

USO DE ASERRÍN Y ACÍCULAS COMO SUSTRATO DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE *Quercus humboldtii* (roble)

Palabras clave: aserrín, acículas, sustrato, propagación.
Key words: sawdust, needlelike, substrates, propagation.

Graciela Garzón Marín¹
Eliana P. Montenegro Riveros²
Favio López Botúa³

RESUMEN

El presente trabajo condujo a la utilización de las acículas y el aserrín como sustratos de germinación y crecimiento de la especie *Quercus humboldtii* (roble), maximizando el aprovechamiento de los subproductos generados en el campo forestal y disminuyendo el impacto ambiental y costos de propagación en viveros. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que los materiales orgánicos aserrín y acículas son aptos como sustrato para la propagación del roble en vivero. Aserrín 70% - tierra negra 30% y acículas 50% - tierra negra 50%, presentaron los mayores valores en germinación, altura, diámetro, número de hojas, área foliar y biomasa, con respecto a la tierra negra (testigo).

Los resultados del análisis de sustratos mostraron que el aserrín y acículas presentan altos contenidos de macro y micronutrientes, carbono orgánico, pH neutro (aserrín) y cerca de éste (acículas), elevada capacidad de intercambio catiónico, mientras que la tierra negra presenta bajas concentraciones. Además, el análisis fo-

liar mostró que los macro y micronutrientes no inciden de forma negativa en el desarrollo y crecimiento de las plántulas de roble, dejando claro que el aserrín y acículas son óptimos sustratos para el desarrollo de especies forestales en vivero.

ABSTRACT

The present work was carried out to conduct the study to the use of needlelike and sawdust as germination substrates and growth of the species *Quercus humboldtii* (oak), maximizing the use of the by-products generated in the forest field, reducing the environmental impact and propagation costs in tree nurseries. The results obtained in this research showed that the sawdust and needlelike organic materials are capable as substrates for propagating oak in tree nursery; sawdust, 70% - earth black, 30%, and needlelike, 50% -black earth, 50%. They presented the biggest values in germination, height, diameter, number of leaves, area to foliate and biomass, with regard to the black earth (witness).

1 Ingeniera Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. gracielagarzon2002@yahoo.com

2 Ingeniera Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. eliana_montenegro@yahoo.com.mx

3 Biólogo Universidad Nacional de Colombia. Profesor de Fisiología Vegetal. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. flopez@udistrital.edu.co

In a same way, the results show that in the analysis of soils, the sawdust and needlelike-presented a high macro contents and micronutrients, organic carbon, neuter pH (sawdust) and near this (needlelike), capacity of exchange cationic that compared with the black earth, it presents low concentrations. Also, the foliat analysis shows that both macro and micronutrients do not impact in a negative way in the development and growth of the oak seedlings, leaving clear that the sawdust and needlelike are good subtracts for the development of forest species in nursery.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha dado un acelerado desarrollo en las técnicas de cultivo de plantas en semilleros, el medio de cultivo ha ido evolucionando desde los primeros sustratos basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas, con proporción mayoritaria de componentes orgánicos tipo turba, corteza de pino y similares. Como veremos, estos nuevos sustratos proporcionan resultados superiores a los basados en tierra, siempre que se conozcan y comprendan sus características y necesidades. El consiguiente aumento de la demanda se ha producido en un clima de creciente sensibilidad hacia el agotamiento de los recursos no renovables y las consecuencias del deterioro medioambiental. Todo ello ha favorecido el aprovechamiento de materiales muy diversos, que hasta fechas recientes eran considerados residuos no deseables.

El presente estudio se dirigió a la utilización de las acículas y el aserrín como sustrato de germinación y crecimiento de la especie *Quercus humboldtii* (roble). Se tuvieron en cuenta los altos volúmenes de desperdicios generados por la industria de la transformación de la madera, dada la deficiente tecnología y maquinaria obsoleta e inapropiada empleada en muchos de los procesos de la industria maderera, así como la acumulación de acículas, bastante sig-

nificativa en el país, dado que la mayoría de las reforestaciones realizadas han sido con la especie *Pinus sp.* generando una gran acumulación de este material, que normalmente no se le ha asignado ningún uso.

Los sustratos escogidos para este ensayo constituyen una innovación en esta área, ya que los antecedentes son temas álgidos en el sector forestal nacional, dado que en los viveros de propagación tradicionalmente se utiliza la tierra negra; por esto se pretendió dar los primeros pasos para que futuros investigadores generen un mayor aporte, o que los resultados consiguados puedan servir para proyectos similares.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la composición del sustrato de propagación sobre la germinación y crecimiento inicial de las plantas de *Quercus humboldtii* (roble).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar diferentes mezclas de tierra negra con acículas y aserrín para evaluar la propagación del roble.
- Cuantificar el incremento de biomasa en cada uno de los tratamientos realizados.
- Analizar el efecto del sustrato, tierra-aserrín y tierra-acículas en diferentes proporciones, sobre algunas variables relacionadas con el crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble).

ANTECEDENTES

Benvenuto (1978) realizó una investigación titulada "Propagación vegetativa de cedro bogotano *Cedrela montana* y pino *Pinus patula*", en la cual se analizó la germinación y crecimiento, utilizando tres profundidades de siembra y cuatro combinaciones de sustrato como tratamientos. Se obtuvo como resultado que el sustrato no influyó en la germinación del cedro, pero sí en el desarrollo: aparición de hojas verdaderas y diámetro.

Aguirre y Salazar (1984) evaluaron “Sustratos para el almacigado de *Alnus jorullensis* (aliso)”, con 12 tratamientos y 3 repeticiones, utilizando tierra de aliso, tierra negra, arena y turba con diferentes proporciones, encontrando que los mejores sustratos para la producción de aliso fueron el de tierra de aliso-tierra negra (1:1) y el de tierra de aliso-turba-tierra negra (1:1:1).

En la investigación “Utilização agrícola das acículas de *Pinus spp*”, llevada a cabo por Muñoz *et al.* (1986), se utilizaron vasos con dos kilos de suelo para los ensayos; uno con suelo cubierto de 30 gramos de acículas secas, agua desionizada, con capas bien diferenciadas y el otro con acículas mezcladas con el suelo. Se concluyó que la cobertura con acículas secas no alteró las características químicas del suelo, pero sí aumentó el contenido de aluminio, sin comprometer la fertilidad del suelo.

En el trabajo titulado “Efecto del almacenamiento, contenido de humedad y empaques en presencia de tres sustratos de germinación para las semillas de *Ceiba pentandra*”, Vélez *et al.* (1997), se utilizó tierra, arena – tierra, en frío y ambiente, concluyendo que el mejor sustrato fue la tierra, por sus características de retención de humedad, permisibilidad de oxigenación y absorción de calor.

Messerer (1998) realizó un ensayo para determinar la posible utilización de materiales no tradicionales en la elaboración de sustratos para la propagación de palto *Persea americana*. Los materiales no tradicionales utilizados fueron arena, tierra de algas, pomasa de manzana y aserrín. Finalmente, el tratamiento control (testigo) presentó en conjunto las mejores condiciones nutricionales para la propagación de plantas de palto, por otro lado, los sustratos no tradicionales mostraron excelentes condiciones físicas y químicas, requiriendo para su uso una fertilización nitrogenada.

Calixto y Navarro (2003), en el trabajo titulado “Uso de lodos como sustrato en la germina-

ción y desarrollo inicial de *Cedrela montana* y *Lafoensia acuminata*”, concluyeron que las semillas de las dos especies germinan al utilizar el lodo como sustrato, las especies no se comportan de igual manera en los tratamientos respecto a los parámetros de crecimiento; para cedro, la combinación de sustratos óptima fue tierra 30% - lodo 70% y para guayacán fue tierra 70% - lodo 30%.

MARCO CONCEPTUAL

GERMINACIÓN

La germinación de la semilla es un desarrollo del embrión hasta la formación de la planta. Se precisa el concurso de una serie de factores fisiológicos, que requieren fundamentalmente humedad, luz, gases (principalmente oxígeno) y una adecuada temperatura. Este proceso ocurre después de la diseminación de las semillas, si las condiciones ambientales son propicias (Ansorena, 1994).

Las semillas viables generalmente comienzan a germinar cuando se les sitúa en condiciones adecuadas de humedad, temperatura, oxígeno y en algunos casos, luz. El objeto final de los ensayos de germinación es obtener información acerca del valor de las semillas, desde el punto de vista de su siembra en terreno de cultivo y proporcionar resultados que permitan comparar el valor de los diferentes lotes de semillas (Ansorena, 1994)

SUSTRATO

Ansorena (1994) define como sustrato “todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto un papel de soporte para la planta”.

ASERRÍN

Para el presente trabajo se asume la definición de aserrín como el residuo resultante del pro-

ceso de aserrado de la madera, el cual se caracteriza por tener consistencia fuerte y densidad anhidra que normalmente es de 0.3891 gr/cm³.

ACÍCULA

Es un agujón fino y delicado, no vulnerante como los de ciertos rosales. Agujón que resulta del desarrollo centrifugo de cada una de las células cortas, que alternando con elementos alargados forman la corticación del tallo de los carófitos (Font Quer, 1953). También es una prominencia endurecida en forma de aguja (Moreno, 1984).

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

Las semillas de *Quercus humboldtii* (roble) se recolectaron de la fuente semillera ubicada en el Vivero La Mana, localizado en las afueras de Bogotá.

Sustrato

El aserrín se obtuvo en la inmunizadora Serrano Gómez, ubicada en la Av. 68 cll 22; las acículas se recogieron del suelo en la plantación de *Pinus patula*, ubicada en el parque Neusa (Cundinamarca), área protegida cuya jurisdicción está a cargo de la CAR Zipaquirá; por su parte, la tierra negra se tomó del invernadero

de propagación de la sede El Vivero, de la Universidad Distrital.

UBICACIÓN DEL ENSAYO

La etapa de preparación de sustratos y fase experimental se realizó a lo largo de 18 meses en la sede El Vivero, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, finalizando en agosto de 2004. La toma de datos para cada una de las variables no destructivas estudiadas se realizó en cuatro oportunidades, mientras que para la cuantificación de biomasa, la cual implicó destrucción de material vegetal, se efectuó tres veces durante el año de evaluación.

La sede El Vivero se encuentra a una latitud de 04° 38' N y 74° 06' longitud W, altura de 2735 msnm, temperatura media anual de 12.3°C, evapotranspiración media diaria de 1.7 mm y potencial anual de 630 mm, humedad relativa del 80% y precipitación media multianual de 1093 mm, razón por la cual, según Holdridge, el área de estudio pertenece a la formación Bosque Húmedo Montano Bajo (Muñetones y Garcés, 2000)

El aserrín y acículas se colocaron en una pila de 1 metro de largo, 80 centímetros de ancho y 1 metro de alto, con el fin de incrementar la temperatura e iniciar el proceso de compostaje. Los tratamientos fueron los siguientes:

| | |
|--|---------|
| Tratamiento 1: Aserrín 100% | (T1) |
| Tratamiento 2: Aserrín 70%, tierra negra 30% | (T2) |
| Tratamiento 3: Aserrín 50%, tierra negra 50% | (T3) |
| Tratamiento 4: Aserrín 30%, tierra negra 70% | (T4) |
| Tratamiento 5: Tierra negra 100% (testigo) | (T5) |
| Tratamiento 6: Acícula 100% | (T6) |
| Tratamiento 7: Acícula 70%, tierra negra 30% | (T7) |
| Tratamiento 8: Acícula 50%, tierra negra 50% | (T8) |
| Tratamiento 9: Acícula 30%, tierra negra 70% | (T9) |
| Tratamiento 10: Tierra negra 100% (testigo) | (T10) |

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial de 2 x 4, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, cada tratamiento consistió de 60 semillas; para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación múltiple de Tuckey.

Se registró el número de semillas germinadas de *Quercus humboldtii* (roble) por conteo y porcentaje de germinación, diámetro de las plántulas con un calibrador (0.05 mm), altura con escala 1:100 en centímetros, número de hojas por conteo. Se calculó el área foliar por el método de la silueta de nueve plántulas por tratamiento y dos hojas por cada una. Finalmente, se determinó biomasa para cuantificar y comparar los resultados entre tratamientos.

Los sustratos se analizaron químicamente, para lo cual se tomaron 500 gramos de tierra negra, aserrín y acículas, y se enviaron al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). El follaje también se analizó químicamente en el mismo laboratorio, para lo cual se envió el material en seco. Una vez obtenidos los resultados, se analizaron las relaciones existentes entre el componente foliar y los sustratos de crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba de viabilidad se tuvo un 93% de semillas viables; en cuanto a germinación, los tratamientos T2 (70% aserrín-30% tierra) y T7 (70% acículas 30% tierra), fueron los mejores, ya que presentaron un 100% de germinación

de las semillas de *Quercus humboldtii*. Al realizar la evaluación estadística, se presentaron diferencias significativas entre los bloques, la germinación de las semillas sembradas en aserrín presentaron un mayor porcentaje de pérdida 2%, mientras que para las semillas dispuestas en acículas se obtuvo un 1% de pérdida. Entre tratamientos se lograron diferencias significativas, esto se corroboró con la prueba de Tuckey, los mejores tratamientos fueron T2 y T7, los cuales difirieron de los demás, pues en éstos germinó el total de semillas sembradas.

DIÁMETRO

En la **Figura 1** se observa que el tratamiento que mejor diámetro presentó en la primera medición fue T4 (30% aserrín-70% tierra) con 2.44 mm, y el menor T10 (100% tierra) con 2.16 mm; al final del ensayo, cuarto registro, T1 (100% aserrín) se presentó como el mejor tratamiento con 4.40 mm de diámetro, seguido por T2 (70% aserrín - 30% tierra) con 4.10 mm; el más bajo valor se registró para T10 (100% tierra) con un diámetro de tallo de 3.5 mm.

Los resultados muestran como mejor sustrato aquel en el que se encuentra tierra acompañada con las diferentes proporciones de aserrín, concordando con el resultado del análisis de sustrato, donde el aserrín tiene el mayor porcentaje de materia orgánica, además de tener 38.1% de carbono orgánico C.O., así como la presencia dentro de rangos normales, de los demás elementos minerales, esenciales para la síntesis de tejidos en las primeras etapas de crecimiento de la especie en estudio.

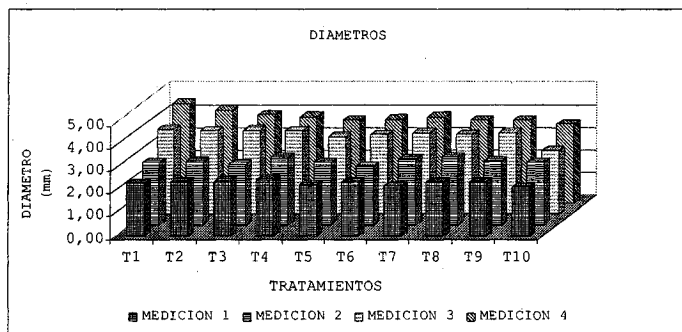


Figura 1. Diámetro obtenido en plántulas según tratamientos en diferentes fechas de medición.

ALTURA

El mejor sustrato para el crecimiento de las plantas, fue el correspondiente a T2 (70% aserrín – 30% tierra) con 14.57 cm; a su vez, el menor crecimiento se presentó en T10 (testigo)

con 11.85 cm de altura promedio (Figura 2). Con respecto a la evaluación estadística de la altura, se encontró que entre bloques existen diferencias altamente significativas en todas las mediciones.

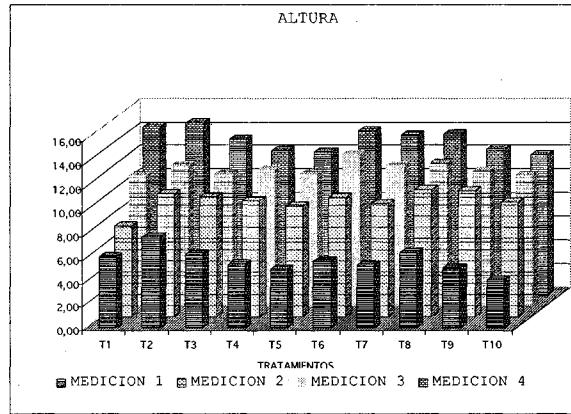


Figura 2. Altura de las plántulas según diferentes fechas de medición.

En la variable altura los mejores tratamientos para el desarrollo de plántulas normales fueron T2 y T8, indicando que los materiales de aserrín y acículas presentaron óptimas propiedades para el desarrollo de éstas, por la condición de sustratos or-

gánicos cuyos contenidos de elementos esenciales son mayores a los presentes en la tierra. En este último sustrato, la capacidad de aireación a nivel radicular es menor limitando la respiración celular, lo cual disminuye la toma de nutrientes.

ÁREA FOLIAR

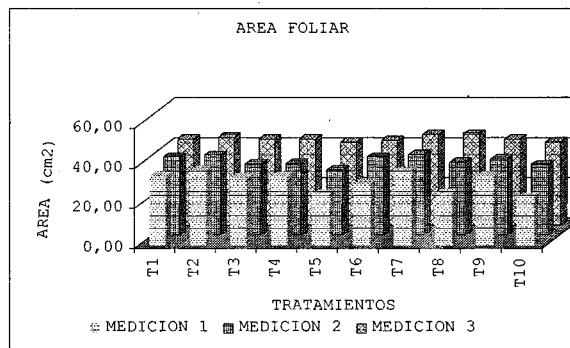


Figura 3. Área foliar en plántulas, correspondiente a diferentes fechas de medición

BIOMASA

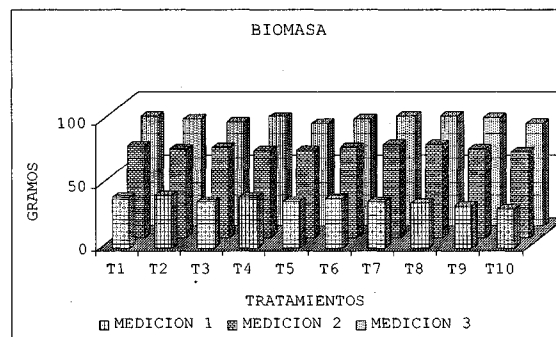


Figura 4. Biomasa producida por plántulas según mediciones en diferentes fechas

La cuantificación del incremento en biomasa mostró finalmente a T8 con 87.2 g como el mejor tratamiento, y el más bajo T10 con 81.12 g (Figura 4). Estadísticamente, entre tratamientos hubo diferencias significativas. Lo anterior se corroboró con la prueba de Tuckey, donde se observó que T8 fue el mejor de los tratamientos y T10 fue el menor. En los tratamientos T2 y T8 se obtuvo el mayor valor de biomasa debido a las características de los sustratos donde se desarrollaron las plántulas de éstos, como el alto contenido de carbono orgánico y capacidad de intercambio catiónico, CIC, que permiten un mayor desarrollo de la relación sustrato-planta, mejorando las condiciones nutricionales del roble, concordante con el mayor valor que se obtuvo en las demás variables.

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUSTRATOS

Tabla 1. Propiedades químicas de los sustratos.

| MUESTRA | GRANULOMETRÍA | pH | MATERIA ORGÁNICA | CIC | SB% | FÓSFORO |
|----------|---------------|-----|------------------|------|------|---------|
| ASERRÍN | ORGÁNICO | 7,0 | 38,1 | 35,7 | 52,8 | 22,7 |
| ACÍCULAS | ORGÁNICO | 5,9 | 29,6 | 91,0 | 44,6 | 62,7 |
| TIERRA | FArA | 5,3 | 10,1 | 56,0 | 8,9 | 9,0 |

Fuente: IGAC. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, SB: % Saturación de Bases, FArA: Franco-Arenosa-Arcillosa.

En la **Tabla 1**, el pH del aserrín, acículas y tierra tienen valores de 7,0, 5,9 y 5,3, respectivamente, mostrando al aserrín como un sustrato neutro y los dos restantes presentan un grado de acidez, por lo cual se requiere algún tipo de enmienda para tener el pH neutro; además, hay que tener en cuenta que el pH influye en la disponibilidad de nutrientes menores y mayores. Por lo general, en los suelos ácidos hay buenas cantidades de elementos menores disponibles y poca disponibilidad de bases de cambio; también son altos en hidrógeno intercambiable, como ocurre con la tierra y las acículas, considerados como fuertemente ácido y moderadamente ácido, respectivamente.

El fósforo, que forma parte de los elementos menores, se encuentra en todos los tejidos de la planta en concentraciones variables, según la

parte del aparato vegetativo. Sin embargo, sigue siendo el pH del sustrato el que condiciona el tipo de reacciones y situaciones posteriores que aparecen en el sustrato y que controlan en definitiva el aprovechamiento de las formas asimilables del fósforo por las plantas, es por esto que el aserrín presenta las condiciones óptimas para el desarrollo de plántulas.

El registro de las diferentes variables cuantificadas, aplicadas para evaluar los cambios de las plántulas al inicio de la fase vegetativa, mostraron de manera consistente y evidente la importancia de mezclar material vegetal en descomposición (aserrín y acículas), al suelo usado tradicionalmente en propagación de especies forestales en vivero. Los resultados, ya señalados, muestran cómo el crecimiento vegetal se vio favorecido por factores como el aporte de materia orgánica, mayor retención de humedad observada en los sustratos donde se mezcló el material vegetal y aireación que se permite al sistema radicular por contar con un sustrato mucho más suelto.

La materia orgánica es fuente de nutrientes para las plantas, particularmente nitrógeno, fósforo y azufre. Contiene mucho menos fósforo que nitrógeno, pero es suficiente en muchos casos para incluir más del 50% del fósforo total del suelo; el principal efecto de la materia orgánica es disminuir la tendencia del pH del sustrato a cambiar, razón por la cual el aserrín presenta alto contenido orgánico y cuyo pH es neutro, seguido de las acículas.

La diferencia de calcio depende principalmente del porcentaje de saturación y del pH; para el aserrín y las acículas se tiene un alto porcentaje de saturación de bases SB% y pH neutro o cercano a éste, por esto se presentan las diferencias tan grandes con respecto a la tierra, además de su textura franco - arcillosa - arenosa.

La CIC del medio de cultivo es aportada por la materia orgánica y aumenta a medida que crece el pH, es decir, la CIC del medio de cultivo aumenta con el pH. En sustratos basados en ingredientes orgánicos como la turba o la corteza de pino, la variación de pH será máxima, debido al contenido de materia orgánica, al igual que en acículas y aserrín cuyos contenidos de materia orgánica son altos. Ejemplo de esto se presenta con turba más arena con un valor en fósforo de 60, que es mayor en las acículas (62.7), lo que indica que se presenta una mayor CIC en éstas.

ANÁLISIS FOLIAR

Tabla 2. Resultado de contenido foliar de macroelementos (%) para cada uno de los tratamientos.

| MUESTRA | CALCIO | MAGNESIO | POTASIO |
|----------|--------|----------|---------|
| ASERRÍN | 0,89 | 0,23 | 1,3 |
| ACÍCULAS | 1,1 | 0,28 | 1,2 |
| TIERRA | 0,87 | 0,25 | 1,1 |

Fuente: IGAC

La **Tabla 2** indica que el potasio, elemento que actúa en los vegetales como regulador osmótico, estuvo por debajo del rango ideal en todos los casos de evaluación (1.5–5.5%). La menor concentración la presentaron las plántulas desarrolladas en tierra; por esto las plántulas de los testigos mostraron unos tallos más delgados, poco desarrollo de hojas, menor área foliar y bajo contenido de biomasa.

El contenido de calcio, elemento fundamental en el crecimiento vegetal, dado que participa en la división celular a nivel de meristemo tanto radicular como caulinar, se presentó por de-

bajo del rango ideal (1.0–4.0%) en las plantas con sustrato de crecimiento aserrín y tierra, mientras que aquellas plantadas en sustrato con presencia de acículas, alcanzaron una concentración de 1.1%, ligeramente por encima del mínimo sugerido como contenido normal.

Para el caso del aserrín y la tierra, se halló una deficiencia de este elemento, lo que produce raíces cortas, hecho relacionado con la presencia de materiales ácidos, disminuyendo el crecimiento en conjunto de la planta, como se observó en las plántulas testigos T3 y T4, que presentaron valores poco representativos con respecto a T2 y T8.

El magnesio, elemento presente en la cabeza porfirínica de las clorofilas, pigmento fundamental para la síntesis de carbohidratos, con excepción del sustrato aserrín, estuvo dentro del rango óptimo (0.25-1.0%).

En el sustrato de aserrín se encontró una leve deficiencia de magnesio, para efectos del ensayo se tuvo un menor número de folíolos, pero esto no es representativo entre tratamientos, ya que estadísticamente no se logró una variabilidad significativa.

La concentración registrada para los elementos menores manganeso, hierro, zinc, cobre y boro, los cuales intervienen en muchos procesos vitales para la planta, formando parte de diversos sistemas enzimáticos que garantizan el adecuado funcionamiento metabólico vegetal, estuvo en todos los casos dentro de los rangos señalados como concentración normal en tejido vegetal. Es decir, que los elementos menores no tuvieron incidencia negativa en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de roble, dado que ellas en los diferentes tratamientos no presentaron la sintomatología característica para las deficiencias de estos elementos.

VIABILIDAD DEL PROYECTO

Se hizo una encuesta a personal de cinco viveros de producción de plántulas forestales como

el vivero La Mana, vivero Sede, vivero Universidad Distrital, INFORAGRO, Geoambiente y vivero de Cota; de cinco aserraderos como Artecua, Madera los Alcázares, Julio Rodríguez, Casa Quinta y Maderas el Caoba; se hizo una parcela de 10 x 10 m en la plantación de pino del Neusa para determinar la cantidad de material disponible en esta área.

Para el presente trabajo sólo se tomaron datos de cinco aserraderos por condiciones logísticas, pero cabe resaltar que en Bogotá se cuenta con doscientos aserraderos (Granja y Molina, 1992) y otras industrias de la madera. En los cinco aserraderos se tiene una producción de 52.7 m³ anualmente, permitiendo estimar la producción total en Bogotá de aserrín en más de 2108 m³ al año.

Si bien se dispone del sustrato, se debe invertir en su recolección para enviarlo a los diferentes viveros que deseen utilizarlo. También se debe tener en cuenta que se está minimizando el impacto ambiental y mejorando la eliminación de los residuos. Dentro de los aserraderos encuestados se tiene disposición a regalar el material, siempre y cuando el usuario financie el transporte.

Para cuantificar el volumen de acículas en la plantación de pino del Neusa se estructuró una parcela de 10 x 10 m; se obtuvo un volumen de 30 m³, es decir, en una hectárea se producen 3000 m³ de acículas, lo cual muestra una dis-

ponibilidad del material en caso de que se quiera utilizar como sustrato. Debe tenerse en cuenta la edad de la plantación (más de 20 años), aunque se requieren estudios de plantaciones jóvenes para determinar su volumen y compararlas con las más antiguas, determinando el porcentaje de acumulación de las plantaciones de pino a diferentes edades.

De acuerdo con los resultados de las encuestas, en los viveros se obtuvieron costos de materiales, como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Costos de materiales usados como sustrato de propagación.

| MATERIALES | VOLUMEN (m ³) | COSTOS (\$) |
|------------|---------------------------|-------------|
| ASERRIN | 52.7 | 1.141.833 |
| ACÍCULAS | 3000 | 65.000.000 |
| TIERRA | 5894 | 127.703.333 |

Teniendo en cuenta los costos totales por año de transporte de cada material, se encontró que el más barato fue el aserrín, ya que un volumen de 6 m³ cuesta \$130.000; se hizo la relación para cada material, como se muestra en la **Tabla 3**.

Si el propietario del vivero aplicara el tratamiento T2 (70% aserrín-30% tierra) y T8 (50% acículas-50% tierra), se beneficiaría, ya que los costos son menores tanto de transporte como de otros fertilizantes, porque estos materiales no requieren ser enriquecidos con otros productos.

Tabla 4. Resultado del proyecto, porcentaje de uso

| MATERIALES | TAMAÑO BOLSA | VOL. (cm ³) BOLSA | VOL. (cm ³) MATERIAL | % DE USO |
|------------|--------------|-------------------------------|----------------------------------|----------|
| ASERRÍN | 13 x 18 cm | 968 | 2420 | 62 |
| ACÍCULAS | | | 2420 | |
| TIERRA | | | 1452 | 38 |

Se demostró que es posible hacer extensivo el uso de aserrín y acículas para propagación en viveros, con la probabilidad de encontrar ma-

yor producción con menores costos, dado que el ensayo mostró un 62% de estos materiales (**Tabla 4**), reduciendo significativamente la

utilización de tierra fertilizada con productos químicos o con abonos orgánicos que ocasionan gastos adicionales.

Tabla 5. Costo de producción por plántula en vivero

| SUSTRATO | COSTO | PLÁNTULAS | COSTO/PLÁNTULA |
|----------|---------------|-----------|----------------|
| TIERRA | \$216.290.000 | 545.000 | \$397 |
| ASERRÍN | \$20.000 | 240 | \$83 |
| ACÍCULAS | \$40.000 | 240 | \$167 |

Se relacionó el costo para producir una plántula en los cinco viveros encuestados (**Tabla 5**) así como en el ensayo, permitiendo concluir que es más económico y viable propagar especies forestales con aserrín y acículas con respecto a la tierra.

Además, existe una aceptabilidad por parte de los propietarios de los viveros de utilizar el aserrín y las acículas que son materiales orgánicos, como sustratos, con ciertas prevenciones y expectativas en su uso y los resultados que se puedan tener a largo plazo.

CONCLUSIONES

- Los mejores resultados se presentaron cuando se usó tierra en proporciones de 50% o menos, acompañada de aserrín o acículas.
- El sustrato tierra con pH fuertemente ácido influyó de manera directa en el menor desarrollo de las plántulas de roble.
- Las acículas (100%) presentaron baja retención de humedad debido al tamaño de las partículas y falta de adhesión entre éstas, por esto no se obtuvo un mayor resultado.
- Los sustratos más recomendables para obtener una buena germinación son T2 y T8 (70% aserrín-30% tierra, 50% acículas-50% tierra), que se caracterizan por una buena retención de humedad, permisibilidad de oxigenación y absorción de calor, condiciones que favorecen la buena germinación de la especie de roble.

- Los mejores tratamientos fueron T2 y T8 (70% aserrín – 30% tierra, 50% acículas – 50% tierra), ya que éstos presentaron los valores más altos en altura, diámetro, área foliar, biomasa y número de hojas.
- Según análisis químico, el aserrín y las acículas son sustratos con mayor contenido de materia orgánica, CIC y fósforo, con respecto a la tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE Q. A. Y SALAZAR G. A., 1984.** Sustratos para el almacenado de *Alnus jorullensis* (Aliso). En: Informe anual Conif N° 2. Diciembre/84. Cusco (Perú).
- ANSORENA, J., 1994.** Sustratos, propiedades y fertilización. Ediciones mundi – prensa. España.
- BENVENUTO, B. R., 1978.** Propagación vegetativa de cedro bogotano (*Cedrela montana*) y pino (*Pinus patula*) en el vivero de Venado de Oro. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Facultad de Ingeniería. Bogotá (Colombia).
- CALIXTO, J. C. Y NAVARRO, J., 2003.** Uso de lodos como sustrato en la germinación y desarrollo inicial para *Cedrela montana* (cedro) y *Lafoensia acuminata* (guayacán de Manizales). Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

FONT QUER. 1953. Diccionario de Botánica. Editorial Labor. Barcelona (España).

GRANJA C. Y J. MOLINA., 1992. Estimación y uso de los residuos generados por industrias de la transformación de la madera en Bogotá. En: Revista Colombia Forestal. Vol. 3, No. 5, julio de 1992. Centro de Investigaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Santa Fe de Bogotá (Colombia).

MESSERER, D. A., 1998. Sustratos alternativos en la propagación de palto (*Persea americana*). En: Abstract sustratos alternativos en la propagación de palto (*Persea americana*).

MORENO, N. P., 1984. Glosario Botánico Ilustrado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México.

MUNHOZ, F. G., 1986. Utilização agrícola das acículas de *Pinus sp.* En: Revista do Setor de Ciências Agrárias. Vol 8 no. 1-2/86. Curitiba (Brasil).

MUÑETONES, F. T. GARCÉS, E., 2000. Propagación por semillas y estacas de *Ocotea calophylla*, una estrategia para la conservación de la biodiversidad del ecosistema forestal Alto Andino. Universidad Distrital Facultad del Medio Ambiente.

VÉLEZ, V. L. Y C. A JIMÉNEZ., 1997. Efecto del almacenamiento, contenido de humedad y empaques en presencia de tres sustratos de germinación para las semillas de *Ceiba pentandra*.

ZAMBRANO, J., 2000. Abonos orgánicos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle.