos los ensayos, es evidente que para las especies sande con 9 kg/cm<sup>2</sup> y sangretoro con 12 kg/cm<sup>2</sup> se sucede este fenómeno.
- El mejor comportamiento en el ensayo de cizallamiento, lo presentó la especie *Protium heptaphyllum*, con presión 3 y el encolador úrea - formaldehído, pero en la totalidad de los casos, las 3 especies fallaron por la línea de cola y en algunos casos con falla por la madera.
- La cola de res es un encolador que presenta algunos valores muy cercanos y en algunos casos, mejores que la úrea - formaldehído en los ensayos mecánicos, pero esto pasa a un segundo plano, al tener tan baja resistencia cuando se ensaya a contenidos de humedad altos.
- En el ensayo de tenacidad, la especie que mejor se comportó fue sande con presión 1, mientras que el sangretoro y el caraño tuvieron valores menores a los de madera sólida.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- Con los datos obtenidos en los ensayos tecnológicos se comprueba una vez más que la resistencia de la madera aumenta al disminuir el

contenido de humedad, excepto para el ensayo de impacto, en donde sucede el fenómeno contrario; hecho que son base conceptual en la tecnología de maderas.

- En la mayoría de los ensayos realizados, la madera laminada que se comportó mejor fue la de la especie *Brosimum utile*, con nueve (9 kg/cm<sup>2</sup>) y encolador úrea - formaldehído, ya que fue con la que se obtuvieron los mayores valores de resistencia.
- Al comparar los valores obtenidos en los ensayos de madera laminada con los de la madera sólida, en la mayoría de los casos la madera laminada presenta mayor resistencia; sin embargo, en los ensayos de flexión y cizallamiento, la sólida sobrepasa a la laminada, lo cual puede atribuirse al encolador, pues la falla más frecuente ocurrió por la línea de cola.
- La caracterización para madera sólida dada por las normas ASTM, aplicada a la madera laminada, permite comprobar la similitud en los resultados; pero en el caso concreto del ensayo de compresión paralela, la madera laminada queda ubicada dentro de los rangos de alto y muy alto, en tanto que la madera sólida queda en mediano, por lo tanto, a pesar de las condiciones no aptas de encolador, la madera laminada es más resistente.
- No es posible realizar ensayos en verde con el encolador de cola de res, porque la deslaminación de las probetas sucede al poco tiempo de realizarse la inmersión en agua; por lo tanto, no se recomienda este encolador para estructuras que estén sometidas a condiciones severas de temperatura y humedad.
- Gran parte de las probetas ensayadas presentaron falla por la línea de cola, a pesar de que en algunos casos soportaron una carga alta. Esto indica que el encolador empleado no presenta las condiciones más óptimas para aplicaciones de tipo estructural.
- En el prensado en caliente, la casi totalidad de agua de los planos de encolado, sale en forma de vapor. En el prensado de frío, esta agua procedente de las líneas de encolado la absorben las chapas de madera, razón por la cual es recomendable realizar un nuevo secado.
- A una presión de prensado mayor de 9 kg/cm<sup>2</sup> se disminuye la resistencia mecánica de la madera, al presentarse



una expulsión excesiva de la sustancia encoladora.

- El secado del conjunto encolado debe realizarse al aire libre durante un determinado tiempo, en forma tal que asegure que la pieza ha alcanzado el contenido de humedad de equilibrio con el ambiente. Por esto es necesario ser cuidadosos en el secado de la madera laminada, porque un proceso

que implique cambios bruscos de temperatura, causa diferentes tipos de alabeos, con el consecuente desprendimiento de las láminas.

- Los esfuerzos básicos resultantes fueron en general más altos para la madera laminada, hecho que puede atribuirse al comportamiento más homogéneo y a la posible inexistencia de defectos en la madera laminada.

## BIBLIOGRAFIA

**ARANGO, I.** et al. 1988. Aplicaciones Estructurales de la Madera Laminada. Bogotá, JUNAC - ANDI - SENA. 85 p.

**CHOW, Z. y MUKAI, H.** 1973. Method infra-red for determination of resin-formaldehy and phenol-formaldehy in table-particle and wood products (sin notas editoriales).

**FEIHL, O et GODIN, B.** 1967. Le pin rouge de plantation essence pour placages et contreplaqués. Canadá. Direction Générale des Forets (sin notas editoriales).

**GUTIERREZ, C.** 1986. Estructuras Arquitectónicas de Madera Laminada. Bogotá (sin notas editoriales).

**JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, JUNAC.** 1982. manual de

Diseño para maderas del Grupo Andino. Lima. JUNAC. 570 p.

**MAHECHA, G.** et al. 1984. Estudio Dendrológico de Colombia. Bogotá. Litografía Arco. 210 p.

**MEJIA, C.** 1985. Vigas Laminadas de cativo (*Prioria copalifera*). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Medellín. Universidad Nacional de Medellín, Facultad de Agronomía, 120 p.

**VELEZ, J.** 1984. Madera, Boletín Técnico Informativo sobre tecnología de maderas. Medellín, Universidad Nacional de Medellín. Facultad de Agronomía. 57 p.

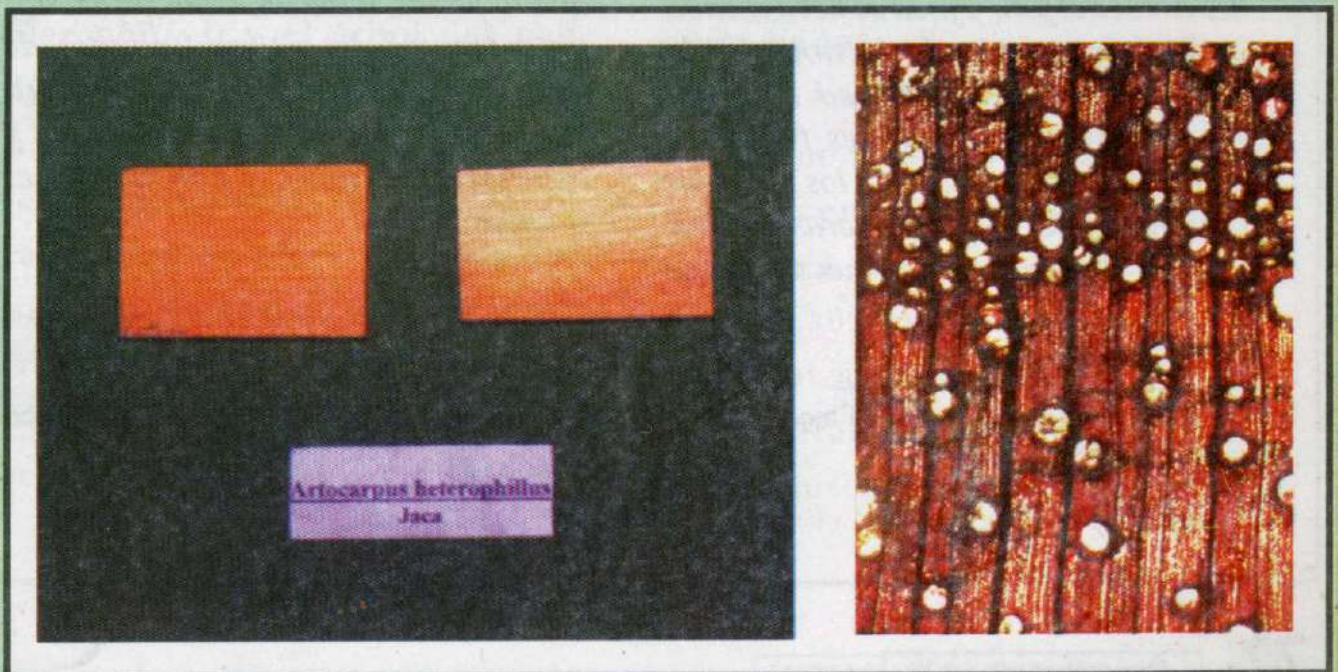
**VILLA, E. y RIVEROS, H.** 1975. Tabla de volumen formal para anime o caraño (*Protium heptaphyllum*) para la región Carare - Opón. Bogotá. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". 145 p.





## Usos potenciales de las maderas del árbol del Pan y Jaca\*

*Liz Farleidy Villarraga Florez\**





## RESUMEN



a universidad Distrital "Francisco José de Caldas", a través del programa de Ingeniería forestal adelanta un proyecto de investigación sobre las especies **Artocarpus altilis** Fosberg y **Artocarpus heterophyllus** Lam. orientado hacia la propuesta de soluciones factibles para el sector rural, relativas al mejoramiento del nivel alimenticio de la familia, a la economía en el sostenimiento de animales domésticos y a la generación de algunos ingresos mediante productos de la madera.

Debido a que no se contaba con información acerca del comportamiento tecnológico de estas especies para determinar posibles usos, se hizo imperativo el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas para fomentar su cultivo, incentivar y motivar su aprovechamiento.

El estudio tecnológico de las maderas del árbol del pan y jaca se llevó a cabo en el laboratorio de tecnología de maderas de la Universidad Distrital. En cuanto a propiedades físicas se determinó la densidad y los cambios dimensionales de las maderas. Para el estudio de propiedades mecánicas se

realizaron los ensayos de Flexión estática, comprensión paralela, comprensión perpendicular, cizallamiento, dureza y tenacidad.

En términos generales la madera del árbol del pan se caracteriza por propiedades físico-mecánicas bajas y el jaca por propiedades físico-mecánicas medianas lo que limita en algunos casos las posibilidades de uso.

Con base en las propiedades tecnológicas de las maderas en estudio y a partir de los usos reportados para especies con características similares se recomienda como usos potenciales del árbol del pan: cajas livianas para empaques, lápices, fósforos, revestimiento de interiores, juguetería, tableros de viruta y ebanistería.

Con respecto a los usos potenciales del Jaca: construcciones normales, ebanistería, carpintería, chapas y triplex, tornería, encofrado, postes de líneas aéreas, muebles, cajas, traviesas, implementos deportivos, mangos de herramientas, listón de pisos, madera clavada, revestimiento de interiores y exteriores, uniones y construcciones navales.

\* Extracto de tesis de grado de Ingeniero Forestal, presentado a la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" 1995.

\*\* Ingeniera Forestal.

## 0. INTRODUCCION



A través de los tiempos la madera ha sido utilizada por el hombre para diferentes fines donde su aprovechamiento ha ocasionado una disminución del recurso; lo cual obliga a buscar alternativas para abastecer de materia prima al sector industrial y doméstico.

Algunas especies llamadas multipropósito, ofrecen posibilidades de uso para alimentación humana y animal, cercas vivas, cortinas rompevientos, control de erosión, protección de márgenes hídricas y madera para la industria.

Entre estas especies se han identificado como promisorias el jaca (*Artocarpus heterophyllus*) y el árbol del pan (*Artocarpus altilis*) con amplio uso en la Costa Pacífica Colombiana y con posibilidades de adaptación y adopción en otras regiones del país. Sin embargo, en Colombia no se cuenta con el conocimiento sobre las procedencias más recomendables, cultivo y aprove-

chamiento de los diferentes productos y servicios de las especies.

La Universidad Distrital, a través del programa de Ingeniería Forestal está adelantado un proyecto de investigación sobre estas dos especies orientado hacia la propuesta de soluciones factibles para el sector rural, relativas al mejoramiento del nivel alimenticio de la familia, a la economía en el sostenimiento de animales domésticos y a la generación de algunos ingresos mediante la venta de productos de la madera.

Con base en información secundaria se pudo establecer que en algunas regiones del mundo como la Polinesia la madera de estas especies es utilizada como madera de construcción y flotación. En Colombia sin embargo, no se tiene tradición en su uso ni se conocen sus características tecnológica; lo cual hace necesario evaluar sus propiedades para determinar su uso comercial y poder ofrecer otras posibilidades dentro de la industria forestal.



## 1. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos



#### 2.1.1 General

-Recomendar los posibles usos que se les debe dar a las maderas de *Artocarpus altilis* y *Artocarpus heterophyllus*.

#### 2.1.2. Espécíficos

- Realizar la descripción anatómica de las especies en estudio.
- Evaluar el comportamiento físico-

mecánica de las maderas del Arbol de Pan y Jaca.

- Caracterizar las maderas de acuerdo con sus propiedades físico-mecánicas.
- Determinar las posibilidades de uso estructural que tienen las maderas del Arbol del Pan y Jaca.
- Suministrar datos que sean útiles en el cálculo de estructuras de las maderas en estudio.

## 2. METODOLOGIA



Para la caracterización anatómica se llevó a cabo la descripción macroscópica y microscópica de las maderas en estudio. En cuanto las propiedades físicas se determinó la densidad anhidra, seca al aire, verde y básica de acuerdo a la norma COPANT 461. Para el análisis de propiedades mecánicas se realizaron los siguientes ensayos: Flexión estática, Comprensión paralela, comprensión perpendicular, cizallamiento, dureza y tenacidad, de acuerdo a las normas COPANT No. 555-464-466-465-463-556.

Los datos obtenidos de los ensayos de propiedades macánicas realizados en

seco al aire se ajustaron al 12% de contenido de humedad, luego se hizo el análisis estadístico para determinar los coeficientes de variación y así poder hallar posteriormente los esfuerzos básicos de acuerdo con los criterios de la distribución de t-student.

Con los resultados obtenidos de los ensayos (Tablas 1 y 2) y a partir de las descripciones macroscópicas y microscópicas del Arbol del Pan (Ver portadilla) y del Arbol de Jaca (Ver portadilla), así como de los usos que se han reportado para maderas de comportamiento similar se llevó a cabo la caracterización de usos para *Artocarpus altilis* y *Artocarpus heterophyllus*.

### 3. RESULTADOS

**TABLA 1**  
**Caracterización de Propiedades Físicas y Mecánicas de**  
***Artocarpus altilis***

CLASIFICACIÓN	VALOR SECO AL AIRE	CARACTERIZACIÓN
DENSIDAD BÁSICA(g/cm <sup>3</sup> )	0,29	
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD	2,03	Moderadamente
DIMENSIONAL C.E.D.(g/cm <sup>3</sup> )		Estable
CONTRACCIÓN VOL. TOTAL(%)	11,13	Mediano
<b>FLEXIÓN</b>		
Módulo de rotura EM(Kg/cm <sup>2</sup> )	573,22	Bajo
Tensión Lím.Propor. ELP(Kg/cm <sup>2</sup> )	272,41	Bajo
Módulo Elasticidad MOE	62796	Muy Bajo
Comprensión Paralela		
Esfuerzo Lím.Prop. RLP(Kg/cm <sup>2</sup> )	265,22	Bajo
Resistencia Máxima RUM(Kg/cm <sup>2</sup> )	269,96	Muy Bajo
<b>COMPRESIÓN PERPENDICULAR</b>		
Tensión Lím.Prop. RLP(Kg/cm <sup>2</sup> )	37,43	Bajo
<b>DUREZA</b>		
Lados(Kg)	131,85	Muy Bajo
Extremos(Kg)	245,79	Muy Bajo
<b>CIZALLAMIENTO</b>		
Resistencia máxima RUM(Kg/cm <sup>2</sup> )	53,2	Bajo
TENACIDAD T(Kg.m/cm <sup>2</sup> )	0,35	Bajo
GRUPO ESTRUCTURAL	--	--



**TABLA 2**  
**Caracterización de Propiedades Físicas y Mecánicas de**  
***Artocarpus heterophyllus***

CLASIFICACIÓN	VALOR SECO AL AIRE	CARACTERIZACIÓN
DENSIDAD BÁSICA(g/cm <sup>3</sup> )	0,51	Mediano
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD		
DIMENSIONAL C.E.D.(g/cm <sup>3</sup> )	1,5	Estable
CONTRACCIÓN VOL. TOTAL(%)	7,78	Bajo
<b>FLEXIÓN</b>		
Módulo de rotura Em(Kg/cm <sup>2</sup> )	965,61	Mediano
Tensión Lím. Prop. ELP(Kg/cm <sup>2</sup> )	685,10	Mediano
Módulo Elasticidad MOE	81411	Bajo
<b>COMPRESION PARALELA</b>		
Esfuerzo Lím. Prop. RLP(kg/cm <sup>2</sup> )	328,64	Mediano
Resistencia Máxima RUM(kg/cm <sup>2</sup> )	412,65	Bajo
<b>COMPRESION PERPENDICULAR</b>		
Tensión Lím. Prop. RLP(Kg/cm <sup>2</sup> )	111,67	Mediano
<b>DUREZA</b>		
Lados(Kg)	513,10	Mediano
Extremos(Kg)	766,36	Mediano
<b>CIZALLAMIENTO</b>		
Resistencia máxima RUM(Kg/cm <sup>2</sup> )	101,38	Mediano
TENACIDAD T(Kg.m/cm <sup>2</sup> )	0,56	Bajo
GRUPO ESTRUCTURAL	C	C

## 5. CONCLUSIONES



De acuerdo con la descripción macroscópica de las especies Arbol del Pan *Artocarpus altilis* y Jaca *Artocarpus heterophyllus* se determinó que la madera de Jaca es de fácil identificación debido al color amarillo característico del duramen. La madera de árbol del pan puede presentar dificultad para su identificación, ya que tiene similitud con especies como el sajo *Camnosperma panamensis* y pavito *Jacaranda copaia*.

Dentro de las características microscópicas que se describen la porosidad circular y los contenidos de los poros hacen diferenciar la madera de Jaca de la madera de Arbol del Pan que presenta porosidad difusa y no tiene contenidos.

A partir de los valores de densidad básica de las especies en estudio, se determinó el grupo estructural al cual pertenecen las maderas. El Jaca ha sido ubicado en el grupo estructural C, lo que favorece su utilización en el diseño de estructuras. El Arbol del Pan no se clasificó en ningún grupo estructural, lo cual no favorece su utilización para tal fin.

Con base en el coeficiente de estabilidad dimensional, el Arbol del Pan se trabajaba mejor en contenidos de humedad entre seco al aire y anhidro, ya que en este rango su comportamiento es estable. El Jaca se comporta mejor en contenidos de humedad entre verde y seco al aire. Las propiedades mecánicas del Arbol del Pan se caracterizan como bajas y las del Jaca como medianas, lo que limita

posibilidades de uso que exijan niveles de alta resistencia.

Con base en las propiedades tecnológicas de las maderas en estudio y a partir de los usos reportados para especies con características similares se recomienda:  
Usos potenciales del Arbol del Pan: cajas livianas para empaques, lápices, fósforos, revestimiento de interiores, juguetería, tableros de viruta y ebanistería.

Usos potenciales del Jaca: construcciones normales, ebanistería, carpintería, chapas y triplex, tornería, encofrado, postes de líneas aéreas, muebles, cajas, traviesas, implementos deportivos, mangos de herramientas, listón de pisos, madera clavada, revestimiento de interiores y exteriores, uniones y construcciones navales.

### ADPOSTAL



*Llegamos a todo el mundo!*

**CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR  
A COLOMBIA Y AL MUNDO  
ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS**

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO  
SERVICIO DE CORREO NORMAL  
CORREO INTERNACIONAL  
CORREO PROMOCIONAL  
CORREO CERTIFICADO  
RESPUESTA PAGADA  
POST EXPRESS  
ENCOMIENDAS  
FILATELIA  
CORRA  
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS  
2438851 - 3410304 - 3415534  
980015503 - FAX 2833345



## 6. RECOMENDACIONES

Para una mayor certeza en los usos propuestos, se recomienda adelantar estudios de trabajabilidad y secado para estas dos especies.

Teniendo en cuenta el coeficiente de

variación, se recomienda para futuros ensayos aumentar el tamaño de la muestra, que para este estudio fue apenas de 20 probetas dadas las dificultades que se tuvieron para su obtención.

## BIBLIOGRAFIA

**DUQUE, J y FAJARDO, M.** 1992. Determinación de las características anatómicas, propiedades físico-mecánicas, de durabilidad natural y preservación de las maderas de Algarrobo, Nazareno y Monoacero. Tesis de Grado. Universidad Distrital. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Forestal. Santa Fe de Bogotá D. C.

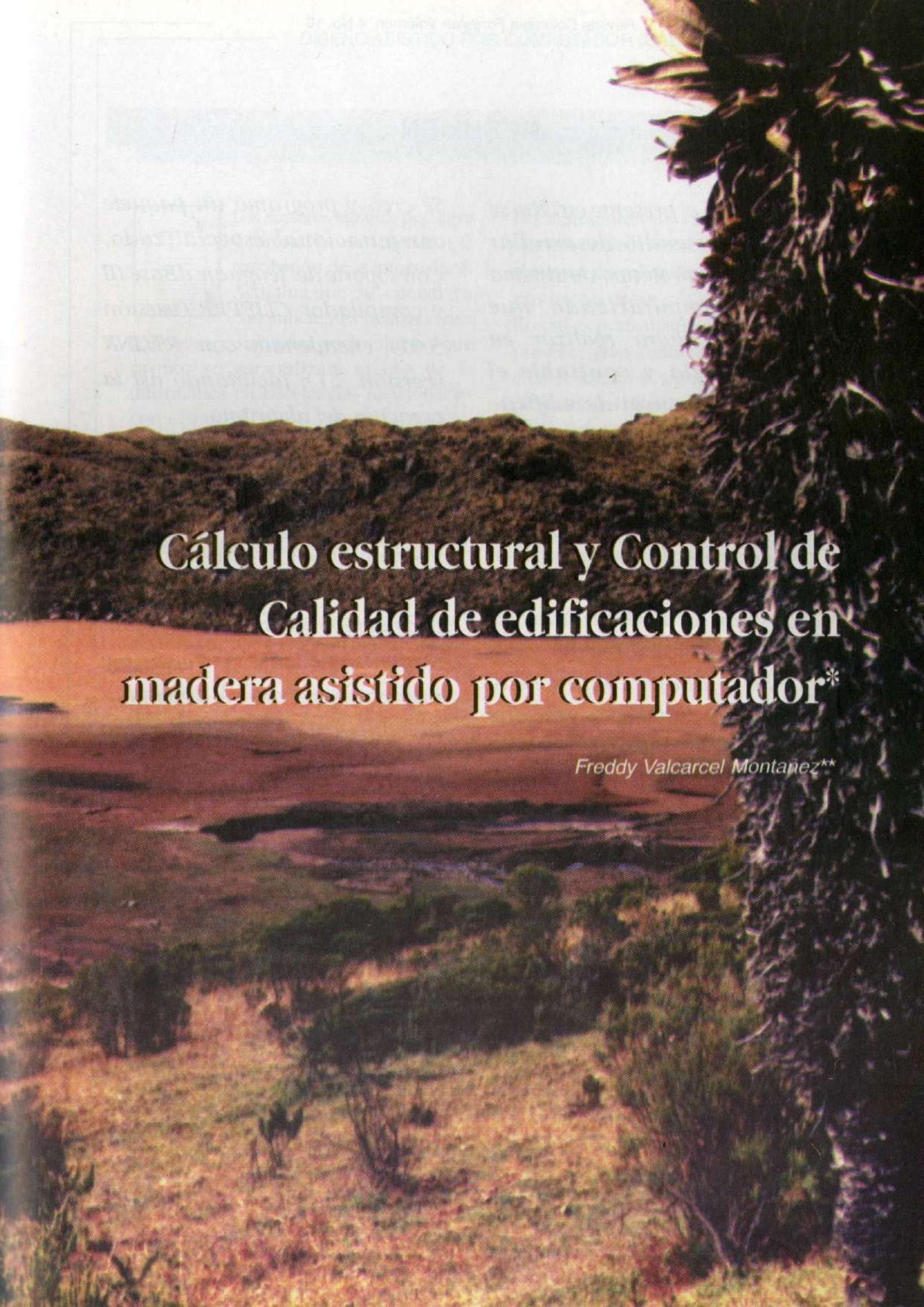
**HOHEISEL, H.** 1968. Determinación de los usos probables de algunas maderas de Colombia con base en los ensayos de propiedades físicas y mecánicas. Instituto Forestal Latinoamericano de investigación y capacitación.

**KLINGER, W.** 1989. Ejercicios sobre propiedades físicas y mecánicas de la madera. Universidad Distrital. Lecturas de Clase No. 8. Bogotá, Colombia. 67p.

———. 1994. Propiedades mecánicas y aplicaciones. Universidad Distrital. Sin editar. Santa Fe de Bogotá D. C. Colombia. 86p.

**LÁSTRA, J. A.** 1986. Generalidades sobre las propiedades físicas y mecánicas y usos posibles de 178 maderas de Colombia. Bogotá. Asociación Colombiana de Ingenieros Forestal (ACIF).





**Cálculo estructural y Control de  
Calidad de edificaciones en  
madera asistido por computador\***

*Freddy Valcarcel Montañez\*\**



## RESUMEN



Con el presente estudio se pretendió desarrollar un prototipo de sistema computarizado que facilitara realizar en forma rápida y confiable el cálculo estructural de edificaciones de una sola planta, construidas a base de madera, y el control de calidad de la misma.

Con base en la información obtenida y con el propósito de conformar la base de datos, se introdujeron inicialmente todas aquellas constantes constructivas, propiedades, coeficientes y factores modificatorios que se necesitarán para calcular las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales, y realizar el control de calidad de la madera utilizada en la construcción de los mismos.

Se creó y programó un paquete computacional especializado. Con soporte del lenguaje dBase III y compilador CLIPPER (versión 5.01), encadenado con RTLINK (versión 3.1); facilitando así la creación del algoritmo.

De otro lado, este estudio permite obtener de manera cuantitativa las magnitudes tridimensionales de los elementos estructurales, en poco tiempo y con alta precisión. Además, permite examinar e inspeccionar el control de calidad de edificaciones en madera, lo que implica una selección y verificación de las tolerancias de la madera aserrada y escuadrada que se vaya a utilizar en la construcción.

\* Extrato de trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Dirigida por el Ingeniero Jairo Angel Moreano. Presentado en abril de 1993.

\*\* Ingeniero Forestal.

## 0. INTRODUCCION



Los sectores agrario, pecuario y forestal no son ajenos a la revolución de la informática. Actualmente, se cuenta ya con suficientes realizaciones concretas, como para poder afirmar que pronto se generalizará el uso de la informática en las ciencias relacionadas con el agro.

Dentro de las posibilidades que ofrece el uso de la sistematización en la ciencia forestal, se puede señalar: el manejo de bosques, control de fuegos e incendios, fertilización, estudios de recursos naturales mediante sensores remotos, inventarios forestales, modelos matemáticos para agro-forestería, anatomía de maderas, y al control y vigilancia de la vida silvestre entre otras (LEIGHTON, 1984). Según lo anterior, se puede notar que a nivel del cálculo estructural y control de calidad de casas en madera, asistido por computador, las investigaciones y experiencias son muy escasas.

De otra parte, sumado a lo anterior, se tiene que la gran mayoría de la población rural y la urbana, en ocasiones construye sus viviendas sin tener en cuenta ninguna norma o especificación técnica en el dimensionamiento de los elementos constructivos; representando un sobre costo en su obra y con altas probabilidades de fallamientos, originados por la falta de cumplimiento de requisitos estructurales.

Normalmente, las construcciones con madera no tienen en cuenta los requisitos mínimos de calidad exigidos para evitar posteriores daños y fallas en la estructura, lo cual es preocupante porque la madera presenta gran cantidad de defectos, los cuales reducen significativamente las propiedades mecánicas de la madera. Estos defectos son tolerables hasta ciertos límites.

La importancia de realizar un prototipo de sistema computarizado para obtener la máxima precisión en la construcción forestal, radica: en que se puede aumentar la eficacia de diseño; se pueden obtener mayores ventajas con respecto al control de calidad de la madera aserrada y escuadrada usada en construcción; se obtiene una mayor agilidad y precisión en el manejo de un gran volumen de información en cuestiones que involucren el diseño de edificaciones con madera, con la finalidad de suplir algunas necesidades de la comunidad rural o urbana.

Debido a lo anterior, el presente trabajo de investigación aplicada se propuso brindar una herramienta que facilite maximizar la eficiencia en el cálculo de los elementos constructivos de una edificación de madera; así como, realizar con precisión y velocidad el control de calidad de la madera a usar en la construcción.



## 1. OBJETIVOS

### Objetivo General



Desarrollar un prototipo de sistema computarizado que facilite realizar en forma rápida y confiable el cálculo estructural de edificaciones de una sola planta, construidas a base de madera, y el control de calidad de la madera utilizada en su construcción.

### Objetivos Específicos

- Crear una base de datos con información básica sobre la madera,

resistencia, elasticidad, tolerancias de defectos, etc.; ya sea estructura–da, modular y recursiva, para que la captura de información sea sencilla y entendible en los computadores.

- Integrar un paquete que a corto plazo contribuya a evitar la sobredimensión del material de construcción utilizado en viviendas de madera.
- Sentar las bases para la utilización del computador, en el control visual de la calidad de la madera utilizada en la construcción de edificaciones.

## 2. METODOLOGIA



Inicialmente se realizó una revisión del software, la cual consistió en evaluar y examinar los programas de computación existentes para estructuras realizados por diferentes autores o instituciones; ya que en el mundo del software, se encuentra una gran gama y variedades de paquetes computacionales referentes a programas estructurales. Todos los paquetes computacionales encontrados, están enfocados generalmente a las construcciones civiles, los cuales muy difícilmente cumplen con las especificaciones y normas ingenieriles para el uso de la madera en construcción.

Por tal motivo, fue necesario programar y crear un algoritmo especializado que satisficiera las necesidades y objetivos del trabajo (ver anexo).

Seguidamente, se elaboró una base de datos necesaria para calcular las dimensiones de los elementos estructurales y el control de calidad de la madera utilizada para la construcción de los mismos.

Para la creación de la base de datos se utilizó el programa de lenguaje dBASE III Plus, que se uso como herramienta de desarrollo para la creación de aplicaciones verticales, permitiendo que

el proceso tomara mucho menos tiempo que el requerido, si los mismos programas se hubieran escrito en algún otro lenguaje de programación de alto nivel.

Para el cálculo estructural y el control de calidad, se uso el lenguaje de programación CLIPPER (versión 5.01) que es un compilador del dBASE que aumenta considerablemente la velocidad con que se puede ejecutar el programa de estudio.

Posteriormente se efectuaron procedimientos de búsqueda en la base de datos, con opciones operacionales que permitiesen calcular las dimensiones del elemento estructural, y aceptara o descartara el elemento mediante el con-

trol de calidad; todo esto, con base en el manual de diseño para maderas del grupo andino.

La programación se hizo en dos módulos o secciones: la estructural y la de control de calidad. En la primera se incluyeron cerchas, uniones, columnas, pie-derechos y vigas. Para la segunda se tuvieron en cuenta los defectos anatómicos, los biológicos y todas aquellas tolerancias exigidas a que se debe estar sujeta el elemento estructural.

Finalmente, el programa se sometió a un proceso de verificación y depuración, con el propósito de comprobar cada una de las selecciones, y para ver si cumplía con las especificaciones técnicas del cálculo.

### 3. RESULTADOS



La base de datos se conformó con la siguiente información: propiedades físicas y mecánicas para las maderas del grupo andino, propiedades de escuadría, coeficientes de longitud y carga admisible por clavo para cizallamiento con pretaladro o doble cizallamiento simétrico, carga admisible de extracción; cargas admisibles para uniones empernadas para doble cizallamiento; factor de reducción de la carga admisible en función del número de pernos por línea

a lo largo del grano de la madera; espaciamiento mínimo para pernos; requisitos de arriostamiento y peso propio de entablados de madera.

Los resultados finales que muestra el programa (Anexo) son los siguientes:

**RESULTADOS DE CERCHAS, ARMADURAS O TECHOS.** Se obtiene el nombre del elemento, la fuerza axial a la cual está sometida cada uno de los elementos; la base, la altura y la longitud de cada uno de los elementos estructurales.



**RESULTADOS DE UNIONES.** Se obtiene el diámetro y la longitud tanto de clavos como de pernos. Además, obtiene el espaciamiento paralelo y perpendicular de clavos y pernos; y por último, el número de clavos y pernos para cada elemento de unión.

**RESULTADOS DE COLUMNAS.** Se obtiene la base, la altura y la longitud de la columna.

**RESULTADOS DE PIE-DERECHOS.** Se obtiene la base, la altura y la longitud del pie-derecho.

**RESULTADO DE VIGAS.** Se obtiene la longitud de apoyo, la base, la altura y la longitud de la viga, el esfuerzo cortante y la estabilidad lateral de la misma.

**RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD.** Se obtiene la aceptación o el rechazo de los elementos estructurales que se van a usar en la construcción, dependiendo directamente si la pieza presenta o no un defecto visual.

Los resultados del programa se presentan en forma resumida en la tabla 1.

**TABLA 1**  
**Resultados obtenidos del programa "Cálculo Estructural y control de Calidad de edificaciones en madera, asistido por microcomputador".**

<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>RESULTADOS</b>
Techos	Nombre del elemento. Fuerza axial de cada uno de los elementos. Base, altura y longitud de cada uno de los elementos.
Uniones	Diámetro y longitud de clavos y pernos. Espaciamiento paralelo y perpendicular de clavos y pernos. Número de clavos y pernos.
Columnas	Base, altura y longitud de la columna.
Pie-derechos	Base, altura y longitud del pie-derecho.
Vigas	Longitud de apoyo. Base, altura y longitud de la viga. Esfuerzo cortante. Estabilidad lateral.
Control de Calidad	La aceptación o el rechazo de los elementos estructurales que se van a usar en la construcción, dependiendo directamente si la pieza presenta o no un defecto visual.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Con base en los resultados obtenidos en el estudio "CALCULO ESTRUCTURAL Y CONTROL DE CALIDAD DE EDIFICACIONES EN MADERA, ASISTIDO POR COMPUTADOR", se concluye:

- En el mercado del software no se encontraron paquetes computacionales que involucracen el análisis estructural para edificaciones en madera.
- Se utilizó el lenguaje de programación dBASE III Plus avanzado con el compilador CLIPPER (versión 5.01) encadenado con RTLINK (versión 3.1).
- El uso del paquete computacional "CALCULO ESTRUCTURAL Y CONTROL DE CALIDAD DE EDIFICACIONES EN MADERA, ASISTIDO POR COMPUTADOR", permite obtener de manera cuantitativa las dimensiones base, alto y largo de los elementos estructurales de una armadura o cercha, así, como la de las columnas, pie-derechos y vigas.
- La realización y creación del algoritmo, permitió concebir un programa específico, permitió concebir un programa específico que realizara el cálculo estructural y el control de calidad de edificaciones en medera, lo que implica una selección y verificación de las tolerancias de la madera aserrada y escuadrada que se va a utilizar en la construcción.
- Se ha logrado la conformación de un paquete sencillo de manejar y sobre todo muy flexible, lo cual permite realizar modificaciones, con el propósito de ampliar su cobertura o depurar el programa cuando se requiera resolver algún problema. El programa permite manejar los módulos independientemente, según sea la necesidad del usuario.
- El programa estructural, presenta las siguientes limitaciones: (A) Sólomente considera hipótesis de cargas vivas y muertas. (B) Considera sólomente ocho (3) tipos de armaduras o cerchas. (C) Contempla los apoyos únicamente en los extremos de la armadura. (D) Realiza los cálculos de vigas con sólomente cinco (5) tipos de apoyos para vigas. Sin embargo, contempla los casos más frecuentemente encontrados en estructuras de madera.

Por ser este un estudio de investigación aplicada, y el primer prototipo específico computarizado; se puede decir, con fundamento en las razones enunciadas, que se recomienda que el paquete computacional sea sometido a modificaciones de tipo software (modificaciones en el programa fuente o algoritmo), con el propósito de disminuir las limitaciones originales y hacerlo de uso más general; al mismo tiempo, que se tienen encuentra un mayor número de condiciones constructivas.



## BIBLIOGRAFIA

**BEAFUAIT W, FRED.** 1977. Análisis estructural. Englewood Cliffs, N. J. ( U. S. A.), Prentice-Hall International Inc., 592p.

**GOMEZ T, PRIMITIVO.** 1984. La informática, una herramienta al servicio del agricultor. Madrid (Esp). Garqui S. A., 258p.

**GOMEZ ESPINEL, FERNANDO.** 1988. Análisis estructural, manual del usuario para el programa TAKABEYA. Bogotá (Col.). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. 55p.

**JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA - JUNAC.** 1980. Cartilla de construcción con madera. Lima (Per). JUNAC. 280p.

\_\_\_\_\_. 1984. Manual de diseño para maderas del grupo andino. Lima (Perú). JUNAC. 640p.

**LEIGTON L, NATALIE.** 1984. El ordenador en el estudio del arquitecto, guía práctica y aplicaciones. Barcelona (Esp.) Salvat editores S. A., 605p.

**PARKER HARRY, M. C.** 1972. Diseño simplificado de estructuras de madera. Mexico D. F. Limusa-Willey., 294p.

**APPLE INC.** 1990. Software universitario latinoamericano para Macintosh - Sulm-. 1990. Cupertino (U. S. A.). Apple Latin America, 72p.

#include "inkey.ch"

FUNCTION EMPRESA (a Top, a Right, a Bottom, aleft, ayuda, color1, color2)

\*Modulo PROTOTIPO DE CAPTURA DE DASTOS POR PANTALLA

LOCAL A, TEMCOLOR:=setcolor (color1), TEMSCREEN:=savescreen (a Top, a Right, a Bottom, aleft), mensaje TEMAREA:=SELECT ( )

public vproyecto, vluz, vdistancia, vArmadura, vEspecie, vcobertura, vCorreas, vGrupo, vEspacia, vEspacia1, vGrupoCol, vAlturaC

public vGrupoVig, vLongiVig, vLuzCA, vEspavig, vLongCim, vEspMuro, vDensid, vEspaVig1, vTViga, vLuzUno, vLuzDos, vPc PUBLICMLINEA, PASO, NOORDEN, NOORDEN1, T, OPTION, INICIO, LINEA, NLINEAS, V, L, CC, MAESTRO, BORRADO, MCOLOR1, MCOLOR2

CC=AA

AA="ESTRUCTURA"

SETKEY K-F1 TO AYUDA0

SETWRAP ON

SETCOLOR TO

SETDELETE OFF

MCOLOR1=COLOR1

MCOLOR2=COLOR2

\*vproyecto Número de proyecto

\*vLuz Distancia horizontal interior entre dos apoyos de una armadura

\*vdistancia Distancia entre armaduras

\*vArmadura Tipo de armadura

\*vEspecie Especie de construcción

\*vCobertura Tipo de cobertura

\*vCorreas Tipo de correas

\*vEspacia Espaciamiento entre correas

\*vEspacia1 Espaciamiento entre correas letras

\*vGrupoCol Grupo de madera para las columnas  
 \*vAlturaC Altura de la columna  
 \*vPc Peso de las Correas  
 \*vGrupoVig Grupo de maderas para las vigas  
 \*vLongiVig Longitud de las vigas  
 \*vLuzCA Luz libre entre cara de apoyos para las vigas  
 \*vEspaVig Espaciamiento entre vigetas  
 \*vEspaVig1 Espaciamiento entre vigetas Letras  
 \*vLongCim Longitud de cimiento  
 \*vEspMuro Espesor del cimiento  
 \*vDensid Densidad del suelo  
 \*vTViga Tipo de Vigas  
 use proyecto.car alias proyecto new  
 use cargrupo.car alias cargrupo new  
 use especie.car alias especie new  
 use armadura.car alias armadura new  
 use cobertura.car alias cobertura new  
 use correas.car alias correas new  
 use cofarmad.car alias cofarmad new  
 index on armadura + coeficiente + barra to cofarmad  
 use espacia.car alias espacia new  
 use cuerdas.car alias cuerdas new  
 use propesc.car alias propesc new  
 use vigas.car alias vigas new  
 \*asignación del archivo maestro

#include "inkey.ch"  
 FUNCTION UNION (a Top, a Right, a Bottom, aleft, ayuda, color1, color2)  
 \*Modulo PROTOTIPO DE CAPTURA DE DATOS POR PANTALLA  
 LOCAL A, TEMCOLOR:=setcolor (color1), TEMSCREEN:=savescreen (a Top, a Right, a Bottom, aleft), mensaje, TEMAREA:=SELECTO  
 public vproyecto, vHumedad, vEspesPla, vdimension, vClavemp, vPc, vcyp, ciz, Nor, Grp, vq, vp, uno, ciz1  
 public vLuz, vdistancia, vArmadura, vEspecie, vcobertura, vCorreas, vGrupo, vEspacia, vEspacia1, fm  
 PUBLICMLINEA, PASO, NOORDEN, NOORDEN1, T, OPTION, INICIO, LINEA,

NLINEAS, V, L, CC, MAESTRO  
 BORRADO, MCOLOR 1, MCOLOR2  
 CC = AA  
 fm = 0  
 AA = ESTRUCTURA"  
 SET KEY K-F1 TO AYUDAO  
 SETWRAPON  
 SETCOLOR TO  
 SETDELETE OFF  
 MCOLOR2 = COLOR 2  
 \*proyecto Número de proyecto  
 \*vHumedad Humedad de la madera  
 \*vEspesPla Espesor de la platina  
 \*vdimension dimension de los clavos  
 \*vClavEmp decide si clavada o empernada  
 use proyecto.car alias proyecto new  
 use cargrupo.car alias cargrupo new  
 use especie.car alias especie new  
 use armadura.car alias armadura new  
 use cobertura.car alias cobertura new  
 use correas.car alias correas new  
 use cofarmad.car alias cofarmad new  
 index on armadura + coeficient + barra to cofarmad  
 use espacia.car alias espacia new  
 use cuerdas.car alias cuerdas new  
 use propesc.car alias propesc new  
 \*asignación del archivo maestro  
 MAESTRO = "proyecto"  
 \*aTop = 5  
 \*aBottom = 19  
 \* Mensaje  
 mensaje = "Subsistema de Cálculo de Armaduras: Manejo de Uniones  
 \*comienzo de líneas  
 INICIO = aTop+5  
 \*Identifica el lugar de la pantalla sobre la cual se hace la actualización  
 MUNEA = INICIO  
 \*Tope de líneas en la pantalla  
 NLINEAS = aBottom - 5  
 \*línea en la pantalla  
 LINEA = INICIO  
 \*sentido en que funciona el archivo  
 PASO = 1  
 ASIGNAR()  
 initvar ()



```

a a Top, a Right CLEAR TO a Bottom, aleft
a a INICIO-5,1 SAY DATE()
a INICIO-3,1 SAY REPLICATE
(CHR(196),75)
SETCOLOR (color)
a NLINEAS + 1,1 SAY if(len(mensaje)>(aleft
- aRight), left(mensaje, aleft - aRight),
mensaje)
SETCOLOR (color1)
DOWHILE.T.
set echo off
set talk off
set escape off
set wrap on
set wrap on
set color to
public sn, fil, col, sw
do while.t.
clear
a 0,20 say 'MODULO DE CONTROL DE
CALIDAD DE LA MADERA'
a 1,0 to 1,79
a 23,0 to 23,79
set color to g/n
a 3,7 to 3,72 double
a 8,7 to 8,72 double
a 3,6 say (chr(213))
a 3,73 say (chr(184))
a 8,6 say (chr(212))
a 8,73 say (chr(190))
a 6,7 to 6,72
a 4,6 to 7,6
a 4,73 to 7,73
a 6,6 say (chr(195))
a 6,73 say (chr(180))
a 4,31 say 'MEDIDAS DE LA MADERA'
a 6,29 TO 8,29
a 6,51 to 8,51
a 6,29 say (chr(94))
a 8,29 say (chr(207))
a 6,51 say (chr(194))
a 8,51 say (chr(207))
set color to w/n+
a 5,14 say '(b) Base'
a 5,35 say '(h) Altura'
a 5,56 say '(1) Longitud'
set color to g/n
store 0 to base, long, altu
a 7,15 get base pict '999.99' valid iif(base =
0,.f.,.t.)
a 7,37 get altu pict '999.99' valid iif(base =
0,.f.,.t.)
a 7,59 get long pict '999.99' valid iif(base =
0,.f.,.t.)
read
a 9,0 to 9,79
cuadro()
a 15,25 say 'Duramen quebradizo si no'
a 16,25 say 'Fallas en compresion si no'
a 17,25 say 'Daño en la médula si no'
a 18,25 say 'Daño en la parenquima si no'
sn = 0
col = 49
fil = 15
sw =.t.
pregun = 1
do while (sn <> 1).and. (pregun <5)
sinos()
pregunta()
fil+=1
pregunt+=1
if (pregun = 3)

```



The image is a cover for a publication. It features a scenic landscape. In the background, a large, densely forested hillside rises against a light sky. A river flows through the middle ground, its surface reflecting the surrounding environment. The foreground is dominated by a large, dark palm tree on the right side, with its fronds reaching towards the top of the frame. The overall color palette is warm, with earthy tones of brown, tan, and green. The text is centered in the middle of the image, overlaid on the river and the lower part of the forest.

COMUNICACIONES DE  
INGENIERIA FORESTAL



# Estudio Tecnológico y Secado Artificial de Las Maderas de Cedro, Perillo y Flormorado

*Elena Ramos Castiblanco  
Xiomara Lucía Sanclemente M.  
Max Alejandro Triana Gómez*



El presente trabajo cubrió para las maderas de cedro (*cedrela odorata*), flormorado (*Tabebuia rosea*) y perillo (*Couma macrocarpa*) aspectos tales como son: descripción anatómica, macro y microscópica; determinación de las propiedades fisico-mecánicas y de secado; además, comparación de los datos de propiedades fisico-mecánica, obtenido en el laboratorio, con las propiedades fisico-mecánicas reportadas en otros estudios tecnológicos y con los datos obtenidos mediante el empleo de las ecuaciones deducidas de regresiones matemáticas.

Se intentó ajustar el programa de secado para cada una de las especies, de acuerdo a la experiencia a nivel industrial, es decir, con el criterio de minimizar tiempos, mano de obra y por tantos costos. se elaboró un programa de secado, con un gradiente de secado severo, con el cual se obtuvieron resultados poco confiables, debido a fallas en los sistemas de vaporización y calefacción de la cámara de secado. Posteriormente, se elaboró un programa basado en los programas de secados reportados por la Junta de Acuerdo de Cartagena (JUNAC), el cual se aplicó nuevamente, obteniéndose datos importantes acerca de temperatura y humedad relativa máxima para estas especies.

# Evaluación del Efecto Ambiental en la Serranía de Portachuelo “Gasoducto Villavicencio-Bogotá”

*Amparito Hernandez  
Jaíro Vergara Lozano*



La construcción del gasoducto Villavicencio - Bogotá en la serranía de Portachuelo (municipio de Acacias, Meta ), en el trayecto comprendido entre k47+ 430 a k58+ 122, ocasionó una serie de efectos a nivel de microclima, suelos, vegetación, fauna, paisaje y socioeconomía ; que se determinaron mediante el estudio comparativo de áreas impactadas y no impactadas

La evaluación se efectuó mediante una descripción de los efectos y de las acciones que posteriormente fueron calificados mediante una matriz de valoración ordinal y la matriz de Leopold. También se hizo uso de la técnica de superposición temática para determinar las áreas críticas. Los efectos y su intensidad fueron el producto de dos condiciones básicas : el tipo de ecosistema ( bosques y pastizales ) y el uso o no de maquinaria, registrando los bosques una mayor vulnerabilidad dada la diversidad y fragilidad del ecosistema. por otra parte, el uso de maquinaria intensificó aún más los efectos pues ocasionó intensos procesos erosivos y baja productividad de los suelos, al remover todo tipo de cubierta vegetal y al alterar el perfil original .

Paralelamente a la evaluación de efecto ambiental se llevó a cabo la instalación de ensayos básicos de revegetalización, con el fin de seleccionar especies para futuros planes de revegetalización.



# Sistema de Información sobre Planificación de Medio Ambiente y Desarrollo

*Luisa Liliana Alvarez  
Javier M. Morales G.*



Estamos en una época donde la tecnología informática invade todas las áreas del conocimiento, por lo tanto, una contribución al manejo de la información existente sobre Medio Ambiente y Desarrollo en los centros de Documentación de Bogotá, implica generar un sistema de información donde se pueda obtener la ubicación de un documento, el conocimiento de su existencia y la posibilidad de la búsqueda iterativa del mismo, mediante un software fácil de manejar, agradable para el usuario, de acción rápida y multiplicidad de posibilidades de consulta. Dicho software por definición es flexible de ser modificado y adaptado a otras necesidades y tipos de información, como son Xilotecas, Herbarios, Claves Dentrológicas etc. Dentro de las herramientas básicas de un investigador en nuestra época se encuentra el computador personal y por supuesto un banco de datos sobre documentación y software capaz de otorgarle la mayor versatilidad y eficiencia a dicho banco de datos. El presente trabajo constituye un modelo de Sistema de Información, aplicable al manejo de la información sobre Planificación del Medio Ambiente y Desarrollo. El modelo de información, se encuentra en un programa de computador en diskettes anexos a la tesis de grado.



