

Guías silviculturales

para el manejo de especies forestales
con miras a la producción de madera
en la zona andina colombiana

El Pino pátula



Pinus patula Schiede and Deppe in Schlecht. & Cham

Carlos Mario Ospina P. - Raúl Jaime Hernández R. - Eliana Andrea R. -
Freddy Alberto Sánchez O. - John Byron Urrego M. - Carlos Alberto Rodas P. -
Carlos Augusto Ramírez C. - Néstor Miguel Riaño H.

Guías silviculturales

para el manejo de especies forestales con
miras a la producción de madera en la
zona andina colombiana

El Pino pátula

Pinus patula Schiede and Deppe in Schlecht. & Cham

Por:

Carlos Mario Ospina Penagos - Raúl Jaime Hernández Restrepo
Eliana Andrea Rincón - Freddy Alberto Sánchez Ocampo
John Byron Urrego Mesa - Carlos Alberto Rodas Peláez
Carlos Augusto Ramírez Cardona - Néstor Miguel Riaño Herrera

FoNC
Fondo Nacional
del Café



EDICIÓN DE TEXTOS Y COORDINACIÓN EDITORIAL

Sandra Milena Marín López

COLABORACIÓN Y REVISIÓN

Ing. Carlos M. Jiménez, Ing. Nohora Isaza - Smurfit Kappa Cartón de Colombia

Ing. Óscar Iván Osorio Lotero

Ing. Diego Obando Bonilla

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Carmenza Bacca Ramírez - Cenicafé

FOTOGRAFÍA

Gonzalo Hoyos S., Carlos M. Ospina P.,
Luis M. Costantino, Freddy A. Sánchez,
Mario López, Eliana A. Rincón, Carlos A. Ramírez - Cenicafé
Carlos Alberto Rodas P., Juan C. Obando,
Carlos M. Jiménez - Smurfit Kappa - Cartón de Colombia
Patricia Pinzón Florian - Universidad Distrital de Colombia
Raúl Jaime Hernández Restrepo - FNC
Ricardo Saavedra - Ing. Pro-oriente

Alex Bustillo - Entomólogo, Asesor particular
Luis A. Ramírez - Asesor particular Refocosta
Técnicos Programa KFW
Jary Medina - Tecnólogo Forestal, Asesor particular
Angélica Giraldo - Asesor Externo Procuencia
Agroindustrias La Florida
Pro-oriente

IMPRESO POR:

Editorial Blanecolor S.A.S.
Manizales

ISBN 978-958-8490-09-0

©FNC-Cenicafé - 2011

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas ajenas a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Presentación

Para la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia la conservación de los recursos naturales y, en este caso los forestales, son una prioridad, ya que no sólo se pueden convertir en una fuente alternativa de ingresos, sino que además juegan un papel importante en el manejo de las cuencas hidrográficas y la sostenibilidad del ambiente. Hoy, el reto es lograr que algunos de esos árboles también sean importantes para la producción de madera, como alternativa económica para los agricultores en la zona andina. Por esta razón, estamos entregando a usted, señor agricultor, la sexta de las guías para el manejo silvicultural de una especie forestal importante para la producción de madera como es el pino pátula, *Pinus patula* Schiede and Deppe in Schlecht. & Cham., resultado de los trabajos de investigación forestal realizados por Cenicafé con el apoyo de Smurfit Kappa Cartón de Colombia S.A., el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-MAVDT, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- MADR, Agroindustrias La Florida, Empresas Reforestadoras Pro-Oriente y Maderas de Oriente, EE. PP de Medellín en Piedras Blancas, Proexport y el BANKENGRUPPE - KFW.



Figura 1.
Detalle de la plantación
de *Pinus patula* en Sotará
(Cauca).

El PINO PÁTULA

Pinus patula Schiede and Deppe in Schlecht. & Cham

Familia: Pinaceae

Sinónimos:

Pinus subpatula Roezl ex Gord

Pinus patula var. *ochoterenai* Martínez

Pinus patula var. *longipedunculata* Look ex Martínez

Pinus patula var. *zebrina* Milano

Nombres comunes: Pino, pino pátula, pátula, pino llorón (Colombia). En el área de su distribución natural se denomina: pino chino, pino llorón mexicano, pino colorado, pino pátula, ocote macho, pino xalocote. En países de habla inglesa: patula pine, mexican weeping pine, spreading leaved pine (Wormald, 1975).

Origen y distribución geográfica. Es una especie nativa de regiones subtropicales de México, parte superior de la Sierra Madre Oriental, desde el norte del estado de Hidalgo hasta Cofre de Perote, en latitudes entre 16°N a 24°N, en altitudes entre 1.500 a 3.100 m, precipitaciones anuales de 600 a 2.500 mm, puede crecer en masas puras o asociado con otras especies como *Pinus teocote* (Dvorak y Donahue, 1992).

En Colombia, la especie ha sido introducida desde Sudáfrica y México. Es la conífera más ampliamente utilizada en los trópicos y subtrópicos. Actualmente se encuentra en Centro y Sur América (Argentina, Brasil, Venezuela, Colombia y



Figura 2.

a. Yemas foliares, grupos de acículas; **b.** Ramas de *Pinus patula*.

Ecuador), se ha distribuido a Sudáfrica, África del Este (Malawi, Kenia, Tanzania, Uganda, Etiopía, Ruanda y Burundi), África del Oeste (Camerún, Nigeria y Congo), Nueva Zelanda y Australia (Queensland, Nueva Gales del Sur, Papua –Nueva Guinea) (Escobar, 1967; Wormald, 1975).

Descripción morfológica. Árbol de porte mediano a grande, que en ejemplares longevos puede alcanzar alturas de hasta 40 m y 120 cm de diámetro. El tronco es recto, cilíndrico en un comienzo y bastante cónico en casi toda su longitud. En árboles jóvenes, inicialmente la corteza es lisa y rojiza, y luego, ésta se torna marrón, áspera y se desprende en escamas. La distribución de las ramas es desuniforme, aunque en general son verticiladas, las ramas pequeñas son escamosas y rojizas. Los rebrotes con algunos nódulos glabros, son verde pálidos hasta pardo rojizos. La copa es extendida con ramas largas y colgantes. Esta especie desarrolla un buen sistema radical, pivotante y profundo.

Hojas: Aciculadas, normalmente agrupadas en fascículos de 3 ó 4 agujas, raramente presentan 2 ó 5, persistentes en el árbol por 2 a 4 años, de 20 cm por lo general, aunque alcanzan longitudes entre 15 y 30 cm, son flexibles y péndulas de color verde - azulado, brillantes, con los bordes finamente aserrados y dos haces fibrovasculares. Las vainas de las acículas son de color ceniza, persistentes y de 1,5 cm de largo. Las yemas terminales son largas, erguidas y amarillentas (Escobar, 1967; Wormald, 1975; Parent, 1989).

Flores: Estróbilos unisexuales sobre el mismo árbol. Las inflorescencias femeninas son de color púrpura, principalmente laterales, pedunculadas, solitarias o en pequeños racimos de hasta ocho escamas, con pequeñas espinas deciduas (Wormald, 1975). Las inflorescencias masculinas son amentos, ubicados en la parte terminal de las ramas, de color verde cuando jóvenes y amarillos al madurar, de hasta 1,0 cm de diámetro, agrupadas alrededor del nuevo brote y aparecen con las nuevas hojas (Escobar, 1967; Wormald, 1975; Parent, 1989).



Figura 3. Detalle de estróbilos masculinos (a y b) y femeninos de *Pinus patula* (c).

Frutos: Conos en forma ovoide a cónico, duros, puntiagudos, asimétricos, curvados en el extremo, persistentes en el árbol, de 4,0 a 12,0 cm de largo por 2,5 a 5,0 cm de diámetro, dispuestos en pedúnculos cortos hasta de 1,5 cm y, frecuentemente agrupados de tres a siete; los conos son solitarios si se presentan en las ramas gruesas o sobre el tronco. Las escamas que recubren los frutos son redondeadas, con espinas deciduas, gruesas, de 2,0 cm de largo por 1,0 cm de ancho y se abren periódicamente (Wormald, 1975).

Semillas: Pequeñas, casi triangulares, de color marrón a negruzcas, de 3,0 a 5,0 mm de longitud, el ala que las recubre tiene 2,0 cm de largo y 1,0 cm de ancho, con líneas negruzcas engrosadas al final (Escobar, 1967; Wormald, 1975; Parent, 1989).

La madera: Posee una densidad anhidra mediana de 0,48 g/cm³ y una densidad básica de 0,43 g/cm³. La madera es blanda, recién cortada presenta olor agradable a resina, de color ligeramente amarillento, de durabilidad natural baja; debido a la susceptibilidad al ataque insectos xilófagos y de hongos que descomponen la madera. Se seca relativamente bien, tanto al aire libre como en el secado artificial, lo que permite que sea ampliamente utilizada como madera de aserrío;



Figura 4.
Inflorescencias femeninas,
polinizadas y en proceso de
formación de conos.



Figura 5.
Frutos (conos) de *Pinus*
patula en proceso de
maduración.

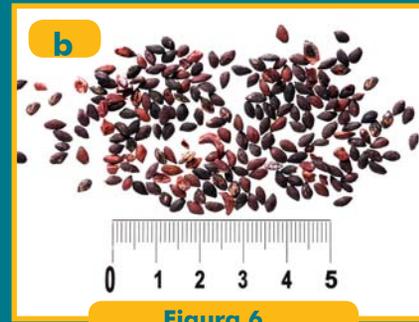


Figura 6.
Detalle de la semilla
de *Pinus patula*,
impregnada de
fungicida (Vitavax®).

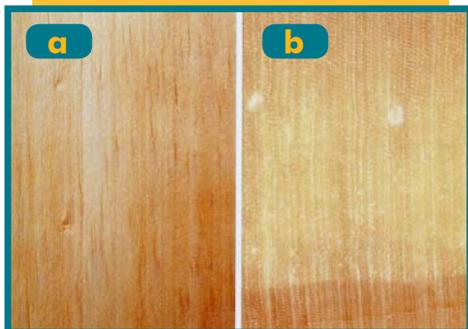


Figura 7.

Madera de *Pinus patula*.
a. Plano longitudinal tangencial;
b. Plano transversal (Fuente:
 Vásquez y Ramírez, 2005).

cuando se seca al aire tiende a presentar ligeras torceduras. Es de fácil preservación por los métodos de inmersión, baño caliente-frío y vacío presión, lo cual permite utilizarla en construcción, como tablilla para pisos, postes de transmisión de energía y telefónicos. Además, en rolos es muy empleada en la construcción de viviendas.

Algunos autores afirman que las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus patula* varían con la edad y la localidad, es así como en la siguiente Tabla 1 se detallan los valores obtenidos en el peso específico, para tres diferentes rangos de edades: 7-13 años, 14-20 años y mayores a 20 años, en una plantación de Piedras Blancas, Antioquia.

Tabla 1. Variación del peso específico ρ (g/cm³) con la edad del árbol de *Pinus patula*.

Densidad (g/cm ³)	Edad en años		
	7-13	14-20	>20
Densidad verde ρ_v (g/cm ³)	1,040	1,024	1,055
Densidad básica ρ_b (g/cm ³)	0,443	0,439	0,480
Densidad básica ρ_b (promedio nacional)	0,434 g/cm ³		

Fuente: Tobón, 1987

SELECCIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS

El pino pátula se encuentra ampliamente distribuido en Colombia y, de acuerdo a la oferta ambiental, puede presentar ligeras variaciones morfológicas, pero su comportamiento y fisonomía son similares. Dado que está siendo utilizado para la obtención de madera para aserrío y los subproductos de las entresacas o los residuos producto del aserrado para pulpa específicamente para la fabricación de papeles Kraft y empaques, los criterios de selección de árboles semilleros se han orientado a la obtención de un alto volumen de árboles, con el menor número de defectos posibles, ramas muy delgadas y copas profundas y estrechas.

La selección en rodales ya establecidos se realiza para producción de semilla en forma masiva y temporal, mientras son establecidos los huertos semilleros provenientes de la selección de las mejores procedencias y progenies.

Dentro de la selección de individuos de atributo superior, para la obtención de semillas, Smurfit Kappa Cartón de Colombia (SKCC), inició un programa de mejoramiento genético a partir del año 1976, priorizando dicha selección en la ausencia de bifurcaciones y rectitud del fuste, características genéticas fácilmente controlables. Para ello, en plantaciones ya establecidas en diferentes regiones del país, se seleccionaron individuos con las siguientes características:

- Volumen del fuste, en metros cúbicos (m^3), superior a los demás, calidad de la madera (densidad específica de la madera mayor a $0,42 \text{ g/cm}^3$ y longitud de la fibra mayor a $3,5 \text{ mm}$)
- Rectitud del fuste
- Forma de la copa (diámetro de copa), preferiblemente estrecha
- Ángulo de las ramas lo más horizontal posible, ramas de diámetro pequeño para facilitar la poda
- Árboles sanos, ideal que presenten resistencia a enfermedades limitantes para pino

Para la selección de rodales éstos deben tener entre 8 y 25 años; rodales muy jóvenes o muy viejos no son los más apropiados para la obtención de una buena semilla.

Tabla 2. Áreas reforestadas con *Pinus patula* en el país (2010).

Departamento	Ubicación	Compañía	Área (ha)
Antioquia	El Retiro	Reforestadora Los Retiros S.A	450,0
Antioquia	Caldas	Cipreses de Colombia	500,0
Antioquia	El Retiro	Mercados y Valores	955,0
Antioquia	El Retiro	Inversiones La Cabaña	1.500,0
Antioquia	Santa Rosa de Osos	Núcleos e Inversiones forestales de Colombia	2.000,0
Antioquia, Tolima	Angostura y Yarumal (Antioquia), Herveo (Tolima)	Argos	2.375,3
Antioquia	Angostura, Yolombó, San Antonio de Prado, Caldas	Industrias Forestales Doña María S.A.	3.700,0
Antioquia	Angelópolis, Betulia, Jardín, Salgar, Titiribí, Urrao	Reforestadora Industrial de Antioquia-RIA	3.415,5
Antioquia, Caldas, Tolima	Yarumal, Angostura, Santa Rosa de Osos (Antioquia), Manizales, Villamaría (Caldas), Herveo y Fresno (Tolima)	Reforestadora El Guásimo	4.152,0
Caldas	Manzanares	Inversiones Montecristo	100,0
Caldas	Manizales	Agroindustrias La Florida	269,9
Caldas	Pensilvania	Agrobetania	371,8
Caldas	Manzanares	Global inversiones	429,0
Caldas	Pensilvania	Maderas de Oriente	539,0
Caldas	Pensilvania	Pro-oriente	719,5
Caldas	Neria, Manizales, Villamaría,	Procuenca	2.377
Huila	Acevedo, Altamira, Garzón, Gigante, Pitalito, San Agustín, Tarquí, Timaná	Empresa Forestal de Huila S.A.	90,0
Norte de Santander	Pamplona	G.P.A Jurado	452,0
Norte de Santander	Pamplona	G.P.A Negavita	470,0
Santander	Bucaramanga, Chinácota	Acueducto Metropolitano de Bucaramanga	1.400,0
Santander, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Caldas, Risaralda, Huila, Quindío	Diferentes municipios de la zona cafetera Colombiana	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia- Programa - KFW	10.702,0
Santander, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Caldas, Risaralda, Huila, Nariño	Suroeste Colombiano, Macizo/Putumayo, Magdalena medio, Eje cafetero	USAID, Programa - MIDAS	6.404,0
Tolima	Herveo, Murillo, Santa Isabel	Corporación Tolimense de Cuencas Hidrográficas-CORCUENCAS	650,0
Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío	Restrepo, Darién, Calima (Valle del Cauca), Santa Rosa, Pereira, Quinchía (Risaralda), Riosucio (Caldas), Popayán, El Tambo, Timbio, Sotará (Cauca), Circasia, Salento, Filandia (Quindío)	Smurfit Kappa, Cartón de Colombia S.A	14.960,0
Valle del Cauca	Tuluá, Buga	Soc. Forestal Cafetera del Valle S.A – Soforestal	2.925,0
TOTAL			61.907,0

Fuente: Encuesta CONIF, 2002, MADR - Cadena Forestal, Bases de datos KFW, Smurfit Kappa Cartón de Colombia.



Figura 8.

- a.** Árbol seleccionado como fuente de semilla (Fuste recto, ramas delgadas);
- b.** Rodal semillero de *Pinus patula* en Sotará (Cauca).

Selección de las mejores procedencias regionales. Los ensayos de procedencias tienen como fin seleccionar cuál es el origen o la procedencia de semilla más adecuada para un conjunto de condiciones de crecimiento y requerimientos de uso final (Jara, 1980). Esta especie está establecida en muchos hábitats y exhibe frecuentemente patrones de variación estrechamente relacionados con variables físicas y ambientales. En el año 1983 se establecieron siete ensayos con 18 procedencias, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío y Valle del Cauca, bajo diferentes condiciones biogeográficas. El mejor desarrollo en volumen (m^3/ha) se registró para la procedencia de Chongoni (Malawi), en los cuatro departamentos y en altitudes desde 2.000 a 2.700 m. Un segundo grupo lo conformaron las procedencias de Sudáfrica, Melsetter (Zimbabwe), y La Joya (Veracruz), Acaxohtlán (Hidalgo), y la procedencia de Piedras Blancas (Antioquia) tuvo un comportamiento intermedio.

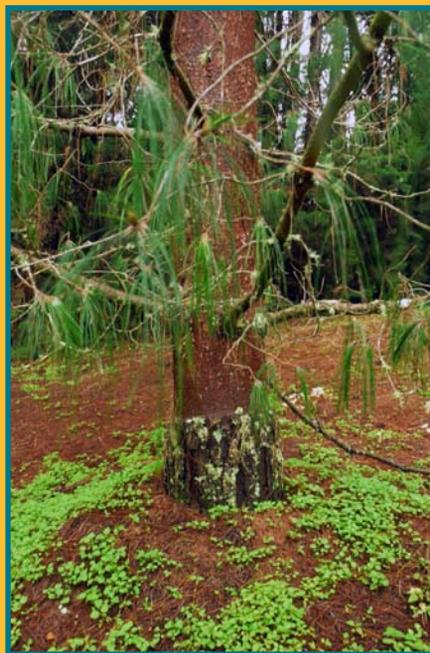
En el departamento del Cauca, a altitudes entre 1.750 y 2.500 m, la empresa Smurfit Kappa Cartón de Colombia evaluó fuentes semilleras de *P. patula* de Sudáfrica y Zimbabwe, y registró que la procedencia de Sabie, Transvaal- Suráfrica, fue la que obtuvo un mejor desarrollo.

En 1981, la empresa Cipreses de Colombia estableció siete ensayos de procedencias, en cuatro pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Se evaluaron cuatro procedencias de *Pinus patula* spp. *patula*, las cuales alcanzaron incrementos volumétricos de hasta $27 m^3/ha/año$. La procedencia con mayor desarrollo en volumen fue la de Sabie- Transvaal- Sudáfrica, le siguió en importancia la de Melsetter, Zimbabwe (huerto semillero,) y la de Guarne, Antioquia- Colombia (Restrepo y Atehortúa, 1985). En otros ensayos de procedencias realizados en Antioquia se encontró que la procedencia de Zimbabwe, así como la comercial de Sudáfrica, fueron las de mayor desarrollo.



Figura 9.

Huerto semillero de *Pinus patula* en Sotará (Cauca), establecido por injertación de individuos de comportamiento superior, dentro de las mejores procedencias sudafricanas.



En el municipio de Riosucio (Caldas), en un ensayo de procedencias y progenies, establecido por el INDERENA, sobresalieron las procedencias de Shume Luzoto de Tanzania y de Yessie Vale de Sudáfrica, con un volumen superior a 300 m³/ha, a los 7 años de edad. En Calarcá (Quindío) y Pereira (Risaralda), se observó que la procedencia de Melsetter (Zimbabwe) y comercial de Sudáfrica presentaron los mayores crecimientos (Díaz *et al.*, 1993).

Establecimiento de huertos semilleros clonales. Dentro de las mejores procedencias¹, se procedió a injertar las yemas de los individuos que presentaban un crecimiento mayor a los demás de la población. Una vez obtenidos los injertos, en el año de 1981, éstos fueron establecidos en la finca La Claridad, ubicada en Popayán (Cauca), a 1.850 m de altitud, en un huerto semillero de 5 ha aproximadamente, por Smurfit Kappa Cartón de Colombia (Ladrach, 1983).

¹Se seleccionaron individuos que presentaban un crecimiento mayor a los demás de la plantación y se procedió a conservarlos por medio de injertación.

Sin embargo, fue necesario trasladar el huerto al municipio de Sotará (Cauca), en la finca Peñas Negras, debido a que las investigaciones sobre la especie habían demostrado que por debajo de 2.000 m de altitud, la producción de semilla disminuye drasticamente (Lambeth y Vallejo, 1988), y a su vez tiende a incrementar su floración a mayor altitud.

En árboles injertados hay una mayor producción de flores femeninas sobre las masculinas, debido a que el punto en el cual se cosecha la yema a injertar se ubica en la parte superior de los árboles maduros y, es allí donde ocurre la mayor producción de flores femeninas. Para aumentar la cantidad de flores masculinas es necesario fertilizar cada árbol con 600 g de nitrato de amonio y 20 g de bórax. Además, debe aplicarse fósforo (P) para mantener un buen desarrollo radical de los clones en el huerto y de manera opcional, 300 g de calfos por árbol, si el nivel de calcio est por debajo de 2,0 meq/100 g de suelo, lo cual es una condición de deficiencia para el elemento (Ladrach, 1985).

Fuentes de semillas. En Colombia, las procedencias de semilla de *Pinus patula* más usadas y de mejor comportamiento en plantación han sido las de Sudáfrica, Provincia de Penhalonga y Zimbabwe. Las procedencias nacionales se registran en la Tabla 3.

Tabla 3. Fuentes de semilleras de Pino pátula en Colombia.

Departamento	Municipio	Propietario/plantación	Observaciones
Antioquia	Medellín	Industrias Forestales Doña María	Huerto semillero
Antioquia	Rionegro	Empresas Públicas de Medellín	Rodal semillero
Cauca	Sotará	Peñas Negras H1/SKCC	Huerto semillero
Cauca	Sotará	Peñas Negras/H2 SKCC	Huerto semillero
Cauca	Sotará	Carolina/SKCC	Huerto semillero
Caldas	Riosucio	Betania/SKCC	Huerto semillero

Fuente: Encuesta CONIF, 2000; Isaza, 2010.

Recolección de conos y semillas. Esta especie florece tempranamente; es común que las flores femeninas aparezcan al tercer año, las masculinas a partir del cuarto y las semillas viables a partir del quinto año. Igualmente, luego del cuarto año hay una producción de conos pequeños llamados microstróbilos, los cuales son abortados eventualmente. La producción de conos se estabiliza entre los 8 y los 10 años. En Colombia, la producción de conos es anual, con marcadas diferencias en la producción de un año con respecto al anterior. En Sudáfrica puede florecer y producir semilla cada año, en Australia al parecer la fructificación ocurre una vez cada 3 ó 4 años.

Los conos se desarrollan en un período de 22 a 30 meses, pero por su característica de ser serotinos, es decir, que pueden permanecer adheridos al árbol después de madurar por espacio de uno o dos años sin abrir y liberar la semilla, no pueden ser removidos por sacudida o golpeteo de las ramas. Los frutos marrones se recolectan antes de ocurrir la dehiscencia.

En sus sitios de origen (México), los frutos maduran durante los meses de invierno (noviembre - enero). En Colombia, la producción de semilla es media a baja, ya que el número de semillas viable por cono es de 10,1 y la falta de sincronización en la madurez de los estróbilos femeninos y el polen es una de las principales causas de la baja producción. Lambeth y Vallejo (1988), observaron que Pino patula en Colombia tiene una baja cantidad de semillas viables por cono, bajo porcentaje de semillas en elevaciones altas y una drástica disminución en la cantidad de conos por debajo de 2.000 m, ante esto, los autores recomiendan que los huertos productores de semillas se establezcan en altitudes de 2.500 a 3.000 m.

Los conos se pueden recolectar de tres maneras:

Ascenso directo al árbol y recolección de los frutos. Además de la dificultad del ascenso, tiene la desventaja de ocasionar daños en las ramas, las cuales serían fuentes de semilla en los siguientes 2 ó 3 años.

Aprovechamiento de las ramas producto de la poda. Sin embargo, esto implica baja obtención de semilla, pues hay muy poca formación de frutos en las ramas bajas.

Aprovechamiento en árboles apeados, producto de los raleos o entresacas. Infortunadamente bajo esta forma de recolección no se obtiene semilla de las mejores características, y además no puede volverse a obtener semilla de ese árbol. De éstas, la manera más utilizada y que origina una mayor pureza en la semilla recolectada, es el ascenso directo al árbol.

Extracción de semilla y limpieza. Los conos deben recolectarse en época seca para facilitar su apertura. Cada cono pesa en promedio de 36 a 50 g, y el número de semillas por cono es de 200 a 300. Habitualmente se recolecta una cantidad importante de semillas vanas, debido a que sólo una proporción de óvulos son fecundados. Un cono puede contener hasta 120 semillas pequeñas, pero de ellas un alta proporción son semillas vacías, por ello el número de semillas viables por cono varía entre 22 a 57, de acuerdo al sitio de origen. En México, se registraron 22 semillas por cono, para lo cual se requieren 48.545 conos para la producción de 1 kg de semilla, mientras que en Zimbabwe se reportan valores hasta de 57 semillas. En Colombia el número promedio de semillas viables por cono es de 10, sobresalen algunas poblaciones como las de Salento (Quindío) y Riosucio (Caldas), con 22 y 33 semillas viables por cono, respectivamente (Arce e Isaza, 1996).

En evaluaciones realizadas en Colombia, en 1996, en plantaciones comerciales se encontró que el número de semillas viables por cono era de 10,1, valor que representa sólo el 46% de las semillas viables obtenidas en rodales naturales en México. En los huertos semilleros de SKCC, establecidos en Sotará – Cauca (Finca Peñas Negras) y en Riosucio – Caldas (Finca Betania), el promedio histórico es de 34 semillas viables por cono (Isaza, 2010)². Con estos valores para la obtención

Tabla 4. Número de semillas viables de pino pátula, de acuerdo al sitio de origen.

País	Número de semillas viable por kilogramo
México	79.365 a 133.000
Kenia	110.00 a 145.000 y de 145 a 166.000
Rhodesia	100.000 a 150.000
Tanzania	105.000 a 127.000
Malawi	110.000
Sudáfrica	110.000-130000
Queensland	122.000 a 164.000
Colombia	44.620-71.760 – Proveniente de plantaciones
	65.000 – 98.000 (promedio de 92.500). Proveniente de huertos semilleros clonales de SKCC ³ .

²y³ Comunicación personal Ing. Nohora Isaza- SKCC- diciembre de 2010.

de 1 kg de semilla de pino se requieren aproximadamente 245 kg de conos. El porcentaje de semillas vacías está entre el 2% y el 16%. Stuart, 1954 citado por Wormald (1975), reporta que el número de plántulas por kilogramo es de 40.000 aprox., pero este valor puede variar entre 34.500 hasta 64.500.

Los conos pueden esparcirse sobre papel periódico y exponerlos directamente al sol; esta condición permite que abran rápidamente. Durante los primeros tres días los conos liberan el 85% del total de la semilla, permitiendo su recolección. Para la obtención del restante 15% es necesario hidratar los conos, es decir, adicionarles agua hasta que éstos se humedezcan, y luego, exponerlos nuevamente al sol.

Así mismo, los conos pueden colocarse en pequeñas estructuras o marcos de concreto, sobre una malla fina en el interior, en la cual se almacenan las semillas liberadas. Esta estructura debe estar cubierta por plástico, para que la temperatura pueda llegar hasta 50°C. Cerca del 85% de la semilla es liberada bajo este proceso. Cuando se trabaja con grandes cantidades de semilla, los conos se ubican en estantes y se les suministra aire caliente (vapor), a una temperatura de 66°C, durante 8 horas (Barret, 1973).

Limpieza y remoción de alas. Las alas de las semillas deben removerse por frotación entre las manos. Para limpiar grandes cantidades de semilla se puede utilizar una mezcladora de cemento, la cual debe hidratarse ligeramente, para facilitar la mezcla; este proceso no parece incrementar el contenido de humedad de la semilla. Los restos de frutos y de inflorescencias pueden removerse al pasarlos por una malla de bajo calibre. Para la remoción de impurezas y semillas vacías o vanas, puede utilizarse un ventilador de mesa.

Almacenamiento de semillas. Los factores más críticos para el almacenamiento de la semilla son el manejo de la humedad y la temperatura de almacenamiento. El contenido de humedad se debe reducir hasta un 5% ó 6% antes del almacenamiento, para ello una vez extraídas las semillas de los conos, deben ubicarse sobre zarandas o mallas finas, en un lugar ventilado y sin exposición directa al sol, para que con la ayuda de ventiladores se elimine el exceso de humedad de la semilla. Para un secado homogéneo, las semillas se deben agitar y mezclar constantemente.

Cuando el tiempo de almacenamiento es superior a un año, las semillas se deben empacar en contenedores plásticos, herméticos, con un contenido de humedad por debajo del 10%, a una temperatura de 2 a 6°C, la cual se logra en una nevera o un enfriador.

VIVERO

Se debe ubicar en una zona óptima para el desarrollo de la especie, es decir, en altitudes entre 1.600 a 2.200 m. Además, se requiere de buen suministro de agua, en términos de cantidad y calidad, área suficiente para invernaderos y eras de crecimiento. Es importante no ubicar el vivero en zonas en las cuales ocurran encharcamiento o heladas.

Propagación por semilla

Germinadores: Se recomienda hacer los germinadores elevados del suelo para evitar problemas de hongos y humedad. Es conveniente adecuarles una cubierta de plástico.

Sustrato: Para garantizar un buen drenaje de los germinadores y facilitar la germinación, se recomienda emplear un sustrato compuesto por tres partes de arena y una de suelo, con material previamente cernido, sin fragmentos de roca, para que quede suelto y homogéneo. La arena de mejor calidad para este fin es arena fina, conocida como arena para revoque.

En la actualidad uno de los métodos utilizados para la desinfestación del sustrato y el más conveniente para no afectar las micorrizas por la acción de un fungicida, es la aplicación del hongo *Trichoderma* spp., en cualquiera de sus presentaciones comerciales, en dosis de 4 a 5 g/L/m² de germinador, dos días antes de sembrar las semillas. En caso de no disponer de este producto y si se tienen antecedentes de problemas de volcamiento o mal del tallito, es necesario desinfectar el sustrato con un fungicida de amplio espectro como tiabendazol (Mertect® 500SC) o captan (Orthocide o Captan 50% WP P/P), a razón de 3 a 5 cm³/L/m² de germinador, uno o dos días antes de sembrar las semillas.

La semilla se coloca superficial y preferiblemente en hileras, para facilitar el crecimiento y posterior repique. Luego, utilizando un cernidor o cedazo, se tapa con una capa fina de 0,5 cm del sustrato, para tal fin puede utilizarse como material la

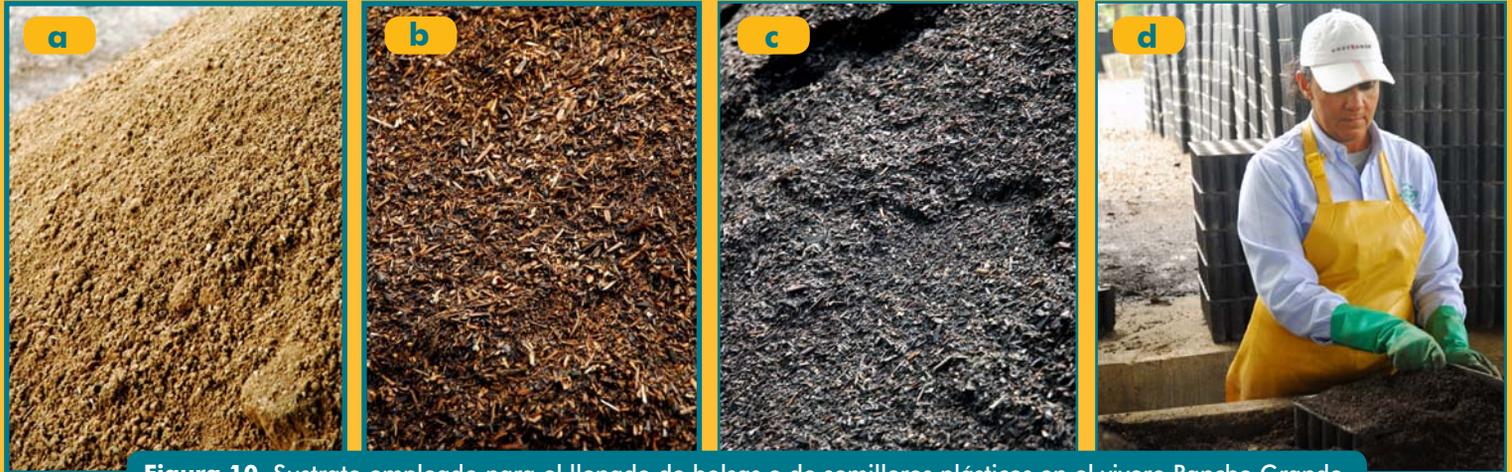


Figura 10. Sustrato empleado para el llenado de bolsas o de semilleros plásticos en el vivero Rancho Grande, propiedad de Smurfit Kappa Cartón de Colombia. **a.** Tierra proveniente de excavaciones; **b.** Aserrín compostado; **c.** Carbonilla; **d.** Llenado de semilleros plásticos con mezcla de suelo, aserrín y carbonilla en proporción 1:1:1.

carbonilla empleada en el germinador, teniendo precaución con piedras y terrones. Se debe evitar la exposición directa al sol y la lluvia.

En muchas empresas, por el tamaño de la semilla, se utiliza la siembra directa en *pellets* o germinadores plásticos, a razón de una o dos semillas por germinador, dependiendo del porcentaje de germinación, este último cuando la viabilidad del lote de semillas es bajo. Para la determinación de la viabilidad de los lotes de semillas, sin un ensayo de germinación previa, puede utilizarse una prueba de tetrazolio.

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Inmersión en agua. Humedecer la semilla, previo a la siembra, rompe la dormancia externa y homogeneiza la germinación. La semilla se sumerge en agua ligeramente caliente a 30°C, durante 24 horas. Este proceso acelera la capacidad de germinación, con porcentajes de germinación del 64% al 80%, a los 14 días. Además, este tratamiento permite separar la semilla vana o vacía, debido a que ésta flota y puede retirarse manualmente.

Inmersión en peróxido de hidrógeno. Las semillas deben sumergirse en una solución de peróxido de hidrógeno al 1,5%, para 1 kg de semilla se pueden utilizar 80 L de peróxido al 1,5%. Cuando la semilla ha sido almacenada por mucho tiempo, es necesario sumergirla en esta solución durante 4 días. Con este tratamiento pregerminativo se acelera la capacidad de germinación, con porcentajes de germinación de 38% al 74%, en el día 14, y del 80% en el día 16.

Estratificación. Cuando se ha almacenado la semilla, ésta se puede colocar en turba o arena humedecida a una temperatura de 2 a 3°C, durante 40 días, con lo cual se logra mejorar la capacidad de germinación.

GERMINACIÓN

En evaluaciones de germinación se registró que ésta puede iniciarse el día 12 ó 14 y extenderse hasta el día 70, cuando la calidad de la semilla y el sitio de propagación no son los ideales o no se ha hecho ningún tratamiento pregerminativo. La capacidad de germinación muestra como hasta el día 14, cuando ésta se inicia los porcentajes son del 27% y en el día 40 la germinación puede llegar del 75% al 90%.

Igualmente, se encontró que el repique es una de las actividades de mayor cuidado, debido a que en la actividad de transplante hasta el 60% de las plántulas, en condiciones extremas, pueden morir o deformarse por esta mala práctica (Wormald, 1975). Por ello, en muchos de los viveros del país prefieren la siembra directa en bolsas de polietileno, contenedores plásticos o *pellets*.



Figura 11. Plántulas de *Pinus patula* producidas en bolsa “tabaquera” 8 x 16 cm. Vivero Tablemac, Manizales.

En caso de que no haya siembra directa y sea necesario el transplante, éste debe hacerse cuando las plántulas hayan liberado los restos de semilla y sus acículas estén completamente extendidas. Antes de transplantarlas es necesario hacer un control fitosanitario, consistente en la aplicación preventiva de la mezcla de dos fungicidas como benomyl y mancozeb, en dosis de 0,6 y 4,0 g/L de agua, respectivamente, para evitar la acción de hongos que producen volcamiento o *damping off*.

TRANSPLANTE

Para el transplante o siembra directa se utilizan contenedores, cuya función es dar soporte físico a la planta por medio de cierta cantidad de medio de cultivo o sustrato y aportar a las raíces agua, aire y nutrientes minerales. Su objetivo es permitir el desarrollo de un buen sistema radical hasta la siembra en el campo, impidiendo que las raíces se tornen en espiral. Los tipos de contenedores más utilizados son:

La bolsa de plástico negra de dimensiones 8 x 16 cm, comúnmente conocida como “tabaquera”, con fondo resistente y perforado. Después de 3,0 a 3,5 meses de la germinación, las plántulas alcanzan una altura de 15 - 20 cm, que es el indicativo más reconocido para llevar las plantas al campo. Es necesario mantener una buena aireación y drenaje, ya que éstas son muy susceptibles a la alta humedad, la cual ocasiona *damping off* y necrosis de las hojas. Además, debe tenerse precaución en la técnica de transplante, porque una mala labor o una práctica de transplante mal hecha puede producir las deformaciones llamadas “cuellos de ganso” o “cola marrano”.

Semilleros plásticos o tubotes. El más utilizado para propagar pino es el contenedor plástico de 40 conos, de 12 cm de alto, 40 mm en la abertura superior y 20 mm en la abertura inferior. Cada cono tiene 4,0 cm de diámetro superior, 1,7 cm de diámetro

inferior y 12 cm de profundidad, con un volumen de 124 cm³. La característica más importante de estos conos, además de la facilidad en el manejo y transporte, es que permite un mejor desarrollo radical, por la presencia de venas verticales que direccionan las raíces hacia abajo, previniendo las malformaciones o “entorchamientos”. Para evitar el contacto del sistema radical con el suelo, y garantizar el geotropismo de la raíz; es decir que al encontrar un espacio vacío cesa su elongación, los “tubetes” deben estar suspendidos en camas soportadas por alambres con tensores a cada lado.

Los pellets (pastillas de turba prensada. Sistema JIFFY), son una alternativa a los contenedores plásticos, al ser sustrato y contenedor en uno. Son unidades de turba comprimida, una especie de musgo del género *Sphagnum* sp., dentro de una malla biodegradable, los cuales tienen la capacidad de absorber aire y agua (hasta siete veces su peso) y luego expandirse verticalmente como una esponja. Este contenedor es considerado el sustrato ideal para la formación de las raíces de las plantas, además de no usar grandes cantidades de suelo u otros sustratos.

Para pino el tamaño de los *pellets* más utilizado es de 36 x 10 mm de diámetro. La mayor ventaja de la utilización de los *pellets*, además de no necesitar sustrato, es que una vez la plántula está lista para transplantar en el campo, puede llevarse directamente sin necesidad de retirar la malla. Para su manejo en el vivero es necesario utilizar una bandeja plástica, de 92 cm de largo, 33,6 cm de ancho y 7,6 cm de alto, lo cual facilita el transporte. Cuando las plántulas se propagan en *pellets*, están listas para ser llevadas al campo entre 10 y 12 semanas después de la siembra de la semilla.

Fertilización. Los *pellets* empleados para la producción de pino, tienen un pH de 4,8 y pequeñas trazas de cal dolomítica con los siguientes elementos: Calcio (21% de Ca y 30% de CaO), Magnesio (12,5% de Mg y 21% de MgO), además de pequeñas muestras de microelementos como Fe y Cu, pero no tienen incluidos macroelementos. Por esta razón para obtener plántulas con excelentes características para su siembra en el campo, es necesario fertilizarlas, cada 15 días, durante su permanencia en el vivero (2,5 a 3,0 meses). Para una mejor aplicación de los fertilizantes granulados se recomienda disolverlos previamente en agua. En el primer mes es necesario fortalecer la raíz de la plántula y que haya buena emisión de hojas, por lo que se recomienda la aplicación de un producto fosforado, como fosfato diamónico DAP (18%-46%-0%). La cantidad de fertilizante a aplicar es de 0,03 g por plántula y para cada 100 plántulas se necesitarían 3 g de producto (DAP). Una regadera manual, generalmente tiene capacidad para 7 L, y alcanza para regar haciendo dos pasadas, dos metros cuadrados, si los *pellets* son de 36 mm, pueden ubicarse 576 *pellets* por metro cuadrado de era o de banco.



Figura 12.

Detalle de siembra y producción de plántulas en semilleros plásticos. **a.** y **b.** Siembra directa de dos semillas por tubete; **c.** Germinación epígea; **d.** desarrollo de primeras acículas; **e.** Repique de sitios donde germinaron dos plántulas a sitios vacíos; **f.**, **g** y **h.** Plántulas de 12-15 semanas de desarrollo, listas para campo y soportadas en camas colgantes; **i.** y **j.** Desarrollo aéreo y radical; **k.** y **l.** Desarrollo de ectomicorizas, *Rhizopogon roseolus* y *Bolletus* sp.



Figura 13. Detalle de la siembra y producción de plántulas en pellets de 36 mm x 10 mm de diámetro (102 cm³). **a.** Bandeja de 96; **b.** Sin hidratar; **c.** Hidratado; **d.** Plántulas obtenidas por siembra directa de dos semillas por pellet; **e y f.** Plántulas de 12 semanas listas para el campo; **g.** Bandejas con plántulas listas para su siembra en el campo, suspendidas en camas soportadas por alambres; **h. e i.** Desarrollo radical de plántulas de 12 semanas; **j.** Comparativo de plántulas de 12 semanas obtenidas en pellets y de 16 semanas obtenidas en bandeja plástica.



Después de la primera fertilización es necesario reforzar el desarrollo de la plántula, con la aplicación de elementos menores, siendo uno de los más importantes el boro (B). Para la fertilización con boro, puede emplearse boro líquido (Borolik), la aspersión se puede hacer con bomba de espalda a razón de 2 cm³/L, teniendo en cuenta que una bomba con capacidad de 10 L alcanza para fertilizar 40.000 plántulas. Para la aplicación de los demás microelementos se puede utilizar un producto líquido como Microcoljap al 5% (5 cm³/L de agua), aplicado con bomba de espalda.

El potasio (K) debe aplicarse una o dos semanas antes de la siembra de las plántulas en el campo. Previo a la aplicación, es necesario diluir el KCl en agua, a razón de 50 g en 20 L de agua, asperjando 0,5 g/árbol, con bomba de espalda. No es conveniente separar los *pellets* arrancando su raíces, por lo que es necesario remover el material y cortar las raíces que los *pellets* han entrecruzado, con una cuchilla fina; este corte es mejor realizarlo con el *pellet* húmedo.

Una vez aplicado el fertilizante y de manera preventiva, es necesario lavar con abundante agua las hojas de las plántulas, con el fin de prevenir problemas de intoxicación y quemazón de las hojas.

Micorrizas. Son microorganismos fundamentales para el desarrollo del pino pátula. Por lo general, las coníferas presentan una asociación con ectomicorrizas, y para el caso de Colombia, son varios los géneros que comúnmente se asocian a las raíces de pino, entre los que se encuentran: *Boletus* sp., *Rizophogun roseolus*, *Pisolithus tinctorius* y *Lacaria* sp. En Smurfit Kappa Cartón de Colombia las especies asociadas a las raíces de plántulas de pino pátula son *Rhizopogun roseolus* y *Bolletus* sp.

La mejor forma para aplicar las esporas de las micorrizas, es tomando los cuerpos fructíferos (setas) de estos hongos, especialmente su parte aérea llamada píleo o sombrilla, estas setas se licuan en agua y el producto obtenido se asperja sobre los contenedores a utilizar para el transplante de las plántulas (*pellets*, bandejas plásticas o bolsas plásticas). La aplicación de las micorrizas al semillero, debe hacerse dos veces, tan pronto se haya presentado una germinación por encima del 70%. Para el caso del *pellet* se recomienda asperjar la micorriza entre la sexta y séptima semana después del transplante.

Para las bandejas plásticas o bolsas se debe recoger la mezcla de los micelios de los hongos con la tierra de los bancos de micorriza y se mezclan con el sustrato de llenado de estos contenedores. El uso de tierra de bancos de micorriza tiene el inconveniente de contaminar con arvenses, nematodos, insectos y otros microorganismos, el sustrato donde se van a transplantar las plántulas.



Figura 14. Cuerpos fructíferos de ectomicorizas asociadas a *Pinus patula*. **a.** y **b.** *Laccaria lacata*; **c.** y **d.** *Bolletus* sp.; **e.** y **f.** *Amanita muscaria*; **g.** y **h.** *Lycoperdon* sp.; **i.** *Rhizopogon roseolus* (Fuente Figura f.: www.paphiopedium.pl//kolumbia_subparamo.html y Figura i. <http://www.setasdelmoncayo.com/exposicion/unas-fotos-estos-dias-t2832.html>)

PLANTACIÓN

Altitud. El rango altitudinal óptimo de establecimiento de pino pátula va desde los 1.800 hasta los 2.800 m. En Ecuador se han reportado ensayos a altitudes de 2.500 a 4.000 m, en donde encontraron que el mejor crecimiento se registraba entre los 2.500 a 3.000 m. De manera general, a mayores altitudes los crecimientos son menores.

Clima. En sus sitios de origen, se desarrolla bajo condiciones de clima templado húmedo o sub-húmedo, con precipitaciones de 40 mm en el mes más seco, con una precipitación anual entre 1.000 mm y 2.000 mm y temperatura media anual de 10 a 19°C. En cuanto a la temperatura media, promedios anuales mayores a 26°C no permiten que la especie se desarrolle adecuadamente y sus crecimientos son bajos.

Suelo. La especie alcanza su mejor desarrollo en suelos húmedos, profundos y bien drenados. En cuanto al suelo, la textura puede ser franca, arenosa o arcillosa, con pH entre 5,0 y 5,5 y, en algunos casos, puede adaptarse hasta valores de pH de 4,0 (Ramírez de G., 1991). La especie no se desarrolla bien en suelos poco profundos, debido a que tienen una baja retención de humedad, especialmente en épocas secas. Se ha comprobado que esta especie puede extraer agua hasta 4,3 m de profundidad y crecer satisfactoriamente sobre un horizonte endurecido, el cual es capaz de romper (Wormald, 1975).

En Sudáfrica se evaluaron las características de sitio que más influían en el crecimiento y producción de *Pinus patula* y se encontró que el carácter de mayor influencia es el origen del suelo (material parental), el espesor del horizonte B, la profundidad efectiva y el porcentaje de arcilla. Igualmente, en cuanto a nutrientes, la especie ha demostrado que es más sensible a las deficiencias de fósforo y a las altas concentraciones de aluminio, potasio y magnesio (Córdoba, 1984).

La cantidad de fósforo en el suelo es una condición que limita el desarrollo de la especie. *P. patula* es una especie rústica y plástica, que puede adaptarse sin dificultades a condiciones extremas de acidez en el suelo, cuando éstos le permiten obtener los elementos nutritivos. Un contenido de materia orgánica mayor al 8%, garantiza que las concentraciones de calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}) y fósforo (P) intercambiable y nitrógeno total no estén en condición de déficit en el suelo.

Topografía. El crecimiento de la especie está influenciado por la pendiente del terreno, la ubicación en la ladera y la posición fisiográfica. En zonas de altas pendientes el desarrollo de los individuos disminuye considerablemente en comparación con las hondonadas y sitios de baja pendiente, lo cual indica que pueden presentarse bajos desarrollos e incluso la muerte de las plantas en suelos con baja retención de humedad.

PREPARACIÓN DEL TERRENO Y SIEMBRA

Limpieza. El establecimiento de una plantación exige la limpieza general del terreno, así como la erradicación de las gramíneas. Aunque los pinos compiten bien con arvenses agresivas, es recomendable hacer una limpieza general del terreno antes de establecer la plantación; ésta se puede hacer aplicando un herbicida como glifosato, en una relación de 1,5 a 2,0 L/ha, de 150 a 200 L de la solución (agua + herbicida). Además, es necesario la adición de un pre-emergente, comercialmente conocido como combo, para garantizar que no haya competencia por arvenses, al menos durante 5 a 6 meses.

Una vez se registre la emergencia de arvenses, y al menos durante los primeros tres años, es necesario eliminarlas una vez éstas alcancen una altura de 50 cm; para ello, se debe programar una limpieza al menos cada seis meses y evitar que haya competencia con la plantación, para que ésta última no se retrase en su desarrollo. Con esta práctica se garantiza un buen crecimiento de la especie, libre de plagas y de arvenses indeseables. Al aplicar herbicidas es necesario tener en cuenta de no contaminar las fuentes de agua, que no se produzca o se acelere algún proceso erosivo y que las arvenses no presenten riesgo al secarse.

Densidad de plantación. La distancia de siembra depende del uso final de la plantación. Osorio (1994), en el análisis de espaciamiento de *Pinus patula*, a los 13 años de edad, encontró que distancias de siembra de 3,0 x 3,0 m (1.111 árboles/ha), 2,5 x 2,5 m (1.600 árboles/ha) y 3,0 x 2,0 m (1.666 árboles/ha), resultan ser las más adecuadas cuando el uso final de la plantación es para aserrío, ya que puede disminuirse paulatinamente hasta una densidad mínima que permita una ocupación óptima del terreno.

Ahoyado. Cuando la plántula a establecer se ha propagado en tubetes plásticos o en *pellets*, el hoyo donde ésta se sembrará debe tener 20 cm de profundidad y 12 cm de ancho, estas dimensiones se pueden obtener cuando el hoyo se hace con un chuzo, en forma de bastón y punta redondeada. En pendientes superiores al 30%, la limpieza se hace manualmente o mediante mantenimiento del plato con glifosato, en un radio de 50 cm. Cuando el suelo ha sido sobrepastoreado y está compactado, los hoyos donde va a establecerse la plántula deben ser de 30 x 30 x 30 cm, repicados en el plato y al fondo del hoyo, con el fin de airear el suelo y facilitar un mejor desarrollo radical.



Figura 15.

Detalle de la adecuación del sitio, trazado, ahoyado y siembra de plántulas de *Pinus patula*. **a.** y **b.** Lote adecuado y con trazado a 3 x 3 m (1.111 árboles/ha); **c.** Adecuación del terreno para el manejo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), adecuación en franjas y mantenimiento del plato con glifosato; **d.** Plántula en pellet lista para siembra; **e.** **f.** y **g.** Ahoyado con “chuzo” para la siembra de plántulas propagadas en pellets y cubetas, dimensiones de 20 cm de profundidad y 12 cm de radio.



Figura 16.

Planteo y siembra de la plántula establecida en bolsa tabaquera de 16 x 8 cm, en hoyo de 30 x 30 x 30 cm. **a.** Plántula lista para la siembra; **b.** Plántula recién establecida; **c.** Planta de 5 a 6 meses; **d.** Árbol de un año asociado a café.

Fertilización. Después de 30 a 45 días de la siembra, es aconsejable fertilizar la plantación con 50 a 70 g/árbol de NPK (15%-38%-10%), 8 g/árbol de bórax al 48% y 20 g/árbol de sulfato de cinc. Algunas investigaciones realizadas por SKCC (1978), muestran que esta especie responde bien a la aplicación de Calfos más bórax, lo cual se ve reflejado en la disminución del índice de árboles bifurcados y achaparrados.

Refertilización. En pino, la refertilización incrementa la productividad en madera comercial por hectárea, en porcentajes hasta de 45%; sin embargo, la respuesta depende de la fertilidad inicial del suelo, de la disponibilidad de los elementos y de la fracción de éstos que sean tomados por el árbol. El momento óptimo de iniciar este proceso es una vez realizada la primera entresaca la cual por lo general, se debe hacer entre el año 6 y 7, una vez se presenta el cierre de copas (Kane *et al.*, 1990).

Por lo general, para una mejor efectividad en la absorción y disponibilidad de nutrientes, se recomienda utilizar sulfatos (SO_4), fosfatos (PO_4) y cloruros (Cl_3), que son fuentes de dilución lenta a moderada, no se precipitan y además son monoespecíficos, favoreciendo la disponibilidad y asimilación del elemento. La refertilización se realiza con productos como el sulfato de amonio (N_3SO_4) 350 g/árbol, fosfato diamónico - DAP (18%-46%- 0%) 80 g/árbol, cloruro de potasio (KCl) 20 g/árbol, borato (B_2O_5 al 48%) 6 g/árbol y sulfato de zin (ZnSO_4) 10 g/árbol.

Podas. No se recomienda podar cuando el objetivo de la plantación es la producción de pulpa. En este caso, la poda sería necesaria para mejorar el desplazamiento al interior del lote ya que mejora el acceso y facilita la cosecha final o para crear una especie de barrera y reducir la acción del fuego en caso de probabilidad de un incendio forestal.

El objetivo fundamental de la poda es incrementar los crecimientos en diámetro y mejorar la calidad futura de la madera, con miras a su utilización para aserrío. *Pinus patula* tiende a desarrollar libremente ramas duras, lo cual limita su uso en el campo de la madera estructural; hacer la poda a edades tempranas (3-4 años) tiene los siguientes beneficios:



Figura 17.

Plantaciones de diferentes edades, en distintas zonas del país. **a.** y **b.** Plantaciones de 4 y 9 meses, respectivamente, en Cauca; **c.** De 2 años en Urrao; **d.** De tres años en Tolima; **e.** de cinco años en Cundinamarca; **f.** De 10 años en Pensilvania; **g.** De 16 años en Cauca; **h.** De 25 años en Cauca; **i.** De 25 años en Riosucio; **j.** De 30 años en Piedras Blancas.



Figura 18.

Poda realizada en sistemas silvopastoriles, para favorecer luminosidad y mejorar el crecimiento de pasto y además eliminar nudos en la madera. Densidades de siembra entre 278 y 625 árboles/ha.

- La madera tiene menos nudos y menos probabilidad de ser rechazada en el mercado
- La eliminación de varios tallos y ramas evita la formación de bifurcaciones, reduciendo la cantidad de madera de compresión (madera proveniente de copa y ramas)
- La poda incrementaría la cantidad de madera madura (aserrío)
- Menor proporción de árboles bifurcados

El tiempo óptimo para la primera poda, desde el punto de vista comercial, está entre los 3 y los 4 años. En algunas empresas, caso de SKCC, ésta se realiza cuando el 60% de los individuos alcanza un diámetro normal de 8 cm o una altura media de 5,5 m.

El momento e intensidad de la poda afecta negativa o positivamente el crecimiento en volumen. El porcentaje de la copa a remover no puede ser superior al 30% y se debe llegar máximo hasta el 50% de la altura total. Luckhoff (1949), encontró que una poda del 50% a los cuatro años, reduce en un 20% el incremento en volumen, mientras que si ésta se hace a los 8 años la reducción es solo del 10%.

En Colombia, en el año 1985, se realizó un ensayo de diferentes intensidades de poda (0%, 30%, 50% y 75% del total de la copa), en una plantación de 3,5 años, en Anserma (Caldas). A los 6 y 12 meses posterior a la poda, se encontró que el tratamiento con poda del 30% tenía un mayor incremento en volumen ($m^3/\text{árbol}$) con respecto a los que se les realizaron podas mayores al 50%. Una intensidad de poda del 70% reduce el volumen obtenido por árbol e incrementa la mortalidad hasta en un 32% (Endo y Vélez, 1992).

La poda debe realizarse con tijerones, sierras manuales o serruchos adecuados, para no rasgar el fuste del árbol. En zonas de alta susceptibilidad a hongos, los cortes se deben cubrir con pintura blanca a base de agua como cicatrizante o pasta bordeles.



Figura 19.

Podas en plantaciones de pino
a. Con tijerones; **b.** Con motosierra;
c y d. Con machete; **e.** Segunda poda en
plantaciones de 10 años con tijerones;
f. Primera poda en plantaciones de 10
años (Fuente: e. Conif, 2000).

Se debe evitar que el grosor de las ramas a remover sea menor a 5 cm, debido a que a partir de este diámetro, las ramas forman nudos en la madera, lo que le resta calidad comercial (ebanistería o tableros aglomerados). Cuando el diámetro de las ramas supera los 12,5 cm (5 pulgadas), hay una reducción considerable en el crecimiento en volumen y una alta probabilidad de rechazo.

Altura de las podas. Una vez que se haya realizado el primer raleo, el cual se efectúa entre los 7 y 8 años, se debe continuar con una segunda poda. La altura de poda debe ser hasta máximo 8 o 9 m, la cual es justificable desde el punto de vista comercial.

PLAGAS Y ENFERMEDADES COMÚNMENTE ASOCIADAS A *Pinus patula*

Plagas

Los insectos comúnmente asociados a plantaciones de *Pinus patula* corresponden a defoliadores de la familia Geometridae: Orden Lepidoptera, dentro de la cual las principales especies, según su importancia corresponden a: *Chrysomima semilutearia*, *Cargolia arana*, *Glena bisulca*, *Oxydia trychiata*, *Glena sp.* y *Cargolia pruna*; otras

de importancia potencial son *Bassania schreiteri*, *Melanolophia commotaria*, *Oxydia platyptera* y *Sabulodes glaucularia*. El daño de estas especies consiste en la defoliación parcial o total de los árboles, la cual está relacionada con factores como el manejo de la plantación, la densidad poblacional del insecto y las condiciones ambientales. El daño se origina cuando las larvas al alimentarse trozan las acículas, desperdiciando gran cantidad de follaje. Defoliaciones sucesivas en un mismo rodal pueden traer como consecuencia la muerte de los árboles, ocasionando cuantiosas pérdidas económicas. Las defoliaciones eventuales causan un cese en el crecimiento y estrés en las plantas, generando la aparición de otras plagas y enfermedades. En Colombia, se han detectado defoliadores geométridos en rodales, desde los ocho meses hasta edades superiores a los veinte años, en plantaciones localizadas entre los 1.650 y los 2.800 m.

El insecto en estado de larva presenta tres pares de patas torácicas, un par abdominal y uno anal, con el cual al desplazarse, le confiere el nombre de “falso medidor” o “midecuartas”. Aunque son especies de hábito nocturno, en el día se mimetizan simulando la forma de una rama, gracias a sus colores y a que pueden permanecer erguidas y adheridas al árbol mediante las patas abdominales y anales. Son especies de vuelo torpe y fotosensibles.

EL GUSANO CACHÓN *Chrysomima semilutearia* Folder y Rohenhofer (Lepidoptera:Geometridae)

Descripción del insecto

Adultos. Las mariposas presentan un marcado dimorfismo sexual, las hembras poseen antenas filiformes y una expansión alar de 46 mm; las alas anteriores presentan un mosaico entre café verdoso y amarillo terroso y las alas posteriores son de color café oscuro, con una mancha anaranjada intensa en el área distal y un borde apical irregular, en forma de un fino fleco. Los adultos machos presentan una envergadura alar de 32 mm, alas anteriores de color oscuro y café verdoso, el margen distal presenta un fleco muy fino. Las alas posteriores son cafés oscuras y en su parte ventral presentan una mancha blanquecina, con un punto central oscuro. Durante el día, los adultos se posan sobre la corteza del tallo y las ramas, pasando inadvertidos (Rodas, 1996; Rodas y Madrigal, 1996).

Huevos. La hembra puede poner en promedio 715 huevos, dispuestos en masas irregulares, que varían entre 14 y 863 huevos por masa, localizados sobre la corteza de tallos y ramas de los árboles. Los huevos

tienen forma de barril y en su parte apical son aplanados, con un grabado en forma de corona, miden 0,6 mm de ancho por 0,8 mm de largo; inicialmente tienen tonalidad verde oliva y cuando están próximos a eclosionar se tornan grises. La incubación de los huevos dura 11 días (Rodas, 1996; Rodas y Madrigal, 1996).

Larvas. Las larvas recién emergidas son negras, con una banda longitudinal blanca en las zonas pleurales, miden entre 2,1 y 2,5 mm, y a medida que crecen desarrollan un par de prominencias a manera de cachos en la parte anterodorsal del pronoto, una prominencia en el segundo segmento abdominal y otra en la parte dorsal del octavo segmento abdominal. Son más activas durante la noche, en reposo se adhieren a las ramas y al follaje con sus patas abdominales, en posición rígida, lo cual le permite pasar inadvertida, simulando ser parte del árbol. El estado larval dura en promedio 56 días y próxima a empupar mide entre 55 a 61 mm; en los últimos instares larvales se torna más voraz, causando mayor daño a las plantaciones (Rodas, 1996; Rodas y Madrigal, 1996).

Pupas. Las prepupas son inicialmente de color verdoso y luego son cafés. A los tres días pasan al estado de pupa de tonalidad marrón brillante. La pupa correspondiente al macho mide en promedio 16,5 mm, mientras que la hembra mide 21,9 mm dando una clara diferenciación sexual desde el estado pupal. En el campo, es común encontrar en un mismo capullo la pupa del macho y la hembra, asegurando su relación sexual para el estado adulto. La duración de la pupa es de 34 días en promedio (Rodas, 1996; Rodas y Madrigal, 1996).

Manejo y control

El manejo para este insecto está definido en un esquema de Manejo Integrado de Plagas Forestales (MIPF), el cual comprende una amplia gama de actividades culturales, físicas, mecánicas, biológicas y microbianas, fundamentadas en el monitoreo permanente de las plantaciones, la detección temprana de plagas y en el conocimiento de la biología, hábitos, ciclo de vida, ecología y enemigos naturales de cada una de las especies dañinas. En general, las actividades más importantes para el manejo de *C. semilutearia* son las siguientes:

Monitoreos para la detección temprana del insecto, con un reporte oportuno y registro de información.



Figura 20.

Detalle del gusano cachón del pino *Chrysomima semilutearia*. **a.** y **b.** Huevos; **c.** y **d.** Larvas; **e.** Pupa; **f.** y **g.** Adulto hembra.

Manejo físico de los adultos, por medio de la instalación de trampas de luz para concentrar población de adultos en áreas defoliadas y, por tanto, de sus posturas, las cuales pueden ser fácilmente recolectadas.

Manejo biológico de huevos, mediante la liberación del parasitoide de huevos *Telenomus alsophilae*, criado en los huevos de *C. semilutearia*.

Manejo microbiano de larvas, por medio de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* para el control en el primer y segundo ínstar larval.

Manejo biológico de larvas, mediante la liberación de *Podisus* sp. (Pentatomidae: Hemiptera) en sitios donde *Chrysomima* esté causando daño.

Manejo microbiano de pupas con aplicaciones de *Beauveria bassiana*

Manejo físico de pupas, se debe hacer solo en casos excepcionales, es decir, cuando las poblaciones son muy altas y el porcentaje de parasitismo está por debajo del 30%, en este caso puede resultar económico y eficiente la quema de pupas, las cuales se encuentran adheridas a los tallos.

GUSANO RUGOSO *Cargolia arana* (Dognin) 1895. (Lepidoptera:Geometridae)

Este insecto es considerado como una de las principales plagas del pino pátula, y el de mayor importancia económica en Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío.

Descripción del insecto. Alcanza tres generaciones al año y tiene una duración promedio de 101 a 118 días.

Adultos. En el día permanecen en el suelo, el tallo o las ramas. Son grises con líneas blancas, delimitando una área más clara en la parte media de las alas anteriores y una paralela al margen distal; las alas posteriores son blanco perla con una mancha gris, las alas anteriores presentan diferentes tonos de gris y flecos en su parte distal. Las hembras son de mayor tamaño que los machos y a diferencia de éstos presentan antenas filiformes, las de los machos son plumosas. Tanto hembras como machos mantienen las alas plegadas sobre el cuerpo durante el reposo, cubriendo casi por completo el abdomen en los machos y dejándolo al descubierto en las hembras. La cópula se efectúa en la noche siguiente a su emergencia y las posturas un día después de ésta (Madrigal, 2003; Pinzón, 1997).

Huevos. Son depositados en grupos de 250 a 480 huevos sobre la corteza del tallo y las ramas o sobre el follaje; este estadio tiene una duración promedio de 11 días. Los huevos son redondeados y aplanados en la parte apical, inicialmente son azules grisáceos, luego verdes claros con un punto café claro en el ápice, y cuando están próximos a eclosionar son negros y brillantes (Madrigal, 2003; Pinzón, 1997) .

Larvas. El estado larval tiene una duración entre 52 y 68 días. Las larvas recién emergidas son negras o café - verdosas, de 1,3 a 1,5 mm de longitud, su cuerpo es un poco aplanado en la parte ventral y con una gran cantidad de irregularidades en la superficie dorsal. A medida que avanza su desarrollo presenta diferentes coloraciones, como son: verde claro, verde musgo hasta negro, con dos pequeños puntos dorsales, uno en la región torácica y otro en los últimos segmentos abdominales. Se camuflan simulando excremento de pájaros (Madrigal, 2003; Pinzón, 1997).

Pupas. Cuando la larva ha alcanzado su máximo desarrollo, suspende su alimentación y se desplaza hacia el tallo principal donde inicia la construcción de un capullo de seda y de pedazos pequeños de corteza del tallo y agujas de pino que



Figura 21.

a. Posturas recientes de *Cargolia arana*; **b.** Huevos próximos a eclosionar; **c.** Larva de segundo a tercer ínstar; **d.** Prepupa; **e.** Pupa; **f.** Pupa y adulto hembra; **g.** Adulto hembra; **h.** Adulto macho (menor tamaño y antenas plumosas) y hembra de *C. arana*

encuentra en cercanías del sitio elegido. Las pupas, ubicadas en la parte media y basal del tallo, son marrones (Madrigal, 2003).

Manejo y control

El manejo para este insecto está definido en un esquema de Manejo Integrado de Plagas Forestales (MIPF). En general, las actividades más importantes para el manejo de *C. arana* son:

Monitoreos para la detección temprana del insecto y el reporte oportuno y registro de información.

Manejo físico de adultos mediante la instalación de trampas de luz para concentrar la población de adultos en áreas defoliadas y, por tanto, sus posturas, las cuales se pueden recolectar fácilmente.

Manejo biológico de huevos por medio de la liberación del parasitoide *Telenomus alsophilae*.

Manejo microbiano de larvas a través de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* para control del insecto en el primer y segundo ínstar larval.

Manejo biológico de larvas, mediante la liberación de *Podisus* sp. (Pentatomidae: Hemiptera) en sitios donde *Cargolia* esté causando daño.

Manejo microbiano de pupas con aplicaciones de *Beauveria bassiana*.

Manejo físico de pupas. Cuando el porcentaje de parasitismo por *Beauveria bassiana* está por debajo del 30% y las poblaciones son altas, puede resultar económico y eficiente la quema de pupas o la recolección manual de aquellas que se encuentran adheridas a los tallos.



Figura 22.

Huevos de

- a.** *Chrysomima semilutearia* y
b. *Cargolia arana* parasitados
por *Telenomus alsophilae*.

EL MEDIDOR DEL CIPRÉS *Glena bisulca* (Rindge) (Lepidoptera: Geometridae)

Descripción del insecto

Adultos. Son blancos, con abundantes manchas grises distribuidas uniformemente y un fleco denso que bordea las alas en su margen apical. A diferencia de las hembras, los machos son más claros y poseen antenas bipectinadas, las de las hembras son filiformes. Durante el día las mariposas se encuentran reunidas sobre el tronco de los árboles dando la apariencia de manchas blancas sobre el fondo oscuro del tallo del pino. En las noches revolotean y se distribuyen en todo el follaje del árbol. Depositán parte de los huevos el mismo día que emergen de la pupa. Viven de 2 a 7 días y durante este tiempo depositan un promedio de 350 huevos (Bustillo y Lara, 1971).

Huevos. Son pequeños, de 0,84 mm de largo por 0,45 mm de diámetro, difíciles de encontrar, debido a que las hembras colocan muy pocos huevos (3 a 10) entre las fisuras de los tallos. Tienen forma alargada, con gravados hexagonales en su superficie, inicialmente son de color verde oliva, luego se tornan rojizos y cuando están próximos a eclosionar son grises (Madrigal, 2003; Pinzón, 1997).

Larvas. Las larvas son de superficie lisa, verde amarillenta, café clara o gris clara o crema, con manchas pequeñas sobre el cuerpo, especialmente en la zona de la pleura; producen un hilo de seda que les sirve para desprenderse de las ramas de los árboles y se entierran a una profundidad de 2 a 5 cm (Bustillo y Lara, 1971). Recién emergidas roen las acículas, estrangulándolas por el punto de alimentación. A partir del segundo ínstar son capaces de trozar las acículas, causando un gran desperdicio de follaje, que se hace más evidente a partir del tercer ínstar cuando ya trozan la acícula desde la base (Bustillo, 1976).

Pupas. Son de forma ahusada, de color marrón brillante, miden de 20 a 25 mm de longitud y 4 a 6 mm de diámetro. Generalmente, se encuentran a unos pocos centímetros bajo el suelo, por ello se observan fácilmente al remover la hojarasca y la franja de acículas. Se concentran de preferencia en la base de los tallos, mueven ágilmente su extremo abdominal hacia los lados y el cuerpo completo en forma de giros sobre su eje longitudinal (Bustillo, 1976).

NUEVA ESPECIE DE MEDIDOR DEL PINO *Glena* sp. (Lepidoptera: Geometridae)

Descripción del insecto. Es considerado una nueva plaga de importancia para las plantaciones de *Pinus patula*, la cual fue reportado por primera vez en el municipio de Cajibío en el departamento de Cauca, y en la actualidad se ha encontrado en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Valle y Cundinamarca (Rodas, 1996).

Adultos. Son de hábitos nocturnos, durante el día permanecen posados sobre la corteza en el fuste de los árboles. La hembra presenta antenas filiformes, la envergadura alar es de 44,5 mm, las alas anteriores son de color café claro con dos líneas irregulares semiparalelas de color café oscuro, el borde apical irregular bordeado por un fleco muy fino, las alas posteriores son de color café claro con una línea irregular café oscuro. Los machos presentan antenas bipectinadas, con una expansión alar de 39,6 mm, las alas anteriores y posteriores presentan un mosaico de color café ligeramente oscuro (Rodas, 1996).

Huevos. Son depositados en forma aislada, debajo de las fisuras de la corteza del tallo y las ramas; presentan forma ovalada, con grabado a manera de piña. Inicialmente son de color verde oliva y próximos a emerger se tornan de color gris oscuro, miden 0,7 mm de largo por 0,5 mm de ancho. La incubación toma 11 días en promedio (Rodas, 1996).



Figura 23. Detalle de los diferentes estados de desarrollo de *Glena bisulca*.
 a. y b. Poblaciones de pino de 8 y 11 años, atacadas por el medidor del ciprés;
 c. Huevos fecundados; d. Larva de tercer ínstar; e. Larva de cuarto ínstar; f. Pupas;
 g. Ubicación de adultos a lo largo del tallo, durante el día; h. Adulto hembra;
 i. Adulto macho.

Larvas. Tienen cuerpo cilíndrico y liso, con tres pares de patas torácicas, un par de patas abdominales y un par de patas anales, su color varía de café oscuro recién emergidas a café claro amarilloso próximas a empupar, presentan una franja clara localizada longitudinalmente en la región ventral. Durante el estado larval transcurren seis ínstaes; en el primero tiene una longitud de 3,2 mm y para el sexto la longitud es de 37,5 mm. Su mayor actividad es nocturna, en reposo permanecen inmóviles y adheridas a ramas y follaje, pasando inadvertidas. La duración del estadio larval es de 45 días (Rodas, 1996).



Figura 24.

Detalle del nuevo defoliador *Glena* sp. **a.** Larva de cuarto ínstar; **b.** Pupa; **c.** Adulto macho.

Pupas. Se localizan en el suelo al pie del fuste de los árboles, cubiertas por hojarasca y acículas de pino. Inicialmente presentan una coloración verdosa y se tornan cafés y oscuras brillantes próximas a la emergencia del adulto, las pupas de los machos miden 13,6 mm y las hembras 14,7 mm de longitud. En promedio, la duración de este estadio es de 23 días (Rodas, 1996).

Manejo y control

Son varias las actividades que se deben llevar a cabo para hacer un buen control de estas dos plagas. Primero, se deben realizar monitoreos para la detección temprana del insecto y el correspondiente reporte oportuno y registro de información.

Manejo físico de adultos. Para ello deben instalarse trampas de luz y concentrar la población de adultos y hacer un manejo de los huevos.

Manejo microbiano de las larvas. Mediante la aplicación de *Bacillus thuringiensis*. Esta aplicación debe concentrarse en los estados larvales de primero y segundo ínstar.

Manejo biológico de larvas. Se han identificado varias especies de parasitoides de las familias Tachinidae e Ichneumonidae, predadores de las familias Pentatomidae y Reduviidae y una gran variedad de aves debido a su tamaño, las larvas en estado de desarrollo de cuarto y quinto ínstar, presentan una mejor condición para ser parasitadas por este tipo de parasitoides.

Manejo microbiano de pupas. Para el control de pupas se utiliza el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, además del hongo *Cordyceps* sp.

EL MEDIDOR GIGANTE DEL PINO *Oxydia trichiata* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae)

Descripción del insecto. El género *Oxydia* es de distribución Neotropical y hábitos polífagos. Varias especies de este género causan ocasionalmente defoliaciones en los cafetales de Colombia, éstas son: *Oxydia vesulia* Cramer, *Oxydia hispata* Cramer, *Oxydia trichiata* Guenée, *Oxydia obrundata* Guenée y *Oxydia noctuitaria* Walker (Benavides, 1974). Normalmente los ataques ocurren en cafetales donde hay abuso de insecticidas o donde las plantaciones de café están cercanas a brotes de estos insectos en plantaciones de coníferas (Cárdenas, 1976). Estas especies se consideran endémicas, con huéspedes primarios en otra vegetación del ecosistema, que cuando se eliminan, migran a monocultivos, causándoles defoliaciones severas (Bustillo, 1979). *O. trichiata* es de hábitos nocturnos, se observa en cópula temprano en las mañanas, en lugares oscuros y deposita sus huevos en el follaje (Bustillo, 1976).

Adultos. Es una polilla que semeja una hoja seca (color marrón claro), el macho es ligeramente más oscuro que la hembra. Cuando están en reposo, sobre las alas se observa un par de venas muy notorias que forman una “V” invertida, que en las hembras es de color marrón oscuro y en los machos es menos visible; en las hembras la punta de las alas anteriores es ligeramente arqueada. La envergadura alar de los machos es de 45 mm y de las hembras de 50 mm. La polilla es de vuelo rápido y en el día se posa sobre el follaje de las plantas, al intentar capturarlas se dejan caer semejando una hoja seca, pero cuando llegan al suelo emprenden el vuelo.

Huevos. Son depositados en grupos con un promedio de 60 huevos por grupo. Las posturas se encuentran generalmente en el follaje, pero cuando la población es alta los depositan en ramas, tronco, suelo y arvenses. Los huevos tienen forma de barril, son lisos, esféricos, presentan coloraciones amarillas que se tornan rojizas y cuando están próximos a emerger son grises oscuros (Bustillo, 2008; Madrigal, 2003).

Larvas. El estado larval dura aproximadamente 60 días. Las larvas inicialmente son verdosas con bandas claras longitudinales y la cabeza de color marrón claro; en su último estadio larval son de color marrón oscuro y presentan dos prominencias dorsales, alcanzando una longitud de 60 mm. Producen hilos de seda que les permiten descolgarse al suelo para empupar o para desplazarse hacia nuevos árboles. La larvas en sus primeros instares son muy activas y fototrópicas, y en su último instar muy voraces. Se camuflan fácilmente, ya que toman una coloración muy similar a las ramas de la planta hospedera y



Figura 25. *Oxydia trychiata* en plantaciones de *Pinus patula*. **a.** Plantaciones de pino de 9 años, defoliados por la acción de *O. trychiata*; **b.** Huevos recién ovipositados; **c.** Huevos fecundados; **d.** Huevos a punto de eclosionar; **e.** y **f.** Larva de tercer ínstar; **g.** Larva de quinto ínstar; **h.** Pupas; **i.** Adulto hembra; **j.** y **k.** Adulto macho.

por su posición erecta, simulan una ramita seca. El daño de larvas es notorio, debido a que trozan las acículas por la base, siendo considerablemente mayor la cantidad de follaje desperdiciado que el consumido (Madrigal, 2003).

Pupas. Son de color marrón oscuro sin brillo y presentan ganchos laterales en su extremo anal, se ubican en la base del tallo o en el suelo, tienen una longitud de 2,8 cm en promedio; este estado dura entre 26 y 30 días hasta que emerge el adulto. El ciclo, desde la eclosión del huevo hasta emergencia del adulto, dura cerca de 90 días (Bustillo, 1976). Las larvas prefieren la base del tallo como sitio para empupar, pero cuando las poblaciones son altas, las pupas se encuentran dispersas en el piso (Vélez, 1966).

Manejo y alternativas de control para el complejo de defoliadores de la familia Geometridae

La medida de control a aplicar depende del estado biológico en el que se encuentre la plaga. En estado adulto, para el control de las polillas de estas especies, es útil ubicar trampas de luz, debido a que son muy fotosensibles, lo que permite la congregación de adultos en los árboles aledaños a las lámparas, permitiendo su eliminación y la concentración de los huevos, que facilitará el control eficiente de éstos mediante la liberación de parasitoides, como *Telenomus alsophilae* (Hymenoptera: Scelionidae), *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y predadores como *Podisus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae).



Figura 26. Trampas de luz para captura de insectos defoliadores de la familia Geometridae. **a.** Trampa de Shanon, con luz amarilla, alimentada por batería de motocicleta; **b.** Trampa de grasa con luz amarilla; **c.** y **d.** Trampa de luz blanca con corriente eléctrica; **e.** y **f.** Trampa de luz blanca, alimentada por batería de 12 voltios.

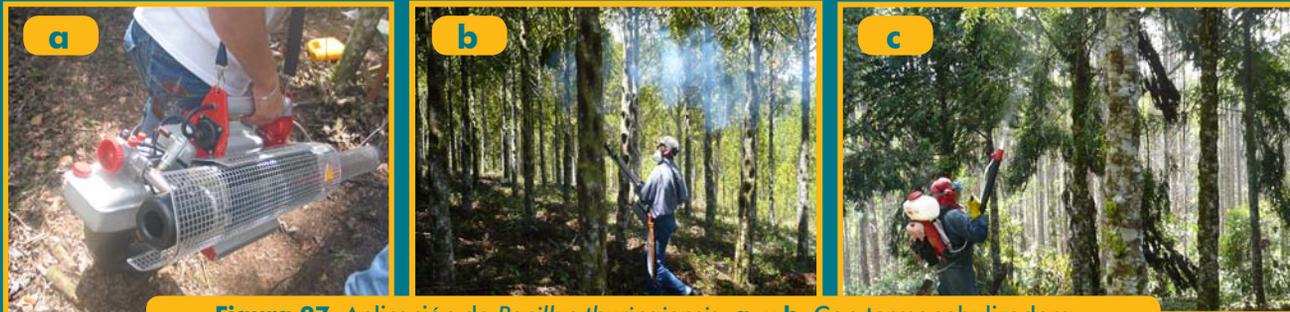


Figura 27. Aplicación de *Bacillus thuringiensis*; **a.** y **b.** Con termonebulizadora; **c.** con equipo motorizado de espalda.

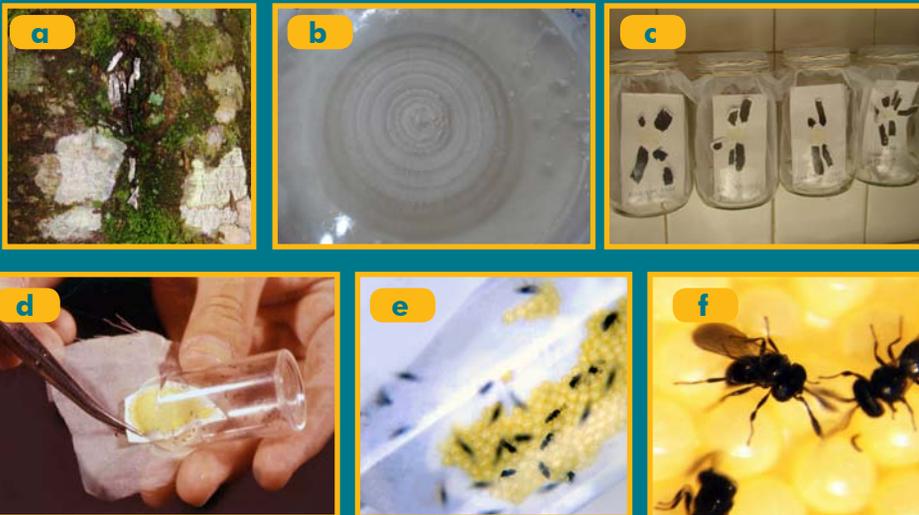


Figura 28.

a. Control de pupas por *Beauveria bassiana*; **b.** Crecimiento del hongo *B. bassiana* en medio de cultivo; **c.** *Chrysomima semilutearia*, posturas antes de ser parasitadas por *Telenomus alsophilae*; **d.** **e.** y **f.** *Telenomus alsophilae* parasitando huevos de *Oxydia trychiata*.

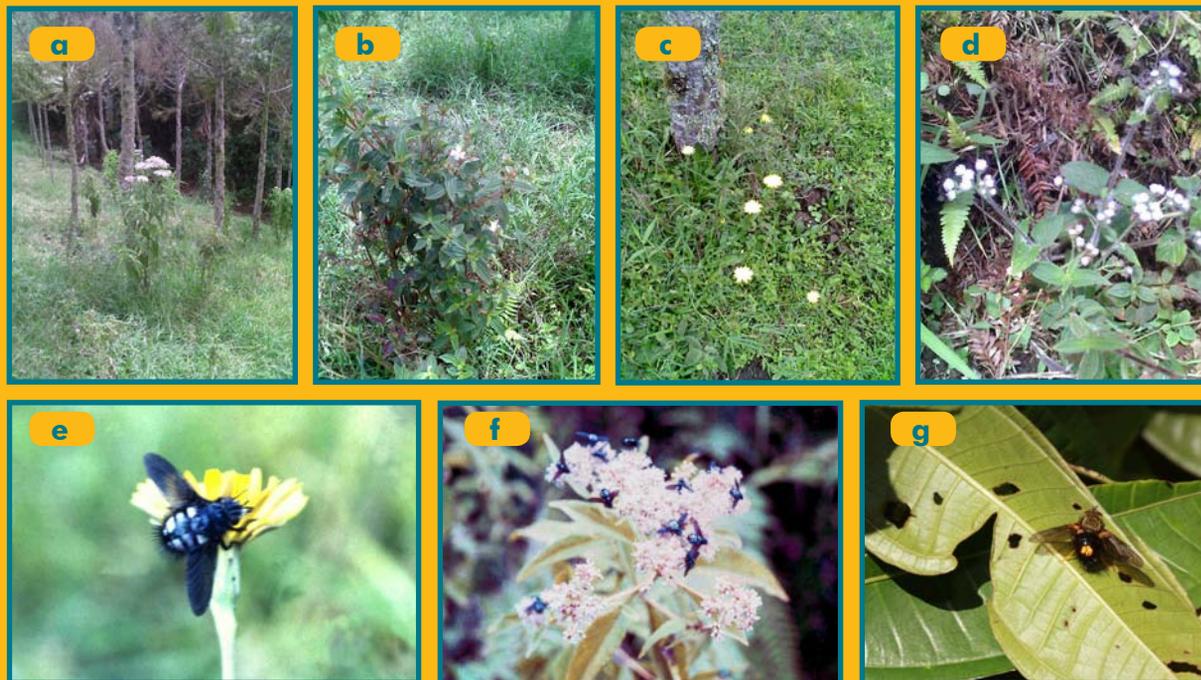


Figura 29.
 Plantas con flores
 aledañas a plantaciones
 de *Pinus patula*.
a. Salvia amarga
 (*Euphatorium* sp.);
b. Siete cueros
 (*Tibouchina* sp.);
c. Diente de león
 (*Taraxacum officinale*);
d. Salvia (*Verbesina* sp.);
e y f. Diente de león
 y salvia amarga como
 fuente de alimento de
Siphoniomya melaena;
g. Adulto de
Xanthoepalpus sp.,
 parasitoides de larvas y
 pupas.

Anteriormente se utilizaban las trampas tipo Shanon, las cuales constan de una manta de tela blanca, que en su parte interior lleva una fuente de luz blanca, los defoliadores llegan por todos lados y allí son recolectados con aspiradores manuales o pinzas, y luego son llevados a una cámara letal. Estas trampas han sido cambiadas por trampas de luz blanca, las cuales consisten de dos embudos, uno invertido colocado en la parte superior y otro en la parte inferior, unidos por láminas metálicas, colocadas en forma oblicua y sobre éstas una luz blanca. Las horas de mayor control están entre las 8:00 pm

y las 11:00 pm, y en horas de la madrugada 4:00 a 6:00 am, las cuales coinciden con las de mayor actividad. En estas trampas las capturas más comunes y sobresalientes por número y por hábitos alimenticios corresponden a *Glena bisulca*, *Oxydia trichiata*, *Chrysomima semilutera* y *Cargolia arana*.

Control microbiano de larvas. Los estados larvales son susceptibles al ataque de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*. Para ello, se pueden aplicar productos a base de Bt o de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk). Para mayor efectividad, estos productos comerciales deben presentar una concentración de 32.000 UFC/mg. Se puede aplicar en una dosis de 0,25 kg/ha, con un equipo termonebulizador o motorizado de espalda, después de las 3:00 p.m., de modo que se cubra la totalidad de la copa y el fuste de cada uno de los árboles afectados.

Control microbiano de pupas. Para el control de pupas se aplica el hongo *Beauveria bassiana*, en cualquiera de sus presentaciones comerciales. Bajo condiciones ambientales favorables, una vez las conidias (estructuras reproductivas del hongo) de *Beauveria bassiana* entran en contacto con la pupa, producen estructuras de anclaje y penetran dentro del insecto, allí se producen toxinas (Beauvericina), y el hongo destruye y se alimenta de los contenidos citoplasmáticos del insecto, hasta ocasionarle la muerte. Posteriormente, este microorganismo invade al insecto y produce nuevas conidias que son liberadas y parasitan un nuevo hospedero.

Control de huevos. *Telenomus alsophilae* es un parasitoide de huevos y se cría de manera artesanal sobre huevos de *Chrysomima semilutera* o de *Oxydia trichiata*. *T. alsophilae* al ser liberado pone sus huevos dentro del huevo del insecto plaga y su embrión se alimenta del mismo, causándole la muerte, de modo que en lugar de producirse una larva del defoliador eclosiona una avispa, que posterior a la cópula parásita otro huevo. Para un adecuado control, los huevos no deben tener más de cinco días, debido a que los porcentajes de parasitismo son sólo del 37,1% (Madrigal y Rodas, 1998). Cada hembra parásita entre 190 a 230 huevos en promedio.

Control Cultural. Se recomienda monitorear las plantaciones, no eliminar arvenses nobles, ni aplicar insecticidas químicos, que puedan acabar las poblaciones de controladores biológicos. Se ha comprobado que en plantaciones bien manejadas, sobre todo con aclareos oportunos, el ataque de los insectos es de menor intensidad.

Control cultural. Se deben mantener o introducir especies arbustivas y arbóreas que suministren néctar a los posibles enemigos naturales, especialmente moscas de la familia Tachinidae. Especies como *Xanthoepalpus* sp. y *Syphoniomyia melaena*, han demostrado ser buenas controladoras de huevos, especialmente de *Glena bisulca*, *Chrysomima semilutearia* y de *Oxydia trychiata*.

Otro grupo de insectos defoliadores de importancia para las plantaciones de *P. patula* en Colombia corresponde al orden Phasmatodea, los cuales se vienen registrando desde 1988.

INSECTOS PALO O MARÍA PALITOS (Phasmatodea)

Las identificaciones de los insectos incluidos en este aparte corresponden a recolecciones realizadas por la empresa Smurfit Kappa Cartón de Colombia, enviados a los especialistas internacionales y cotejados en el Museo Entomológico “Francisco Luis Gallego” de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Los insectos palo son el grupo de defoliadores de más reciente ocurrencia en plantaciones forestales en Colombia. Las infestaciones más grandes ocurren en plantaciones de *Pinus patula* a partir de los 10 años de edad. Los brotes de mayor importancia se han presentado en Pensilvania (Caldas) y en los departamentos de Antioquia y Cauca.

Descripción del insecto. Los insectos palo deben su nombre a que presentan el cuerpo cilíndrico y alargado, con coloración y prominencias similares a ramas secas. Su cabeza es libre, pequeña, con dos o tres ocelos o ninguno, ojos compuestos bien desarrollados, antenas filiformes, de 8 a 10 artejos, aparato bucal masticador, tórax cilíndrico, liso o provisto de espinas, alas bien desarrolladas en algunas especies y ausentes en otras. Son de movilidad baja, permanecen estables en las hojas, troncos, suelo y en la vegetación acompañante de la plantación. Ponen sus huevos sobre las ramas, algunas hembras suelen ponerlos de forma individual y, por consiguiente, no se pueden encontrar fácilmente (Madrigal, 2003).

Los huevos son ovalados o en forma de barril, la cubierta es dura, brillante o esculpida y con rugosidades, dorsalmente presentan una capa micropilar, que semeja el hilum de muchas semillas. Las ninfas son morfológicamente similares a los adultos, pero de menor tamaño, pasan por cinco instares hasta llegar al adulto. Los adultos presentan protórax corto y meso y metatórax alargados (Madrigal, 2003; Madrigal y Abril, 1994).

Descripción del daño. Los insectos palo son fitófagos, los adultos que son los mayores causantes del daño, son poco móviles y permanecen en el día camuflados en el follaje o en los tallos de los árboles, alimentándose con avidez durante la noche. Si el árbol es de hoja ancha, comen del borde hacia adentro, aunque igualmente pueden hacer perforaciones en el interior de la misma; cuando son acículas, como en el pino, las trozan dejando algunos centímetros de su parte basal. A partir del cuarto ínstar las ninfas se tornan más voraces, haciendo más notorio su daño en corto tiempo. Al alimentarse pueden causar defoliaciones con intensidades hasta del 80% (Madrigal, 2003).

El daño causado en estados ninfales inferiores consiste en la roedura en la parte media de la acícula, lo que trae como consecuencia el rompimiento de la misma y su caída. Generalmente, los ataques se deben a un complejo de especies, entre las que se destacan *Heteronemia striatus*, *Litosemyle* sp., *Libethra strigiventrus*, *Libethra spinicollis* y *Libethra* sp. Dada su poca movilidad los ataques pueden presentarse en focos, donde se puede observar defoliación en poco tiempo.

Los reportes de daños más severos por estas especies corresponden a los presentados en Pensilvania (Caldas), donde se registraron *Libethroidea inusita* Hebard y *Planudex cortex* Hebard. En el Valle del Cauca, en plantaciones de Cartón Colombia, se observaron varias especies de caballito de palo, entre las más representativas se encuentran *Heteronemia striatus* y *Libethra spinicollis* (Rodas, 2010⁴; Madrigal, 2003).

Hábitos. Los adultos se dispersan caminando, debido a que la mayoría son ápteros; en los dos primeros ínstares el desplazamiento ocurre por medio del viento. Este insecto tiene varias estrategias defensivas entre las cuales se cuentan: La secreción de sustancias de olor fétido por parte de la hembra, la capacidad de camuflaje en ambos sexos durante todas las fases de desarrollo, y la tanatosis, que consiste en colocar rígido el cuerpo con las patas anteriores unidas completamente a las antenas y las patas medias y posteriores colocadas hacia atrás y unidas al cuerpo, lo que los hace confundir con trocitos de tallo o ramas secas en el suelo. Otro mecanismo de defensa es la autonomía para desprender una o varias patas y regenerarlas holomórfica o heteromórficamente.

⁴ Comunicación personal Dr. Carlos Rodas, Smurfit Kappa Cartón de Colombia.

Libethroidea inusitata Hebard 1919 (Diapheromeridae: Subfamilia Diapheromerinae) (Ramírez, 2009)

Descripción del insecto

Adultos. El ciclo de vida tiene una duración de 196 días. Los adultos viven en promedio 46 días. Las hembras son de color café claro y los machos de color oscuro, miden de 60 a 65 mm de longitud, su cabeza es pequeña, con ojos semiesféricos prominentes, no presentan ocelos, las antenas siempre son más largas que las patas anteriores, tórax cilíndrico el cual alcanza aproximadamente la mitad de la longitud total del cuerpo. Los machos son de apariencia muy delgada y sus coxas y trocánteres son verdes claros. Las hembras son robustas y de color más claro (Madrigal y Abril, 1994; Pinzón, 1997).



Figura 30.
Detalle del tipo de daño
causado por insecto palo

Huevos. Los depositan en el suelo, donde se mezclan con el colchón de acículas. El color inicialmente es verde oscuro y luego se torna café oscuro. Tienen forma ovalada, son más gruesos en el extremo del opérculo, presentan numerosas pilosidades en su parte central y periférica, la longitud va desde 3,1 hasta 3,3 mm y de 1,7 a 1,9 mm de ancho, la duración de este estado es de 73 días en promedio (Madrigal y Abril, 1994).

Ninfas. Recién emergidas son desproporcionadas en relación con el tamaño del huevo, son de color verde hasta el quinto ínstar, a partir del cual toman una coloración café. Tiene cinco estadíos ninfales, con la siguiente descripción. Ninfa I: Duración de 13 días en promedio, su longitud al emerger es de 10,5 mm, con antenas largas de 9 segmentos, no tienen ocelos. Inmediatamente después de la eclosión las ninfas buscan plantas y en éstas el tejido más joven. Son de hábitos nocturnos y durante el día permanecen inmóviles y adheridos por el envés de las hojas (Madrigal y Abril, 1994).

Ninfa II. la duración promedio es de 16 días, longitud media de 16,8 mm, presentan 19 segmentos antenales, son lentas en sus movimientos, presentan un desarrollo mandibular suficiente para romper el tejido foliar, por ello las acículas son roídas en diferentes partes y no trozadas, causando daño en yemas principales y secundarias (Madrigal y Abril, 1994).



Figura 31.

Libethroidea inusitata
en plantaciones de *Pinus patula*, en el municipio de Pensilvania (Caldas).
a. Ninfas; **b.** Ninfa V (macho).

Ninfa III. La duración de este estadio es de 20 días en promedio, longitud media de 24,4 mm en promedio y presentan 35 segmentos antenales; aquí se empiezan a ser notorios sus espiráculos, los apéndices caudales ya permiten definir el sexo y las antenas son más largas que las patas anteriores (Madrigal y Abril, 1994).

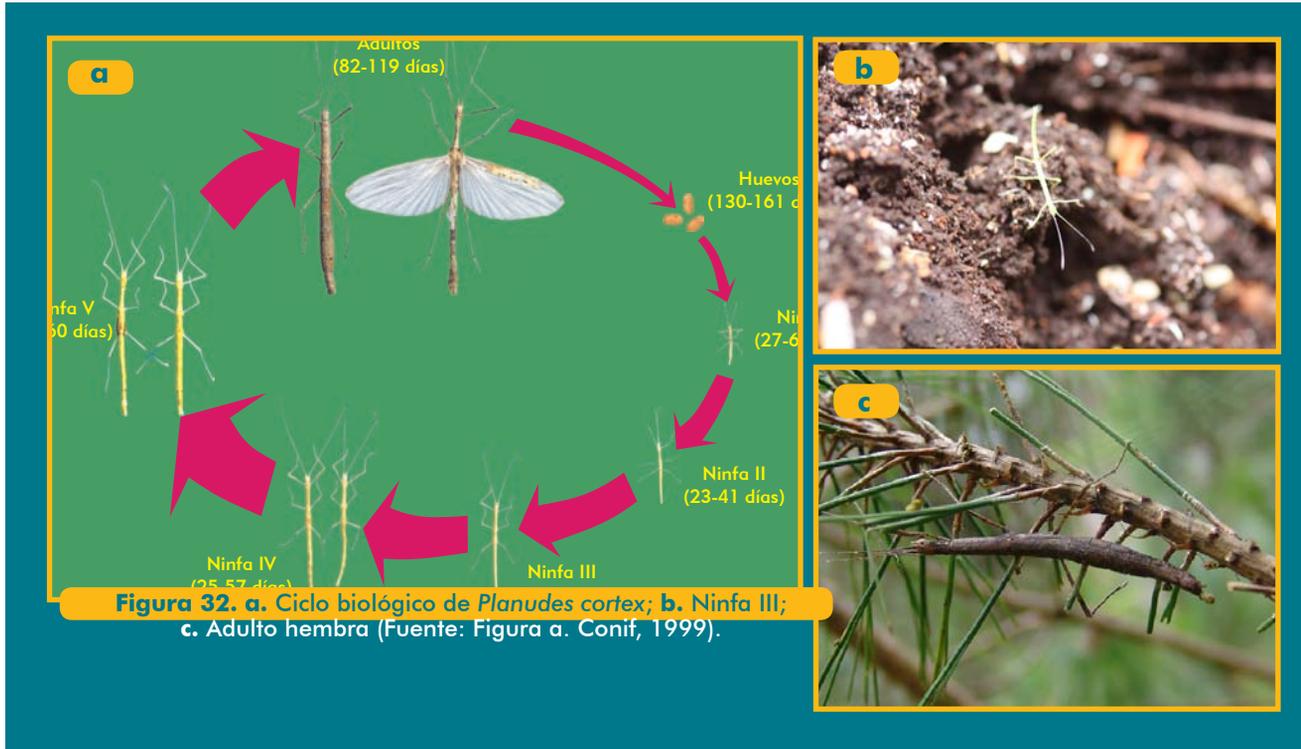
Ninfa IV. Tiene una duración promedio de 18 días, son de color verde que va tornándose café, con gran capacidad de mimetizarse, lo cual la hace difícil de detectar en el campo. La longitud en promedio es de 40 mm, con antenas de 56 segmentos. A partir de este instar se vuelve muy voraz (Madrigal y Abril, 1994).

Ninfa V. En promedio tiene una duración de 10 días. Son de color café claro, miden aproximadamente 55 mm, las antenas tienen 56 segmentos antenales, los machos son de apariencia muy delgada y sus coxas y trocánteres de color verde claro, que contrasta con el color verde muy oscuro del cuerpo, hembras robustas y de color café claro (Madrigal y Abril, 1994).

***Planudes cortex* Hebard 1919 (Pseudophasmatidae: Subfamilia Xerosomatinae) (Ramírez, 2009)**

Descripción del insecto. La duración del ciclo de vida desde huevo hasta adulto es de 148,5 días.

Adultos. En promedio la duración de este estado es de 70,1 días. Tanto la hembra como el macho son de color café claro, aunque la hembra puede ser amarillo-verdosa. El macho es menos robusto, las alas posteriores alcanzan su mayor tamaño, pero la capacidad de volar es poco desarrollada; la hembra es más voraz, es común observarla en las estrías de los árboles, donde copulan y ponen sus huevos.



Huevos. Son depositados libremente por la hembra en las estrías de la corteza. Se les encuentra igualmente mezclados con los excrementos, siendo de un tamaño similar. El huevo es de color gris opaco y con forma de barril. La duración del período de incubación es de 148 días (Pinzón *et al.*, 2003).

Ninfa I. Tiene una duración en promedio de 38 días, mide 9,4 mm de longitud, es de color amarillo con pigmentación color crema y antenas que alcanzan casi la longitud del cuerpo. En el laboratorio inicia su alimentación después de tres días y la suspende uno o dos días antes de la muda (Pinzón *et al.*, 2003).

Ninfa II. Es de 17,8 mm de largo (sin antenas), la duración de este estadio es de 28,5 días, conserva la coloración amarillo claro, con alguna pigmentación pardo- rojiza.

Ninfa III. Dura en promedio 29 días, la longitud es de 25,2 mm de longitud, conserva la coloración amarillo clara, se insinúan las tegminas y primordios alares (Pinzon *et al.*, 2003).

Ninfa IV. En la hembra la duración es de 40,5 días y en el macho es de 36,5 días, en promedio. Su longitud es de 34,2 mm, predomina la coloración amarilla clara, es mayor el tamaño de las tegminas y los primordios alares, que cubren dos terceras partes del metatórax, en esta etapa de desarrollo se hacen más voraces.

Ninfa V. Tienen un promedio de longitud de 49,8 mm y 40 días de duración, coloración marrón y pequeñas verrugas sobre el tórax, las cuales pueden ser o no pigmentadas y negras.

Control cultural. Las podas y entresacas permiten la entrada de luz a las plantaciones y, por ende, el establecimiento de especies herbáceas y arbustivas, lo que trae consigo el aumento de especies hematófagas y predadores.

Control mecánico. Se puede hacer la recolección de individuos en forma manual. Aunque esta labor es efectiva, es poco recomendada por su alto costo. La utilización de bandas de grasa con pegantes o las llamadas trampas pegajosas, ubicadas en el tallo de los árboles, son bastante efectivas, especialmente en épocas de alta emergencia de ninfas, aunque igualmente son muy onerosas. Se puede pensar en el control de estados susceptibles como huevos, ya que están en el suelo y cuya incubación se toma de dos a tres meses.

Control biológico. La aspersión de *Beauveria bassiana* ha mostrado acción sobre huevos y adultos, con controles de 5% y 16%, respectivamente, para la zona de Sotará (Cauca) y del 100% sobre ninfas II y IV para el sector de Riosucio (Caldas⁵). De igual manera se han encontrado huevos parasitados de manera natural por este hongo entomopatógeno.

⁵ Comunicación personal Dr. Carlos Rodas. 2011.



Figura 33. Control de *Planudes cortex*. **a.** y **b.** Detalle del control mecánico de ninfas I, II y III, para lo cual es necesario despejar el área del plato; **c.** Trampas adhesivas con ninfas I, II y III capturadas; **d.** *Adelphe* sp. parasitoide de huevos de *Planudes cortex* **e.** Ninfas afectadas por *Beauveria bassiana*; (Fuente: c. madrigal, 2005).

En el campo se ha evaluado la disminución considerable de las poblaciones de fásmidos al aplicar *B. bassiana* en dosis de 2×10^7 conidias por centímetro cúbico (cm^3). La liberación de la chinche *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae), contribuye a disminuir las poblaciones de adultos, con mayor efectividad cuando éstos son traídos de zonas donde la abundancia de la plaga ha bajado. Existen varias especies de parasitoides de la familia Tachinidae, las cuales parasitan ninfas y adultos, de éstas la especie *Anisia* sp., ha mostrado parasitismo de hembras. El mejor control de las poblaciones de insectos palo se ha obtenido con el parasitoide de huevos *Adelphe* sp., con controles hasta del 63%, en trabajos realizados por la empresa Smurfit Kappa Carton de Colombia en la zona de Sotará en Cauca⁶.

⁶ Comunicación personal Dr. Carlos Rodas. 2011.

LA HORMIGA ARRIERA O CORTADORA DE HOJAS (*Atta cephalotes*) (Hymenoptera : Formicidae)

Tipo de daño. Plaga de importancia económica en plantaciones de pino, en los primeros años de plantación. Recolectan fragmentos de hojas para almacenar en sus nidos y formar un mantillo, sobre el cual cultivan una especie de hongo llamado *Leucoagaricus gongylophorus*, el cual les sirve de alimento. El crecimiento del micelio sobre los pequeños fragmentos, tiene forma de esponja, lo que facilita la oviposición y desarrollo del hormiguero (Reyes y Guzmán, 2007). Pueden causar defoliación parcial o total del árbol; cuando su ataque es permanente, causa defoliaciones sucesivas y el árbol muere. Se han registrado defoliaciones hasta del 100% en plantaciones.

Hábitos

Formación, tamaño y duración del hormiguero. En la época de lluvias, las hembras y los machos se disponen para el vuelo nupcial. La hembra al ser fecundada, corta sus alas y busca un lugar para el establecimiento del hormiguero, a orillas de camino, claros de vegetación o taludes, en los cuales puede cavar una galería de 8 a 25 cm de profundidad. Luego, tapa el orificio de entrada y regurgita una bola del hongo que recolectó en su hormiguero de origen; después de 4 a 6 días inicia la puesta de huevos, que darán origen a las primeras operarias. Un hormiguero puede alcanzar su máximo desarrollo en 10 años y ocupar una superficie de 100 m² y 3,5 m de profundidad.

Descripción del insecto: La metamorfosis de huevo a adulto dura 57 - 60 días; una obrera adulto presenta una longevidad de 120 días y en la reina es de 15 años. Después de 80 a 100 días, las primeras obreras retiran la tierra que sella la salida, salen y comienzan su labor. Al nacer las diferentes castas se coordina la exploración, corte, limpieza y carga de acículas al hormiguero a cargo de las exploradoras, cortadoras, escoterías y cargadoras, respectivamente. También están las nodrizas, encargadas del cuidado de los estados inmaduros depositados por la reina (huevos fecundados por su banco de esperma o no fecundados, larvas y pupas) y las jardineras que cultivan el alimento.



Figura 34.

Detalle de la formación del hormiguero donde se muestra su organización social. En su interior está la reina, que es la hembra fértil, encargada de fundar el hormiguero.



Figura 35. Las hormigas ápteras son las que permanecen en el hormiguero. **a.** Reina; **b.** Exploradoras; **c.** Camino elaborado por las hormigas arrieras.

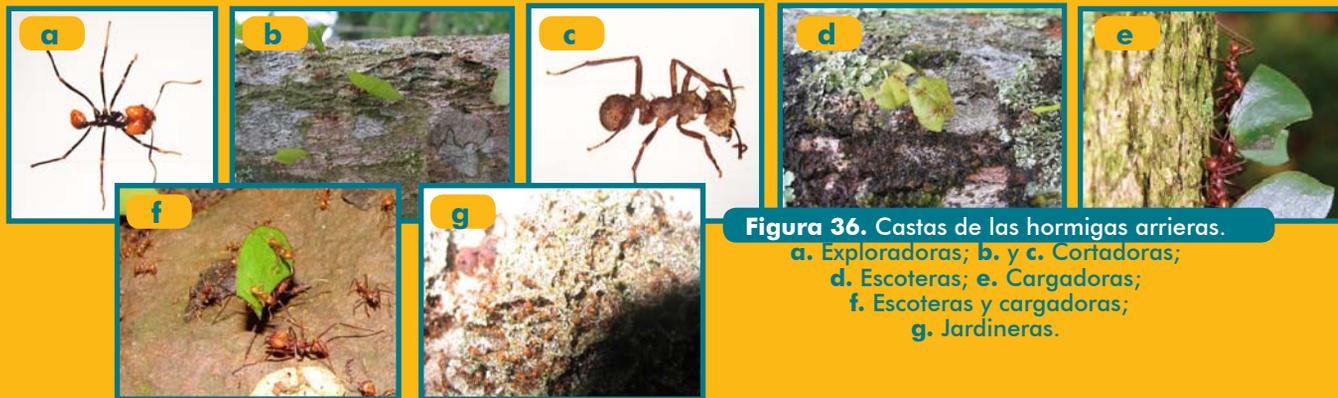


Figura 36. Castas de las hormigas arrieras. **a.** Exploradoras; **b.** y **c.** Cortadoras; **d.** Escoteras; **e.** Cargadoras; **f.** Escoteras y cargadoras; **g.** Jardineras.



Figura 37. Castas temporales: machos y hembras vírgenes. Los individuos alados son temporales en los hormigueros, su única función es la de copular.

Manejo y control

Control mecánico: Es necesario identificar el número de hormigueros por unidad de área. Deben localizarse los caminos de forrajeo y las bocas de entrada del hormiguero. Los hormigueros deben marcarse con una señal llamativa y semipermanente, que permita su clara identificación. El objetivo es la eliminación de la reina; la muerte de ésta lleva a la extinción del hormiguero. La eliminación de obreras o soldados sólo disminuye la actividad de las hormigas en una o dos semanas. El mejor momento para localizar la reina es 3 meses después del vuelo nupcial, cuando las primeras obreras están abriendo el primer orificio al exterior y la única cámara se encuentra a unos 20 cm de profundidad. Labrar la tierra cada vez que se va a establecer un cultivo, elimina los hormigueros iniciales y expone la reina a la acción de predadores.

Control biológico: Pueden utilizarse cebos humedecidos con jugo de naranja, con avena o salvado de maíz y hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. También se puede aplicar el hongo *Trichoderma hartzianum*, con insufladora o en forma de cebo, con el cual se contamina el hongo que constituye la base alimenticia del hormiguero. En trabajos realizados en colonias en cautiverio en los laboratorios de Smurfit Kappa Carton de Colombia se han obtenido controles del 100% a los 86 días usando cebos con *B. bassiana* y a los 114 días con *Trichoderma* sp. (Madrigal, 2003).

Plantas como el higuero (*Ricinus communis*), el ajonjolí, el centrosema (*Centrosema brasilianus*) y la batata dulce (*Ipomoea batata*), inhiben el crecimiento del hongo del cual se alimentan las hormigas (Madrigal, 2003).

Control químico: Para el control se utilizan el diflubenzuron y clorpirifos. Para una mayor eficacia, el producto se debe aplicar con insufladora cuando los hormigueros son pequeños, y con termonebulizadora cuando son grandes, siendo necesaria antes de su aplicación la remoción de la tierra suelta depositada en la superficie de los nidos. La dosis recomendada es de 10 g de ingrediente activo por metro cuadrado de hormiguero.

En los cebos se utilizan los ingredientes activos clorpirifos, fipronil y sulfloramida. Se debe evitar que los cebos se humedezcan antes de su aplicación. Éstos se pueden aplicar en senderos y cerca de las bocas principales, a 15 cm de distancia. No se debe aplicar repetidamente el mismo cebo en el hormiguero, en un lapso menor a 4 meses.

Algunos productos químicos son compatibles con el ACPM, como el caso del fenitrotion y clorpirifos, los cuales se pueden aplicar por medio de una termonebulizadora. Estos tratamientos son muy eficaces y pueden programarse en cualquier época del año.

GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera : Noctuidae)

Descripción del insecto. El gusano cogollero presenta un ciclo de vida corto y un alto potencial reproductivo. En el vivero, la hembra oviposita hasta 900 huevos en el envés de las hojas bajas, formando masas de varias capas, y los cubre con escamas y secreciones. Inicialmente, los huevos son de color beige a verde pálido o rosado y próximos a eclosionar son rojizos o grises. Las larvas recién emergidas son blancas con pubescencias y la cabeza es negra. En su máximo desarrollo, el color de las larvas varía entre castaño claro, oscuro o verde claro; presentan una "Y" invertida formada por las suturas epicraneales. Empupan en el suelo entre 2 y 8 cm de profundidad, en una cámara pupal de color marrón claro. Los adultos son de hábitos nocturnos y muy fototrópicos, de color pardo moteado.



Figura 38. *Spodoptera frugiperda*. **a.** y **b.** Larvas de segundo y cuarto ínstar atacando plántulas de *Pinus patula* propagadas en bandeja plástica; **c.** y **d.** Larvas de cuarto ínstar en el sustrato de propagación de *P. patula*; **e.** y **f.** Larvas de quinto ínstar antes de empugar; **g.** Pupa; **h.** Adultos macho (izq.) y hembra (der.).

Descripción del daño. Presentan hábitos de tierrero, trozador, comedor de hojas y, en algunos casos, hábitos caníbales, pueden convertirse en gusano ejercito y su daño es devastador. El daño en el vivero es debido a su hábito de comedor de raíces y trozador de plántulas cerca del cuello de la raíz, adicionalmente, se alimenta de la lámina foliar y de los terminales cuando el árbol está más lignificado.

Manejo y control. *S. frugiperda* presenta una amplia gama de enemigos naturales (Madrigal, 2003). El control de la población del insecto plaga puede llevarse a cabo con hongos entomopatógenos como *Numoraea rileyi* y *Paecilomyces lilacinus*, y la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*; la aplicación puede hacerse en forma de cebos o mediante aspersión con bomba o equipo motorizado de espalda. En estado de huevo el control se logra liberando parasitoides como *Trichogramma atopovirilia*, *T. exiguum* y *Telenomus remus*. Para el control en el vivero suelen hacerse recolecciones manuales.

GUSANO ROJO PELUDO *Lichnoptera gulo* Herrich-Schäffer 1850 (Lepidoptera : Noctuidae)

Descripción del daño. Las larvas hacen el daño trozando las acículas de pino, tan pronto emergen de los huevos. En sus primeros días de desarrollo se concentran en los cogollos y a medida que crecen van descendiendo; en sus últimos instares son muy voraces y causan defoliación total de los árboles (Bustillo y Lara, 1971; Pinzón, 1997). Durante el tiempo de alimentación, fabrican una celda sobre las ramas de pino, en la cual se resguardan. En el interior de esta celda permanecen durante el día y en la noche la abandonan para alimentarse. Cuando están próximos a empupar se quedan en la celda, la cierran totalmente y forman un capullo blanco amarillento. Este insecto es de hábitos nocturnos y copula durante la noche (Bustillo y Lara, 1971).

Descripción del insecto

Adultos. Poseen un cuerpo robusto y alas densamente escamosas, las alas anteriores son más estrechas que las posteriores, con pintas pardas y amarillas. Las hembras tienen 2,5 cm de largo y una envergadura alar de 7,2 cm, mientras que los machos son más pequeños y oscuros (Bustillo y Lara, 1971). Los adultos son de vuelo lento y torpe. Durante el reposo

permanecen en la parte superior del árbol sobre el follaje (Pinzón, 1997). La hembra coloca los huevos en gran número, 300 a 400, sobre las acículas de pino, en la parte media o alta de los árboles. Puede alcanzar tres generaciones por año.

Huevos. Son pequeños, esféricos, de color verde oliva, la duración de este estado es de 8 a 14 días, después de los cuales eclosionan pequeñas larvas.

Larvas. Presenta penachos rojos sobre el cuerpo, rodeado de pelos rojos blanquecinos, los cuales son urticantes. Su cabeza es prominente, roja a negra, y completamente desarrollada alcanza una longitud de 6 cm (Bustillo y Lara, 1971).

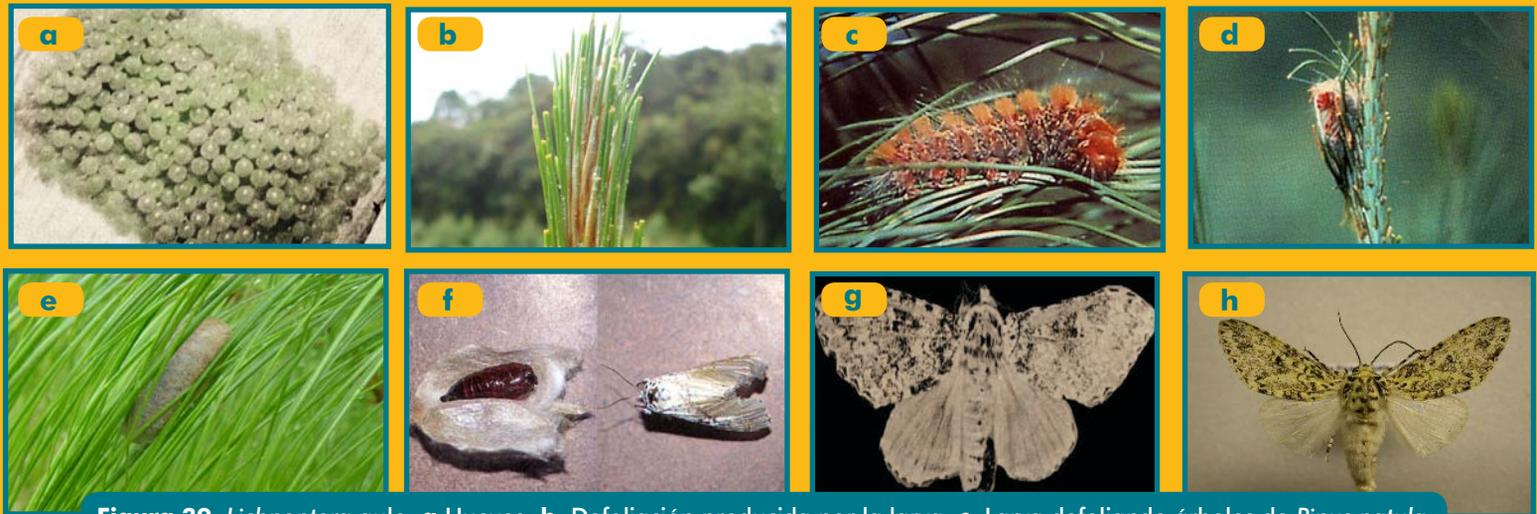


Figura 39. *Lichnoptera gulo*. **a** Huevos; **b**. Defoliación producida por la larva; **c**. Larva defoliando árboles de *Pinus patula*; **d**. Prepupa; **e**. Pupa; **f**. Pupa y adulto; **g**. Adulto macho; **h**. Adulto hembra (Fuente: Madrigal, 2003; Conif, 1997, Bustillo y Lara, 1971 y h: http://www.boldsystems.org/views/taxbrowser.php?taxid=149786,ID=BL-1003K1_086+1205859966, ID = BL-1003K1_087+1205859966).

Pupas. Son de color marrón oscuro brillante, de 3 cm de longitud, tiene una duración de 3 a 4 días. El capullo alcanza de 4,0 a 4,5 cm y se forma de preferencia en las ramas del pino. Al cabo de 20 días emerge la mariposa (Bustillo y Lara, 1971).

Manejo y control. Tiene un alto número de parasitoides del orden Hymenoptera, como lo son *Apanteles* sp., *Cirrospiloideus* sp. e *Iseropus gulensis*. Los parasitoides que lo atacan tienen como estrategia colocar sus huevos sobre larvas, una vez eclosionan las avispidas, se introducen en la larva para alimentarse de ella sin matarla, permitiendo que cumpla su ciclo de pupa, para posteriormente emerger de ella los adultos, ocasionando la muerte del insecto plaga. Las larvas son fácilmente controladas por *Bacillus thuringiensis*, en sus presentaciones comerciales; esta bacteria debe aplicarse en horas crepusculares para incrementar su acción. En plantaciones de *Pinus patula* se han recolectado numerosas larvas enfermas por la acción del hongo *Entomophthora* sp.

PERFORADOR DE MADERA SECA *Hexarthrum* sp. (Coleoptera : Curculionidae : Cossoninae) : Wollaston

Aunque la madera de pino pátula en los depósitos no es de las que presente mayor número de piezas perforadas, en comparación con otras maderas blancas, se presenta en forma esporádica el ataque de un barrenador de la familia Curculionidae, Subfamilia Cossoninae, Género *Hexarthrum* sp.

Las especies de este género son principalmente reportadas para las zonas templadas del planeta, donde son más comunes las especies de la familia Pinaceae, viviendo bajo la corteza de árboles muertos de especies de esta familia (Anderson, 1952; Pešić *et al.*, 2005; Wanat y Mokrzycki, 2005). Algunas de las especies de la subfamilia Cossoninae están asociadas a especies del género *Populus* (Salicaceae) (Anderson, 1998).

Descripción del insecto: Solo se conoce su estado adulto. Es un pequeño gorgojo de 0,32 a 0,64 cm de largo, de pico grande (picudo), de color pardo-rojizo a pardo-oscuro, con largas estrías profundas en sus élitros, antenas filiformes, cortas, no extendidas, con 6 segmentos. Rostro negro, densamente punteado.

Descripción del daño: En maderas de pinos de especies desarrolladas en regiones templadas un perforador como *Hexarthrum ulkei* Horn ataca madera húmeda instalada en construcciones y edificaciones. Igualmente se reportada su

ataque destruyendo madera seca, con daños similares a los que causan los insectos que vuelven polvo la madera (familias Anobiidae, Bostrichidae y Lyctidae) (Anderson, 1952; O'Brien, 1997; Robinson, 2005).

Para el caso de pino pátula el daño consiste en túneles ovalados de diámetros variables y diferentes, hasta de 4,8 mm, similares a los realizados por las termitas, sin ningún patrón y sin arreglo uniforme y de forma llamada "panal" (Pulgarín, 2005; Pulgarín, 2009). El mismo autor reporta especímenes de *Hexarthrum* sp. atacando madera procesada de *Pinus pátula* con contenido de humedad bajo (19,46%). Estos insectos son potencialmente dañinos a maderas con problemas de almacenamiento (madera con largos períodos de tiempo sin ser procesada, con contenidos de humedad altos, condiciones sanitarias pobres y ataque de hongos).

Control y manejo: El ataque de *Hexarthrum* se ve beneficiado cuando el porcentaje de humedad de la madera está por encima del 20% o cuando el sitio de depósito se encuentra a la intemperie o presenta problemas de alta humedad y anegamiento. El manejo fundamental se debe enfocar en el secado en hornos destinados para ello o en sitios protegidos y ventilados donde se reduzca la humedad hasta por lo menos un 12% (Pulgarín, 2005).

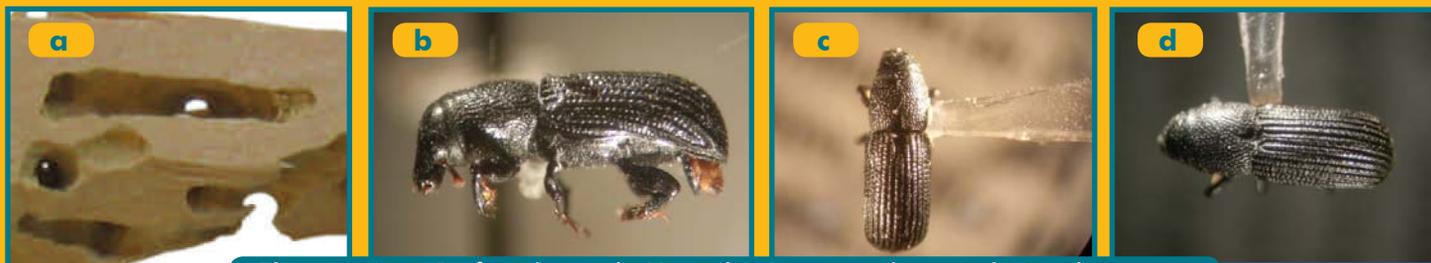


Figura 40. a. Perforaciones de *Hexarthrum* sp. en pino pátula (Madera seca) almacenada en depósito; **b., c. y d.** adulto de *Hexarthrum* sp. (Fuente: Ing. Alexander Pulgarín, Director Forestal Reforestadora Caceri S.A).

Otra manera de prevenir el ataque de este perforador es la inmersión en soluciones que contenga sales de Cromo-Cobre - Arsénico (CCA) o Boro-Cromo-Arsénico (BCA). Aunque no es altamente efectivo se puede impregnar con un inmunizante comercial, aplicado con brocha, y ello repele el ataque de este barrenador. Aunque no se ha encontrado directamente depredando individuos de *Hexarthrum sp.*, se ha observado *Tarsostenus univittatus* (Coeloptera : Cleridae) depredando individuos de otras especies barrenadoras de madera seca almacenadas en depósitos, lo cual podría convertirlo en un controlador potencial de este insecto plaga.

Enfermedades

Las enfermedades causadas por hongos en plantaciones de *Pinus patula*, eran de poca ocurrencia en el país hasta finales de 1990. Los mayores problemas fitosanitarios, que ocasionalmente se reportan para pinos en Colombia, están relacionados con plantaciones establecidas con material vegetal de mala calidad o bajo condiciones medioambientales inadecuadas para la especie. Es importante no confundir daños causados por hongos con toxicidad por herbicidas o deficiencias nutricionales, donde puedan estar implicados elementos como boro, fósforo y potasio, entre otros.

FUSARIOSIS CAUSADO POR *Fusarium spp.*

Descripción del daño. Este microorganismo provoca daños en semillas, plantas de vivero y árboles adultos. Penetra a nivel del suelo y luego, por los conductos vasculares, es trasladado a toda la planta. Su importancia económica aumenta cuando parasita plantaciones jóvenes, debido a que ocasiona necrosis e interfiere en la conducción de nutrientes hacia las hojas, provocando el secamiento de ramas o la muerte descendente de los individuos más susceptibles. Además, esta enfermedad está asociada con el encorvamiento de los ápices, deformación o menor tamaño de los conos y depresiones resinosas en el tallo.

Descripción del patógeno. *Fusarium spp.*, Sordariomycete de la familia Nectriaceae, es un patógeno facultativo, capaz de alimentarse de material en descomposición y de parasitar y enfermar tejidos vivos. Presenta estructuras de resistencia que le permite sobrevivir en el suelo, durante 6 años. La patogénesis es favorecida por insectos barrenadores, lesiones causadas por herramientas y condiciones de estrés en las plantas.



Figura 41.
Detalle de la acción por *Fusarium* sp. en plantaciones de ocho meses de *Pinus patula*.



Figura 42.
Detalle de la acción por *Fusarium* sp. en plantaciones juveniles de *Pinus patula*.
a. Gomosis causada por la acción de granizo y entrada de *Fusarium* sp. por estas heridas;
b. Formación de micelio;
c. y **d.** Formación de estructuras de reproducción (conidióforos).

Control y manejo. *Fusarium* spp. es un patógeno oportunista y depende de heridas para poder infectar la planta. Estas heridas pueden ser causadas por insectos y en las actividades de manejo silvicultural, especialmente en ambientes muy húmedos, y por acción de agentes externos como granizo y ganado. Cualquier herida que se haga al árbol debe ser aislada con un cicatrizante o pintura blanca, lo cual evita las altas temperaturas y radiaciones, limitando la dispersión del hongo. Adicionalmente, es recomendable tratar las semillas con un fungicida, eliminar los restos de plantas enfermas, utilizar plantas con sistemas radicales vigorosos y evitar las condiciones de estrés, tanto en vivero como en la plantación.

LA BANDA ROJA DE LA ACÍCULA CAUSADA POR *Mycosphaerella* spp.

Descripción del daño. La enfermedad causada por este hongo se caracteriza por la presencia de bandas que rodean la acícula, inicialmente de color verde claro que pasan a cloróticas y luego a rojizas. La infección es más frecuente en acículas mayores de un año, por lo que en principio las acículas nuevas permanecen sanas hasta que el proceso se reinicia. En casos graves, la enfermedad puede atacar las acículas del mismo año.

Descripción del patógeno. Este Ascomycete, de la familia Mycosphaerellaceae, causa una enfermedad importante en las plantaciones de pino en varios países, pero en Colombia no se ha asociado a la muerte de individuos. Ocasiona el secamiento de las acículas y defoliación, lo que trae como consecuencia la reducción del área fotosintética y el vigor de los árboles afectados. En su estado asexual (*Dothristoma pini*) se presenta como un problema de importancia económica en plantaciones de *Pinus patula*.

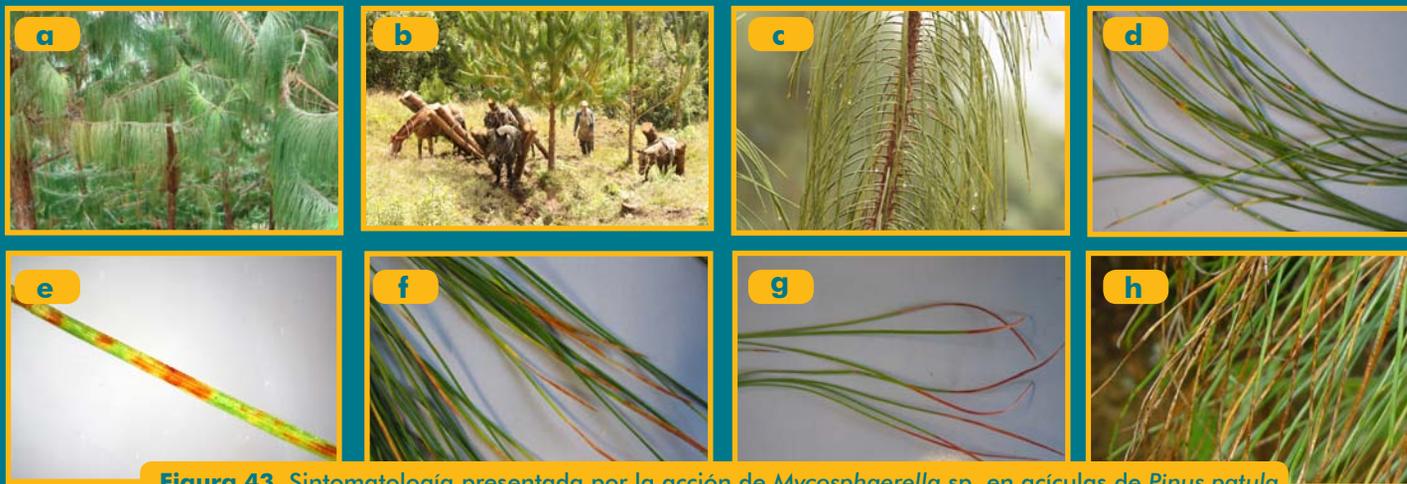


Figura 43. Sintomatología presentada por la acción de *Mycosphaerella* sp. en acículas de *Pinus patula*.

a. y **b.** Amarillamiento de las acículas en el tercio inferior de la copa del árbol; **c.** Amarillamiento de las hojas producto de la acción de *Mycosphaerella*; **d.** y **e.** Avance de lesiones en forma de anillos naranjas rodeadas de lesiones amarillas; **f.** y **g.** Secamiento de las acículas desde la parte externa hacia el interior de la rama y posterior muerte de acículas (coloración marrón rojiza); **h.** Formación de estructuras de reproducción (pseudotecios) en acículas de *P. patula*.

Control y manejo. Este hongo es frecuente encontrarlo en las plantaciones de pino, sin que amerite la aplicación de correctivos químicos o biológicos; sin embargo, es importante tener presente que individuos seleccionados en condiciones edafoclimáticas y de nutrición adecuadas, en lo posible sin condiciones externas que le generen estrés, van a tener un mejor desarrollo, que se expresa en una mejor defensa contra enfermedades, una mayor producción y en una madera de mejor calidad. Además, no es recomendable establecer los viveros en cercanía a pinos viejos y es necesario eliminar las fuentes de inóculo, es decir, restos de material enfermo y vigilar su evolución.

VOLCAMIENTO O PUDRICIÓN CAUSADA POR *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. y *Rhizoctonia* sp.



Figura 44.

Plántulas de *Pinus patula* afectadas por *Damping-off*.
a. Plántulas desarrolladas en contenedores plásticos; **b.** En bolsas de 12 x 18 cm (Fuente: Alberto Ramírez, 2009).

Descripción del daño. Uno de los mayores problemas que presentan las plántulas en el vivero es el volcamiento o *damping off*. Esta enfermedad puede aparecer en preemergencia en semillas y postemergencia en plántulas, ocasionando pudrición del cuello de la raíz.

Puede presentarse por varios factores: humedad excesiva, altos niveles de pH del suelo o del agua, altos niveles de materia orgánica, utilización de fertilizantes nitrogenados después de la germinación, siembra profunda, altas temperaturas, mala aireación, daños físicos a las plantas y falta de limpieza del vivero.

Pueden actuar en forma aislada o como un complejo con otros patógenos como *Fusarium* spp. y nematodos. Afectan la raíz y ocasionan la necrosis del hipocótilo a ras del sustrato, lo que trae como consecuencia la caída y muerte de la plántula. Dañan las semillas en germinación antes y después de emerger.

Descripción del patógeno. Estos microorganismos habitan en el suelo durante varios años y parasitan de forma que el micelio invade todo el sistema radical. *Phytophthora* spp. y *Pythium* spp. son Oomycetes del orden Peronosporales, presentan zoosporas biflageladas, que son atraídas por las heridas o raíces suculentas, por donde entran en contacto, liberan

el flagelo y posteriormente producen estructuras de anclaje y penetración, causando la pudrición húmeda de la radícula y la muerte de plantas, especialmente en la etapa de vivero (Ramírez, 2009).

Control y manejo. Como primera medida se debe utilizar semilla de buena calidad, fresca o aquella a la que se le haya hecho un buen almacenamiento. Igualmente se deben utilizar contenedores limpios y desinfectados. Teniendo en cuenta que la reproducción y diseminación de estos microorganismos se favorecen en suelos pesados, para prevenir la enfermedad, se recomienda emplear un sustrato compuesto por tres partes de arena fina y una de suelo, y que su pH esté entre 5,5 ó 6,0, debido a que valores por encima de éstos favorecen la infección (Jiménez, 2007).

El sustrato debe desinfectarse previamente con tiabendazol (42,9% de ingrediente activo) en dosis de 5 cm³/L/m² de germinador. De igual manera, *Trichoderma* spp. es un hongo antagonista que al aplicarlo al suelo ejerce un buen control sobre estos patógenos, en la medida que favorece el desarrollo radical de las plantas. Este producto se aplica dos días antes de la siembra de la semilla, en una dosis de 4 g/L/m² de germinador (concentración comercial de 1x10⁹ esporas/g).

MUERTE DESCENDENTE CAUSADA POR *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & Sutton anteriormente denominado *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx

Descripción del patógeno. *Sphaeropsis sapinea*, Deuteromycete del orden Sphaeropsidales, familia Botryosphaeriaceae, es un parásito oportunista de coníferas con distribución mundial. Como hospedantes preferentes se encuentran las especies del género *Pinus*, dentro del cual *P. patula* presenta una mayor susceptibilidad. En el país, es el causante del principal problema fitosanitario de las plantaciones de pino pátula, responsable de graves daños tanto en plántulas de vivero como en árboles adultos.

Situaciones de estrés como sequía, heladas y fertilización deficiente, entre otros, o debilitamiento de los árboles, además de heridas causadas por malas podas, granizadas e insectos, llevan a que este microorganismo abandone su condición de saprófito y parasite la planta, generando de esta forma la enfermedad.



Figura 45.

Lesiones de *Sphaeropsis sapinea* en plantaciones de 1,5 años de edad. **a.** y **b.** Inicio de la lesión, pérdida de dominancia apical; **c.** Curvatura de meristemo apical y exudación de resina; **d.** Chancro en el meristemo apical como reacción a la entrada del patógeno.

Descripción del daño. La acción de *Sphaeropsis sapinea* se evidencia por la inhibición de la germinación, muerte de plántulas en vivero, chancros en tallos, ramas y yemas, secamiento de yemas y brotes, caída de acículas y deformación de ramas. Este microorganismo causa la muerte de los brotes terminales y la consecuente deformación de la copa, debido a la proliferación de brotes laterales. En ataques fuertes y sucesivos debilita los árboles, provocando la muerte de los individuos más susceptibles o suprimidos.

La enfermedad se hace perceptible solo cuando los tejidos del ápice, ramas y brotes, están moribundos o muertos. Por lo general, está asociada a clorosis que avanza a decoloraciones pardo rojizas generalizadas y secamiento del follaje de los árboles. Adicionalmente se reporta marchitamiento, necrosis y encorvamiento de los brotes apicales, así como la producción de abundantes exudados resinosos, seguido por el cambio de coloración, meses después del inicio de la infección. Posteriormente se presenta muerte de acículas y muerte descendente. Los árboles dominantes y codominantes conviven con la enfermedad pero no se desarrollan bien.

Forma y acción del patógeno. *Sphaeropsis* se presenta, por lo general, en zonas de alta humedad o con sequía, en sitios pobremente drenados, con alta incidencia de granizo y condiciones que causan estrés en los individuos. De igual manera, se presenta cuando existen heridas en los árboles causadas por granizo, ganado e insectos, entre otros. Las fructificaciones,

que corresponden a picnidios, crecen aisladas o en grupos compactos, inmersas en el tejido del hospedante, son negras y están provistas de una abertura denominada ostíolo. Los picnidios miden aproximadamente entre 200 a 550 μm , son oscuros y avanzan en la medida que se afecta el tejido, quedando más descubiertos y resquebrajados al madurar para expulsar nuevos picnidios y diseminar la enfermedad.



Figura 46. Lesiones de ramas y acículas por la acción de *S. sapinea*. **a.** Chancros hacia la parte media y final de las ramas; **b.** y **c.** Acortamiento de ramas, de entrenudos, sinuosidades y torceduras de ramas; **d.** **e.** y **f.** Secamiento de yemas, de grupos de acículas y de ramas; **g.** Muerte de ramas desde la inserción de ésta al tallo, hacia fuera, y de la parte basal hacia arriba del árbol.

Del interior de los picnidios emergen masas de conidias, agrupadas en forma espiralada y negras, denominadas *cirrus*. Las conidias son estructuras de diseminación del hongo, elipsoidales a ovoides, biceldadas, de color café oscuro y de dimensiones de 30 a 45 μm de largo y de 10 a 20 μm de ancho, con un tabique central. Las conidias son liberadas en el período húmedo, sin embargo, son más abundantes al inicio de los períodos secos, siendo las raíces nuevas, en su fase de crecimiento, las más susceptibles a la infección. Las conidias germinan rápidamente cuando existe humedad y las hifas



Figura 47.

Lesiones ocasionadas por el crecimiento del hongo y a la producción de estructuras reproductivas. **a.** y **b.** Lesiones a manera de chancros en la base del tallo; **c.** Chancros en la inserción de ramas; **d.** Secamiento ascendente de individuos afectados por el hongo; **e.** Formación de picnidios oscuros en las fisuras entre corteza y madera; **f.** y **g.** Manchado de la madera en forma radial, de color azul-violetáceo, producto de la muerte vascular.



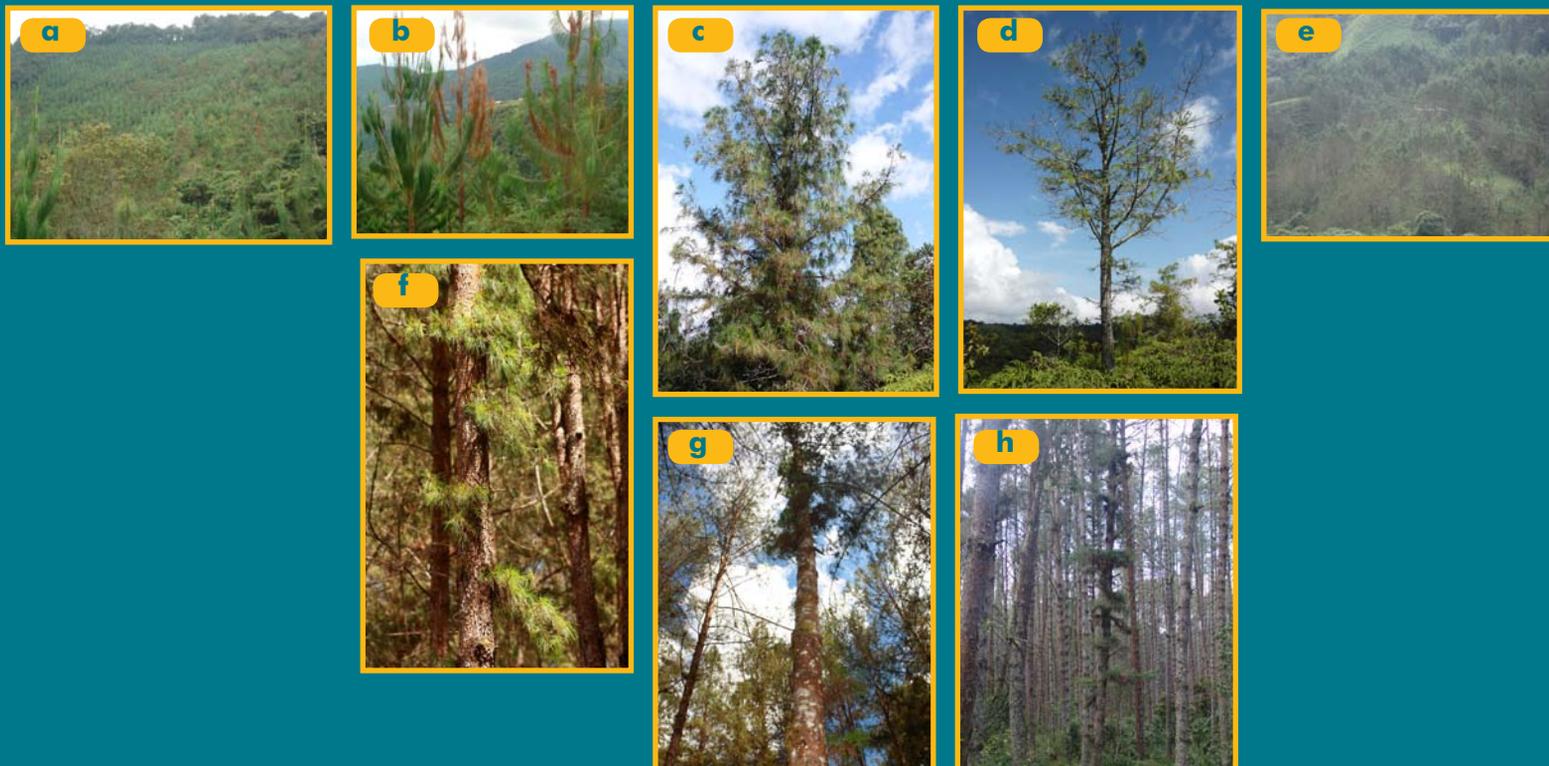


Figura 48. Síntomas del ataque de *Sphaeropsis sapinea* en plantaciones juveniles y maduras de *Pinus patula*.

a. y **b.** Muerte de algunos individuos en forma dispersa en plantaciones de 5 años; **c.** y **d.** Acortamiento de entrenudos, reducción del tamaño de acículas y sinuosidad en ramas de plantaciones de Empresas Públicas de Medellín (EPM) de 25 años de edad (Guatapé); **e.** Presencia generalizada de síntomas en una plantación ubicada en Manizales; **f.**, **g.** y **h.** Reducción en el tamaño del individuo, rebrotes intermedios y basales, acortamiento de ramas y sinuosidades en plantaciones de 30 años de edad de EPM.

penetran en los estomas y en las acículas nuevas. Los hongos penetran directamente por debajo de la agrupación de hifas de los tejidos más jóvenes, extendiéndose a los tejidos del tallo e infectando también conos de segundo año.

Control y manejo. Si se tiene en cuenta que *S. sapinea* es un parásito facultativo y que las condiciones de estrés, además de temperaturas de 24°C y porcentajes de humedad relativa entre 70% y 80%, favorecen su desarrollo, el manejo de la enfermedad debe estar orientado a prevenirla, evitando dicha condición en los individuos de la plantación. Dado que el hongo sobrevive en las piñas y acículas, es importante evitar utilizarlos como sustrato.

Podas y remoción de ramas muertas. Cuando los brotes de la enfermedad recién han comenzado y ésta se concentra en pocos árboles, se puede reducir significativamente mediante la poda de las partes afectadas, utilizando preferiblemente segueta o serrucho; se debe evitar el machete ya que su manipulación produce lesiones adicionales en el tallo. Las herramientas con las que se haga la labor se deben desinfectar con hipoclorito de sodio al 10%. Además, se deben remover las ramas muertas, conos caídos y restos de ramas muertas, para reducir la cantidad de conidias de hongo, disponibles para causar nuevas infecciones. Esta actividad se debe hacer en época seca para evitar la diseminación de conidias en las plantaciones.

Control químico. Para evitar la dispersión de las estructuras reproductivas del hongo, es necesario la aplicación de un caldo bordelés a base de sulfato de cobre, en el caso que la infección se presente en árboles aislados. El uso del caldo bordelés no cura las partes de la planta ya atacada, pero destruye el hongo e impide que la infección se propague a otras partes sanas. Para la elaboración del caldo bordelés se utiliza 1 kg de sulfato de cobre, 0,7 kg de cal viva y 100 L de agua.

Control biológico. Las medidas utilizadas para el control de las enfermedades provenientes de hongos del suelo son el uso de productos químicos y prácticas culturales. Sin embargo, el control por medio de estas prácticas se ve restringido por razones económicas y ecológicas. La aplicación de *Trichoderma* spp. directamente al suelo inhibe el crecimiento de *Fusarium circinatum* y de *S. sapinea* mostrando su capacidad antagonista, a través de la colonización de la raíz, ya que una vez instalado inicia la competencia por recursos, controla otros hongos fitopatógenos mediante competencia, antibiosis y micoparasitismo, favoreciendo el desarrollo radical y la asimilación de nutrientes como el fósforo.

Control químico en otros países. La experiencia de otros países se basa en la aplicación de un producto cuyo ingrediente activo es metil tiofanato (Topsin M-50 SC®), el cual es un fungicida de amplio espectro. Éste no debe utilizarse en forma continua, debido a que los organismos que controla pueden generar resistencia. El producto es menos soluble en agua, por lo que debe utilizarse un aceite comercial para aumentar su eficacia. Tan pronto las acículas empiecen a abrirse es el momento de aplicación, con intervalos de 10 a 15 días. Se deben realizar tres aplicaciones.

Existen algunos productos que han funcionado en el laboratorio y en invernaderos, en Sudáfrica y en otros países templados, como es el caso de Myclobutanil, este producto impide la biosíntesis de los ergosteroles de los hongos o sustancias presentes en las membranas de las células, en donde regulan los intercambios entre el ambiente y el interior. El hongo muere cuando se perturban estos intercambios. La dosis de aplicación es de 2- 4 g por bomba de 10 L, de acuerdo al grado de infección.

MANCHA AZUL EN TROZAS DE *Pinus patula* causada por el hongo cromógeno *Ceratocystis sp.*

Descripción del daño. Esta coloración azul que se presenta en la madera de *Pinus patula*, se origina por la acción de varios hongos cromógenos entre ellos *Ceratocystis sp.* Los hongos de este género atacan principalmente árboles semisecos, muertos o recién cortados. En Antioquia afecta el 90% de la madera de *P. patula* (Solano, 1987).

A medida que el hongo penetra hacia el interior de la madera, lentamente colorea azul violáceo toda la sección transversal. Las hifas del micelio se desarrollan principalmente en las células de los radios leñosos. Su desarrollo en las traqueidas es menos marcado, puede ocurrir una penetración pasiva, en la cual el micelio pasa a través de las punteaduras aureolares y una penetración activa mediante la formación de microhifas (Alemán *et al.*, 2003).

Aunque la mancha tiene poco o ningún efecto sobre la resistencia de la madera, debido a que no se deteriora la estructura de ésta, se ha asociado a la pudrición temprana de la madera, concepto que se desvirtúa, ya que los hongos cromógenos son de clase diferentes a los que causan pudrición (Solano, 1987). Al parecer prevalecen en sitios donde se cultivan coníferas, aunque también afectan las especies de fibra corta.



Figura 49. a. y b. Mancha azul en madera aserrada y expuesta a la intemperie; **c.** Mancha azul en nudos; **d.** Inicio del crecimiento del micelio de hongo causante de la mancha azul.

La condición de presencia del hongo no afecta ni la calidad, ni las propiedades mecánicas de la madera para aserrío o para pulpa, pero sí cambian el color, reduciendo su valor comercial, porque limita su uso con fines decorativos o donde el brillo y la limpieza sean necesarios. Esta condición se corroboró en trabajos hechos en laboratorio en Medellín, donde fue posible comprobar que las características microscópicas y macroscópicas del hongo cromógeno, obtenidas tanto en tablas recién cepilladas en aserrío como en bloque de madera aprovechada en campo, fueron semejantes (Lambeth *et al.*, 1989).

La madera con mancha azul, para el caso de que su uso sea pulpa, incrementa los costos por el proceso de blanqueo y reduce la calidad del papel, lo cual le resta valor comercial, pues se cree que es madera de baja calidad (Lambeth *et al.*, 1989).

Descripción del agente causal. El estado perfecto está representado por un peritecio desarrollado superficialmente. La base del peritecio es globosa y negra, de 160 a 250 μm de diámetro, ornamentado con hifas tabicadas, de color pardo, de hasta 300 μm de largo por 2 a 3 μm de ancho. El cuello del peritecio es delgado y negro, en general erecto, salvo en algunos casos donde se presenta levemente curvado. La punta del cuello presenta hifas ostiolares hilianas, en número de

10 a 25. Las ascosporas son unicelulares, hialinas, curvadas, semejante a gajos de naranja. El micelio aéreo es hialino a grisáceo, frecuentemente crece formando un cordón constituido por varias hifas.



Figura 50. a. y b. Mancha azul en tablas sin pulir; c. Crecimiento micelial de *Ceratocystis* sp. y *Trichoderma* sp. (mancha verde oscura) sobre una tabla sin pulir; d. Peritecios de *Ceratocystis* sp. formados en los sitios de manchado; e. Acercamiento de peritecios (estereoscopia).

En trabajos realizados por Solano en Antioquia, encontró a *Penicillium* sp. como el de mayor presencia causando manchado en la madera, solo y en asocio con otros hongos como *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. y *Graphium* sp. En el 50% de las muestras evaluadas encontró a *Graphium* sp. como la especie causante de la mancha azul (Solano, 1987). *Graphium* sp. es un estado asexual de *Ceratocystis* sp. y, de acuerdo a la condición presente en el sitio donde se está acopiando la madera de pino, puede presentarse como *Ceratocystis* sp. (forma sexual) o como *Graphium* sp. (forma asexual).

Control y manejo. La conservación de la corteza en las trozas retarda entre dos y cuatro semanas, el grado de infección por mancha azul. Las trozas de la superficie de la pila tienen más mancha azul que las del suelo, pero en general, una vez está presente el hongo la infección es severa y rápida (Lambeth *et al.*, 1989). El desarrollo del hongo se facilita a temperaturas entre 20-30°C y humedad del ambiente alrededor del 65%. Su presencia se disminuye entre 0-5°C y 35-45°C, y por debajo del 20% o por encima del 90% de humedad del aire; por ello, dos controles de fácil aplicación son el secado rápido o la irrigación (Lambeth *et al.*, 1989).

En la industria de la madera se utilizan fungicidas para preservar la madera de aquellos hongos que causan manchas o pudrición.

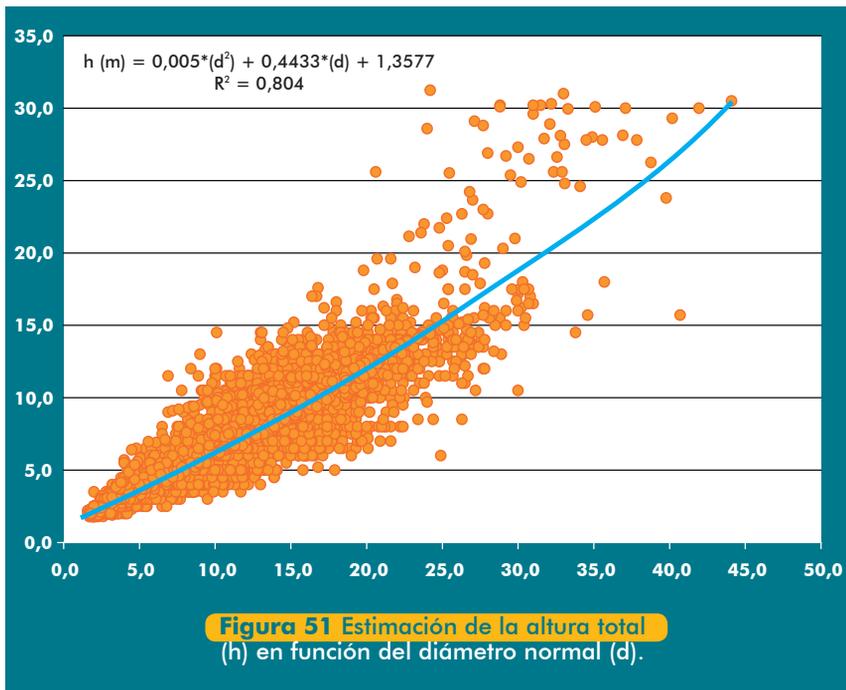
En la industria nacional, para controlar la mancha azul en madera aserrada se emplea pentaclorofenato de sodio, el cual es efectivo en la totalidad de la troza, con excepción de los nudos producto de las ramas secas, pero es tóxico y costoso; debido a lo anterior su uso es restringido y ha sido sustituido por el Busan 1009 (metilen- bistiocianato + tiocianometil benzotiazol), de menor efectividad, ya que la mancha azul logra ocurrir unos días después del tratamiento.

Igualmente se utiliza el producto comercial Imprá® color (Ingredientes activos tecubonazol al 0,6% - diclofluanida al 0,55% y permethrin al 0,15%), el cual debe ser aplicado con brocha. También se han obtenido buenos resultados con la aplicación de Mancozeb aplicado en una concentración al 10%, sumergiendo la madera por espacio de un minuto en la solución (Solano, 1987). En otros países se utiliza el pentaclorofenol en aceite diesel al 5%.

CRECIMIENTO Y APROVECHAMIENTO

Como población base para la obtención de modelos de crecimiento y rendimiento para *P. patula*, se dispone de plantaciones establecidas por Smurfit Kappa Cartón de Colombia en los municipios de Restrepo (Valle del Cauca), Popayán (Cauca), Pereira y Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Salento y Circasia (Quindío), y Riosucio (Caldas), en cuyas plantaciones se realizaron los estudios de Biomasa dentro del Proyecto “Cuantificación del efecto de sumidero de carbono por especies forestales nativas e introducidas” en convenio con CONIF y cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Igualmente, se utilizaron las plantaciones establecidas por KFW en los municipios de Curití, Aratoca, Barichara, Mogotes, Páramo, Pinchote, San Gil y Villanueva (Santander), Herveo y Fresno (Tolima), Manizales, Manzanares y Pensilvania (Caldas) y de empresas particulares como Agroindustrias La Florida (Manizales), Empresas Reforestadoras Pro-Oriente, Maderas de Oriente (Pensilvania) y EE. PP de Medellín en Piedras Blancas (Antioquia).

Adicionalmente se tuvieron en cuenta resultados de trabajos desarrollados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en sus programas de reforestación, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima.



La primera parte del análisis de este capítulo se hizo con base en la revisión de trabajos previos realizados por otras entidades y utilizados por los reforestadores y comercializadores de la especie en el país. La segunda, con las bases de datos de las plantaciones anteriormente reseñadas.

Altura en función del diámetro. Por ser la altura un parámetro de difícil medición en el campo y que la mayor parte de los reforestadores que trabajan con la especie, no disponen de los instrumentos para realizar esta evaluación, es de utilidad la elaboración de modelos que permitan estimar en forma confiable la altura en función del diámetro normal.

Es así, como el promedio de la altura de una plantación a cualquier edad, puede estimarse a través de las Ecuaciones 1, 2 y 3.

$h = 24,263 * [1 - \ell^{(-0,331 * t)}]^{7,63358}$ (Ecuación 1) (Ramírez de G., 1991). En la zona de Caldas, Quindío y Risaralda

$h = 24,619 * [1 - \ell^{(-0,129 * t)}]^{1,46627}$ (Ecuación 2) (Ramírez de G., 1991). En la zona de Antioquia (Suroccidente, municipio de Caldas)

$h = 28,43 * [1 - \ell^{(-0,106 * t)}]^{1,430615}$ (Ecuación 3) (Ramírez de G., 1991). En la zona de Antioquia (Medellín, corregimiento de Santa Elena, Piedras Blancas)

Bajo este análisis el promedio de la altura esperada a una edad de 15 años es de 20,5 m en Antioquia y de 23,01 m en Caldas.

Para los datos recolectados por Cenicafé, en las plantaciones ubicadas a lo largo de la zona cafetera, el modelo que mejor predice la altura total en función del diámetro normal es del tipo cuadrático y tiene los siguientes parámetros (Ecuación 4).

$$h = 0,005 * (d^2) + 0,4433*(d) + 1,3577 \text{ (Ecuación 4)}$$

h: Altura total en m

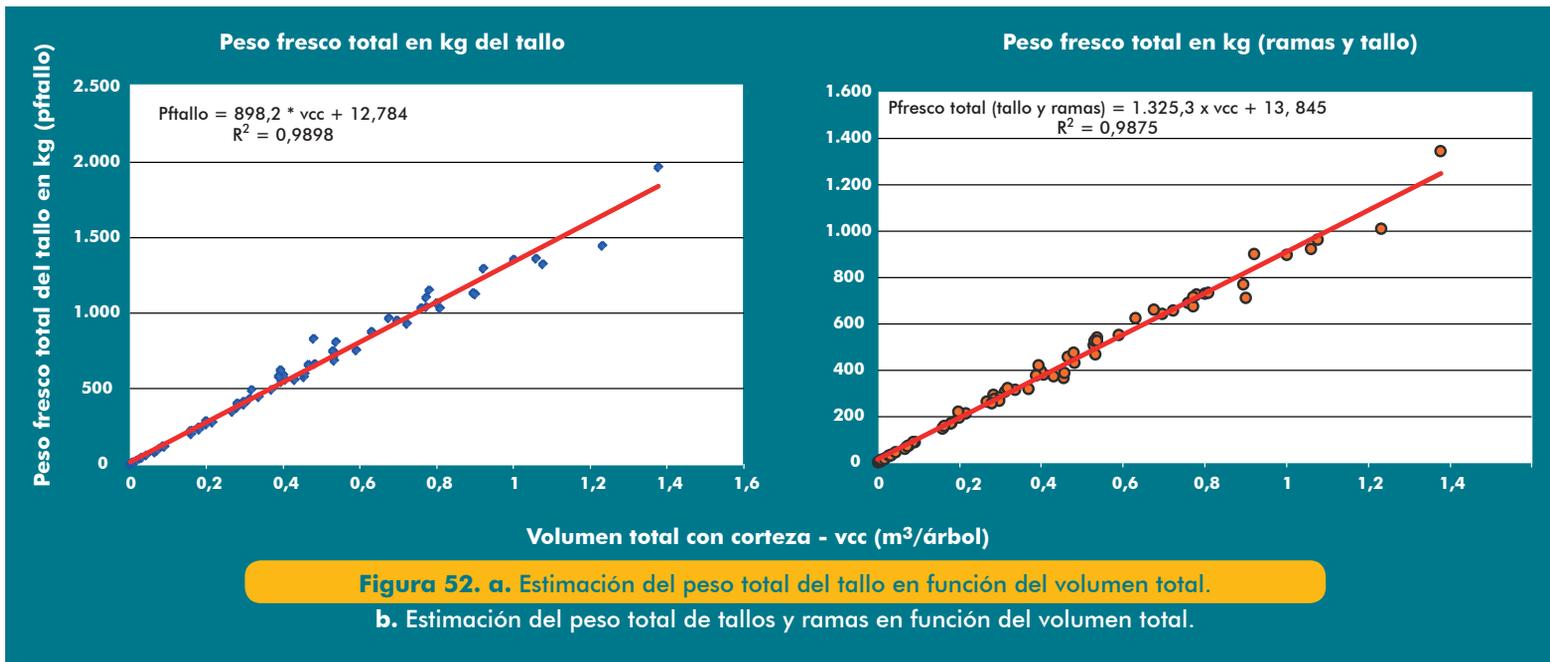
d: Diámetro normal en cm

Peso fresco comercial del tallo (kg/árbol). Comúnmente se utiliza la conversión a través del peso específico. Por ello, para conocer la equivalencia entre 1 m³ de volumen y 1 tonelada (t) de peso para *Pinus patula*, el cálculo tradicionalmente se hace de la siguiente manera:

Si fuera a realizarse el cálculo con el peso específico de 0,434 g/cm³, con la conversión de unidades daría 434 kg/m³, y al llevar este valor a toneladas (t) el valor de 1 t equivaldría a 2,3 m³ de madera de *Pinus patula* seca. Si este valor se fuera a llevar a hectárea, se tendría que para una plantación de 8 años, con crecimiento medio por árbol de 0,134 m³ y para una densidad de 1.111 árboles/ha, se obtendría una producción de 148,9 m³/ha, el cual al ser llevado a toneladas, según la conversión anterior, se obtendría una producción de 64,7 t en biomasa. En este cálculo no está incluida la producción de biomasa para raíces, hojas y ramas. Además, se debe tener en cuenta que el cálculo se hace sobre la base que a los 8 años se tienen 1.111 árboles vivos.

Al utilizar los datos obtenidos por Cenicafé, mediante el cálculo del volumen real y el peso real en las plantaciones de *Pinus patula* de la compañía Smurfit Kappa Cartón Colombia, tenemos la siguiente Ecuación 5.

$$P_{\text{fresco}} (\text{tallo} + \text{ramas}) \text{ en kg} = 13,9 + 1325 * v_{\text{cc}} (\text{m}^3/\text{árbol}) \text{ (Ecuación 5)}$$



Cuando se estima la cantidad de biomasa incluida las ramas, se tiene la siguiente conversión: 1 m³ de madera equivale a 1.338,9 kg, es decir, 1,34 t.

Teniendo en cuenta sólo el tallo se tiene la Ecuación 6

$P_{fresco\ (tallos)}\ en\ kg = 12,83 + 897,9 * v_{cc}\ (m^3/árbol)$ (Ecuación 6)

que proporciona la siguiente aproximación cuando se estima la cantidad de biomasa en función del volumen total con corteza: 1 m³ de madera equivale a 910,7 kg, es decir, 0,91 t.

Una manera directa para estimar la biomasa acumulada en el tallo y cuantificarla a manera de peso verde del tallo de un árbol de *Pinus patula*, es mediante la utilización del diámetro normal (Ecuación 7) (Riaño *et al.*, 2004).

$$P_{\text{tallo}} = \frac{2456,3}{1 + \ell \frac{(d-36,4248)}{7,2531}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

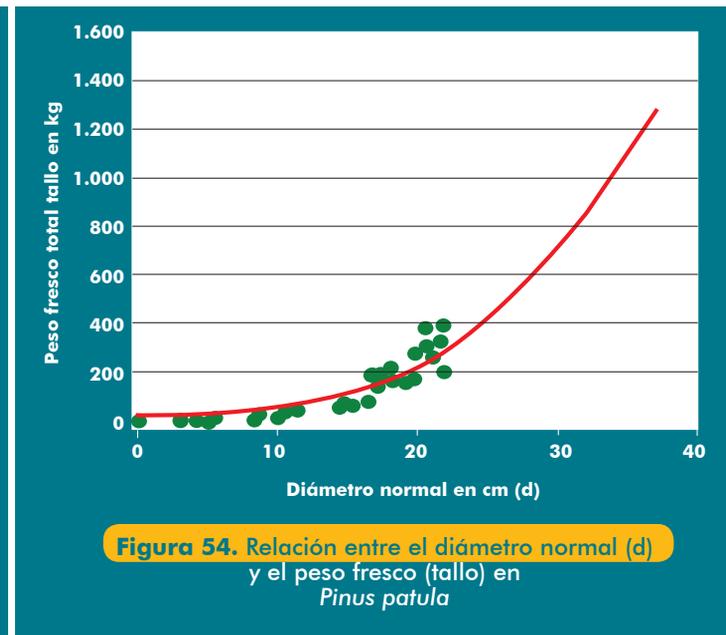
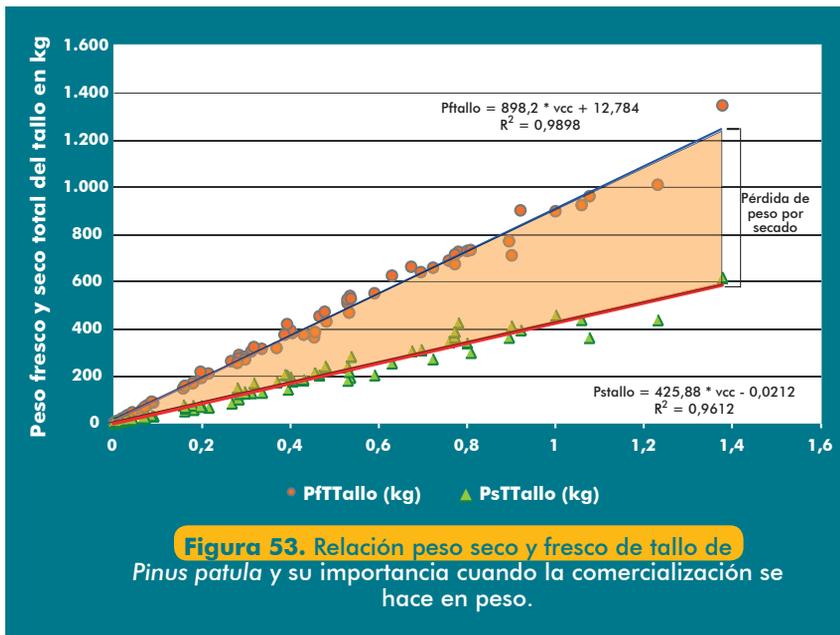
donde

d: diámetro normal, en cm

Relaciones peso seco - peso fresco. Existen dos métodos para comercializar madera para pulpa en los patios de acopio: por peso y por el volumen apilado en el camión. La pérdida de humedad desde el corte hasta 180 días después, es del 52,2% aproximadamente, pero solo dos meses después al aprovechamiento, la madera ha perdido el 49% de la humedad (Ladrach, 1985).

Para efectos de comercialización de la madera, debe tenerse en cuenta que 1 m³ de madera sólida recién cosechada, pesa 910 kg en báscula, y el peso seco al aire es el 48% del peso en báscula. El volumen sólido por 1 m³ apilado (m³ estéreo) es del 60%, es decir, el 40% corresponde a espacios vacíos. El peso en báscula por 1 m³ apilado es de 592 kg, el peso en báscula por 1 m³ sólido es de 910,7 kg (Ladrach, 1985).

Con la información obtenida se corroboró que la disminución en peso, por la pérdida de humedad, cuando la madera es aprovechada y no es transportada al sitio de procesamiento en corto tiempo, es aproximadamente el 47%, lo que claramente refleja que dejar secar la madera en el campo y no se transporta a tiempo, implica el 47% de pérdida de peso, lo cual es muy significativo cuando la madera es comercializada por peso.



Ecuaciones de volumen. Aunque son diversas las ecuaciones de volumen utilizadas para calcular la cantidad de madera en pie de una plantación forestal, la ecuación propuesta por Ladrach (1978), es la más utilizada y la de mayor confiabilidad. Dicha ecuación fue ajustada (Ecuación 8) para las plantaciones de Antioquia, Cauca y Cundinamarca.

Volumen total con corteza (m³/árbol) = -0,0034042 + 0,000031 * (d²* h) (Ladrach, 1978) (Ecuación 8)

La Ecuación 9 fue adaptada por la Compañía Nacional de Reforestación en el año 1985.

$$\text{Volumen total con corteza (m}^3\text{/árbol)} = 0,0065301 + 0,0000355 * (d^2 * h) \text{ (Ecuación 9)}$$

Donde

d: diámetro normal en cm a 1,3 m de altura

h: altura total del árbol, en m.

En el eje cafetero, la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), calculó los volúmenes con corteza de existencias de madera en predios de la Corporación, mediante las Ecuaciones 10 y 11:

$$\text{Ln}v_{cc} = 1,72198 - 9,40865 * (t) + 0,006306 * (S) + 1,17957 * \text{Ln}(G) \text{ (Ecuación 10)}$$

$$v_{cc} = e^{(1,72198 - 9,40865 * (t) + 0,006306 * (S) + 1,17957 * \text{Ln}(G))} \text{ (Ecuación 11)}$$

Donde

t: edad de la plantación en años, G: área basal en m² y S: altura de árboles dominantes a la edad de 15 años.

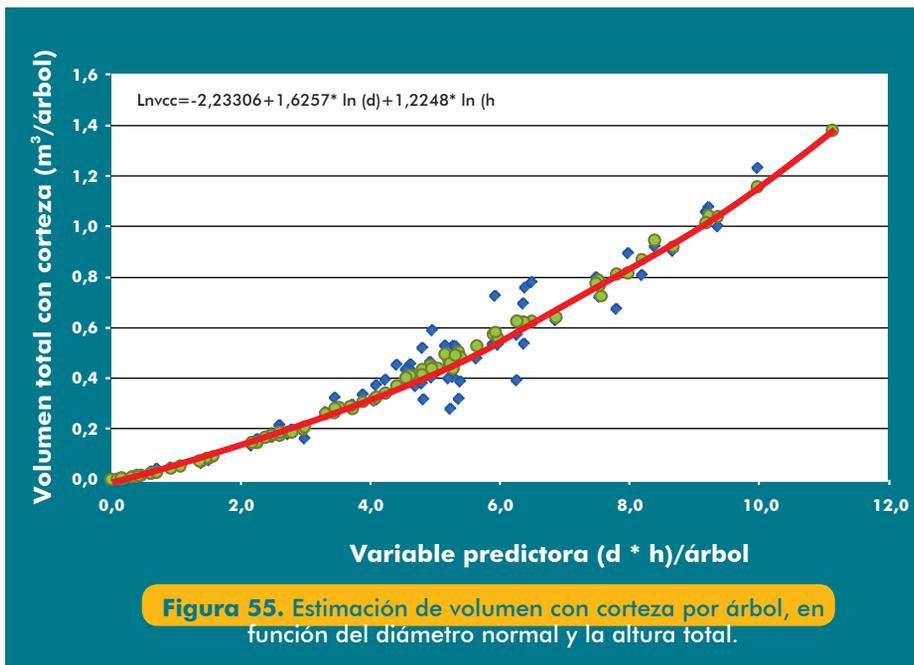
Volumen con corteza. La ecuación que mejor explica el comportamiento del volumen con corteza, en función del diámetro y la altura es la Schumacher –Hall (Ecuación 12), de la forma:

$$\text{Ln}v_{cc} = -2,23306 + 1,6257 * \text{ln}(d) + 1,2248 * \text{ln}(h) \text{ (Ecuación 12)}$$

Donde

el valor del diámetro (d) y la altura (h) debe ser en metros

El coeficiente de determinación R² es de 0,988, lo que indica la fortaleza del modelo para explicar el comportamiento del volumen, y el cuadrado medio del error de 0,0039, que permite inferir que al estimar el volumen del árbol mediante este modelo se incurre en un error del 0,0039.



Volumen sin corteza. Para el volumen sin corteza el modelo que presentó mejor ajuste fue el de tipo Schumacher –Hall (Ecuación 13), de la forma:

$$Lnvsc = -2,680921 + 1,5987 * \ln(d) + 1,3253 * \ln(h)$$

(Ecuación 13)

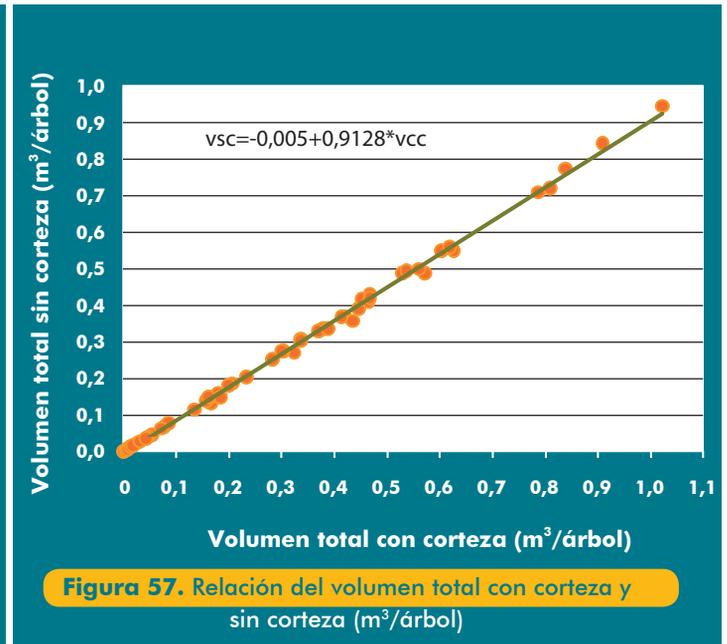
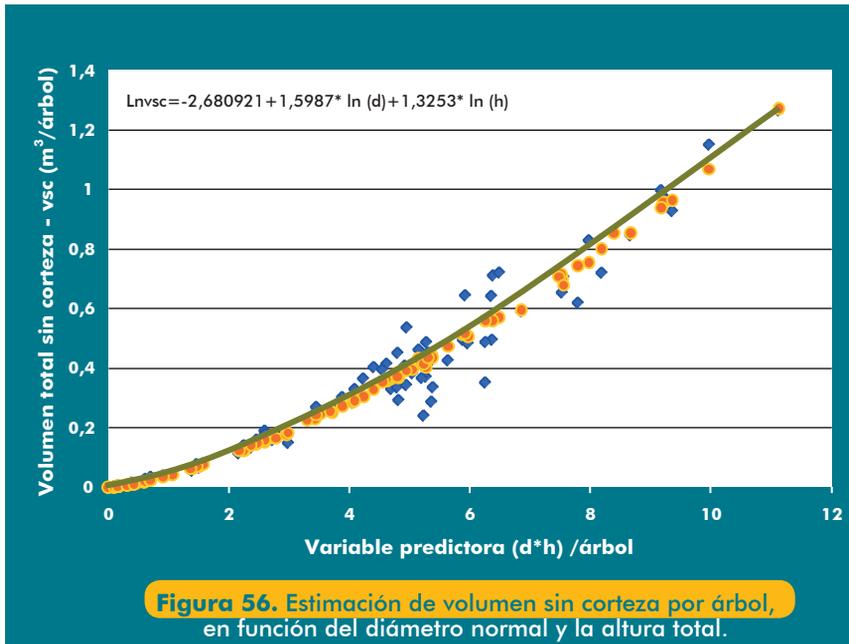
Donde el valor del diámetro (d) y la altura (h) deben ser en metros

Este modelo presenta un buen ajuste, como se observa al graficar valores reales contra los estimados por el modelo. El coeficiente de determinación es de 0,9836, el cuadrado medio del error es de 0,00347.

Al realizar los estimativos de producción de madera, es importante calcular y descartar el volumen de la corteza, debido a que es un porcentaje considerable dentro del volumen total del árbol y, con excepción de mercados locales para sustrato de helechos y orquídeas, parece ser que su utilidad comercial es muy poca. Además, cualquiera de los usos futuros finales de la madera de pino pátula, implica la eliminación de la corteza. La Ecuación 14 relaciona de manera lineal ambos volúmenes.

$$Vsc = -0,005 + 0,9128 * Vcc \text{ (Ecuación 14)}$$

En promedio, para una plantación de 25 años, el porcentaje de corteza dentro del volumen en pie es de 8,7%; sin embargo, entre los primeros 7 años, el porcentaje alcanza el 14,8%, entre los 8 y 12 años el 11,1% y más de 12 años el 10,6%.



Volumen calculado a través del factor de forma. Para calcular el volumen existente en un árbol es posible hallarlo a través de la fórmula de un cilindro.

$$V_{\text{cilindro}} = \pi/4 * (d^2 * h)$$

Cuando el volumen se calcula por este método se tiende a sobreestimar, dado a que la forma del árbol se asemeja más a la de un cono, razón por la cual el valor obtenido por la fórmula del cilindro debe ser afectado por un factor de correlación llamado factor de forma o coeficiente mórfico.

Utilizando edades desde 1 año hasta 25 años, el factor de forma promedio para el pino pátula es de 0,524, lo que implica que el volumen con corteza puede calcularse por medio de la Ecuación 15.

$$v_{cc} = \frac{\pi}{4} * (d^2 * h) * 0,524 \quad \text{(Ecuación 15)}$$

donde el diámetro normal y la altura total esta dada en metros

Manejo de plantaciones. A pesar de toda la información existente con respecto a la especie, las plantaciones más viejas de *Pinus patula* que existen, se establecieron con fines de protección o para producción de pulpa. A raíz de esto, no hay una información consistente en cuanto al tiempo de hacer las entresacas y el número de éstas para poder maximizar los crecimientos en volumen. Las bases de datos utilizadas para esta modelación corresponden a plantaciones de las EE.PP de Medellín, Smurfit Kappa Cartón Colombia, Maderas de Oriente, Agroindustrias la Florida y Pro-Oriente de Pensilvania (Caldas).

Para la mayor parte de estas plantaciones, se trabajaron densidades de 1.600 árboles/ha (con distancias de 2,5 x 2,5 m) y de 1.111 árboles/ha (con distancias de 3 x 3 m), en turnos de producción de 18 años o de 21 años, dependiendo del desarrollo de la especie y como destino final madera de aserrío.

Como no hay reportes para realizar un manejo de la densidad, que permita hacer la inferencia de cuando hacer una intervención (raleos y entresacas) bajo las condiciones de las Plantaciones en Colombia, se sugiere utilizar el diámetro cuadrático (d_q) y el área basal del árbol del cuadrado medio con relación a la edad.

El diámetro cuadrático (d_q) o el diámetro del árbol promedio, es una medida de densidad y se estima como el diámetro normal correspondiente a un árbol con área basal promedio. Para su estimación se obtuvo el área basal para todos los árboles constitutivos de la muestra evaluada (parcela, población, rodal), mediante la Ecuación 16.

$$g_i = \pi * (d_i^2 / 4) \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde

d_i : Diámetro normal a 1,3 m de altura dado en metros

g_i : Área basal del árbol

El Área basal (g). Es un parámetro indicador de la ocupación y de la productividad de un sitio; su simbología se representa como (g) para el área basal de un árbol y (G) para el área basal por hectárea.

$$G = \sum_{i=1}^n g_i$$

$$g_m = \frac{G}{N}$$

El área basal media (g_m) se obtiene al dividir el área basal total por el número total de individuos.

A partir del área basal media se obtiene el diámetro cuadrático, correspondiente al árbol de área basal media, mediante la fórmula.

$$dq = \sqrt{\frac{4 * gm}{\pi}}$$

La Figura 58 permite describir el comportamiento del diámetro cuadrático en función del tiempo. Dicho comportamiento puede explicarse mediante la Ecuación 17

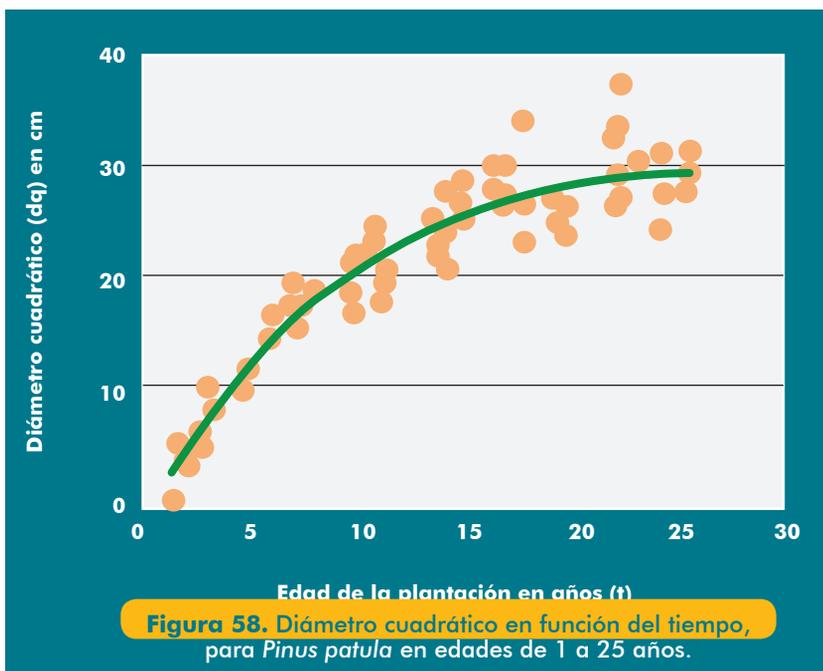
$$dq = 33,708084 * (0,88753335 - e^{-0,14331938 * t}) \quad (\text{Ecuación 17})$$

Esta ecuación presenta un coeficiente de correlación de 0,92 y un error estándar de estimación de 2,37. La Figura 58 permite concluir que cuando el diámetro promedio se acerca a 17,5 cm aproximadamente, se inicia la competencia y es el momento de la primera intervención. También se puede observar que cuando el diámetro promedio es de 25 cm la

curva tiende a ser asintótica y se hace necesaria una segunda intervención, para continuar maximizando el crecimiento en diámetro.

El diámetro promedio aumenta con la intensidad de la entresaca, es decir, que al final del período de evaluación, la diferencia entre plantaciones con y sin entresacas, puede ser mayor a 2 cm. La altura, por ser un efecto combinado de la calidad de sitio y de competencia, no se beneficia con la entresaca (Ladrach, 1979).

Al graficar el área basal por árbol en función del tiempo, se observa un comportamiento similar, que puede explicarse mediante la ecuación de Chapman and Richards (Ecuación 18).



$$g = 0,0720 * (1 - e^{-0,1348t})^{2,2027} \quad \text{(Ecuación 18)}$$

Esta ecuación presenta un coeficiente de correlación de 0,89 y un error estándar de estimación de 0,0077. Con este modelo y partiendo de una densidad comercial de 1.111 árboles/ha, desde el año 1 hasta el año 25, se obtuvieron las curvas de crecimiento medio y corriente anual, y la tendencia que éstas muestran permitirá inferir la condición de ocupación del sitio y el momento oportuno de hacer las intervenciones.

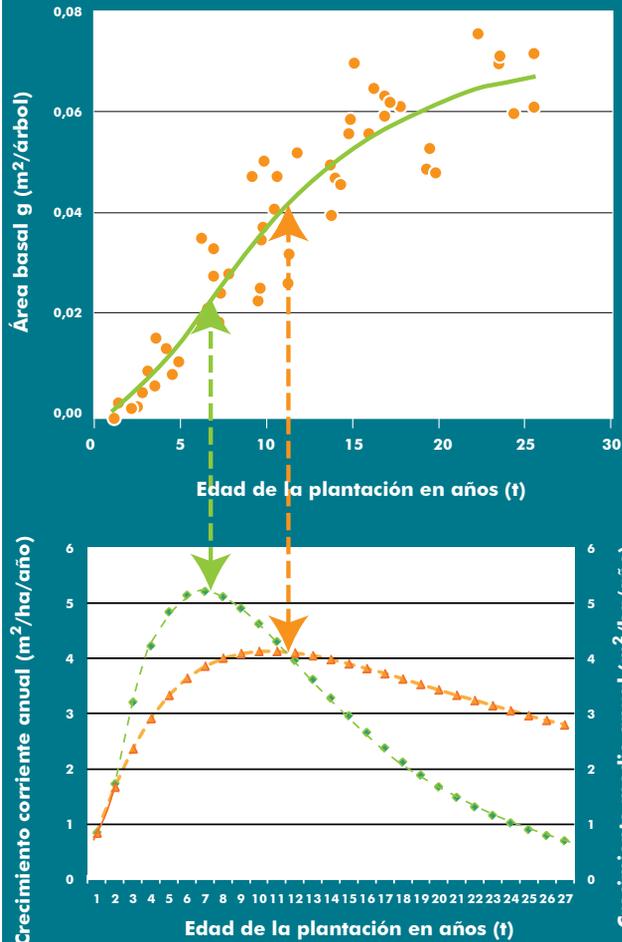


Figura 59. Crecimiento corriente y medio anual para plantaciones de *Pinus patula* entre 1 y 25 años.

Entresacas y aclareos

Las entresacas tienen varios propósitos:

- Aumentar las tasas de crecimiento
- Mejorar la calidad del rodal, eliminando los árboles de menor calidad y creando un producto final de mayor valor
- Mejorar densidades que favorezcan el desarrollo de los árboles, permitiendo retirar madera de la plantación antes de la edad de turno

La entresaca parece ser efectiva en la prevención del ataque de defoliadores como *Glena bisulca* y *Oxydia trichiata*. Este tipo de ataque se presenta generalmente en plantaciones de 7 a 8 años, cuando se cierra el dosel.

La curva de crecimiento corriente muestra el punto máximo a los 7 años, es decir, a esta edad se tiene la máxima capacidad de carga y el sitio empieza a estar sobreocupado. El indicativo de competencia se presenta cuando el área basal supera los 25 m^2/ha o el diámetro promedio alcanza los 15 cm. Para el modelo obtenido cuando este valor alcance los 27 m^2/ha o los 17,5 cm diámetro promedio (d_q), la plantación ha llegado a su capacidad máxima de carga y es necesaria la primera entresaca, preferiblemente la selección de individuos a entresacar debe ser por lo bajo, con la extracción de los individuos de menor desarrollo, aquellos con fuste torcido o con problemas fitosanitarios. No es recomendable hacerlo por hileras o

sistemático, debido a que esto involucraría la extracción de individuos de buen desarrollo. El porcentaje de individuos a extraer estaría entre el 25% y el 33%, dependiendo de la condición de desarrollo de la plantación en el momento.

Crecimiento y rendimiento en volumen

El modelo que mejor predice el crecimiento en volumen en función de la edad de plantación es el modelo tipo Chapman and Richards (Ecuación 19).

$$V_{cc} = 1,1833 * (1 - e^{-0,0730t})^{2,3410} \quad (\text{Ecuación 19}).$$

El modelo tiene un coeficiente de correlación de 0,86 y un error estándar de estimación de 0,0982. La tendencia de crecimiento en volumen para *Pinus patula* muestra que el máximo crecimiento medio se presenta al año 12, cuando el volumen producido por árbol es de 0,3353 m³. Esto ratifica que para maximizar el área basal y optimizar el espaciamiento, la primera entresaca debe hacerse al año 7, y para maximizar el volumen la segunda entresaca debe hacerse al año 12.

De acuerdo al modelo de Chapman and Richards, el máximo incremento corriente anual (ICA max) se presenta cuando ICA = Ln c/b, es decir, a los 11,65 años, lo que corrobora la tendencia del área basal. Este comportamiento sugiere que la primera entresaca se debe realizar al año 7, para mejorar espaciamiento, pero como no se maximiza el volumen, es necesario que la entresaca sea entre el 25% y el 33%, dependiendo de la mortalidad natural. No es recomendable que la entresaca sea del 50%, debido a que se subocuparía el sitio, habría poca competencia entre copas y la forma de los árboles sería muy cónica (menos volumen de madera aprovechable), además la mortalidad es muy baja cuando la entresaca se hace por lo bajo y con un 33% de intensidad (Ladrach, 1979).

La segunda entresaca, es de tipo comercial, pues hay madera de aserrío, utilizable para alfaridas, tablilla machihembrada, viguetas, embalajes y postes; ésta debe hacerse al año 12, cuando ocurre el máximo crecimiento corriente en volumen y

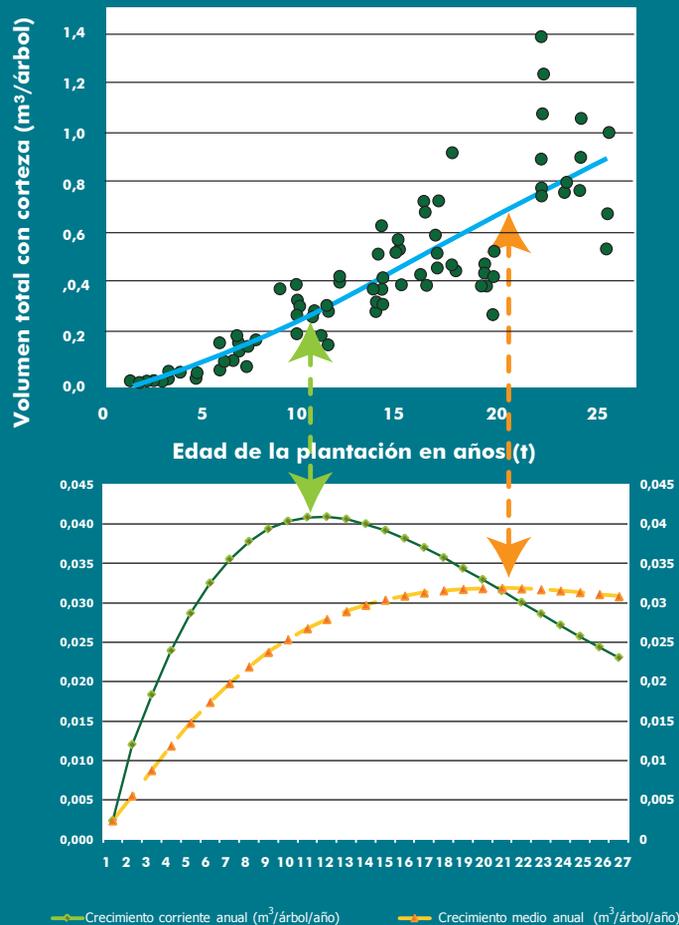


Figura 60. Estimación del volumen total con corteza ($m^3/\text{árbol}$) en función de la edad de plantación en años (t).

el máximo del crecimiento medio en área basal. La entresaca debe ser del 50% y con ella se busca, no solo optimizar el espaciamiento sino mejorar el volumen en cosecha final, al año 21. El número de árboles remanentes hasta la cosecha final estaría entre el 25% y el 30% de los establecidos inicialmente.

SISTEMAS AGROFORESTALES (Taungya)

Este sistema consiste en el establecimiento simultáneo de pino pátula y cultivos temporales. Los renglones más comunes en esta asociación son el maíz y el frijol, que se cultivan intercaladamente durante los dos primeros años de la plantación. De esta manera, los árboles se benefician de la fertilización de los cultivos, los cuales ayudan a amortizar los costos de mantenimiento de la plantación. Para obtener una mejor rentabilidad, se recomienda un manejo adecuado a los cultivos agrícolas.

Otras asociaciones temporales en plantaciones de pino pátula se han desarrollado con lulo (*Solanum quitoense*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en los departamentos de Caldas y Santander. Para el sistema de pino con tomate de árbol, se ha observado cierta competencia por luz y nutrientes.

Tabla 5. Proyección de manejo de densidades y de entresacas a realizar en una plantación de 21 años de edad (Turno económico) para *Pinus patula*.

Edad (años)	Densidad inicial (árboles/ha)		Mortalidad natural		Diámetro cuadrático en cm (dq) Modelo de Chapman and Richards	Área basal dq (m ² /ha) - Extraída entresaca		Área basal dq (m ² /ha) - Remanente		Volumen cc (m ³ /árbol) Modelo de Chapman and Richards	Volumen extraído (m ³ /ha)		Volumen remanente (m ³ /ha)		Usos
	3 x 3 m	3 x 3 m	3 x 3 m	3 x 2m		3 x 3 m	3 x 2m	3 x 3 m	3 x 2m		3 x 3 m	3 x 2m	3 x 3 m	3 x 2m	
1	1.111	1.666			1,9			0,3	0,5	0,00			2,6	4,0	
2	1.111	1.666			4,9			2,1	3,1	0,01			12,3	18,4	
3	1.111	1.666			8,0			5,5	8,3	0,03			29,2	43,8	
4	1.111	1.666			10,9			10,3	15,5	0,05			52,8	79,1	
5	1.111	1.666			13,5			15,8	23,7	0,07			82,1	123,1	
6	1.111	1.666			15,7			21,5	32,2	0,10			116,1	174,1	
7	1.111	1.666	120	200	17,6	6,8	14,6	27,0	40,5	0,14	38,5	83,2	154,0	230,9	Pulpa para papel, guacales, cajas para transporte de alimentos, estibas, astilla para tableros y postes
8	713	800			19,2			20,7	23,2	0,18			125,0	140,2	
9	713	800			20,6			23,8	26,7	0,21			152,6	171,1	
10	713	800			21,8			26,6	29,9	0,25			181,0	203,0	
11	713	800			22,8			29,2	32,7	0,29			210,0	235,4	
12	357	360			23,7	15,7	19,4	15,7	15,9	0,34	119,0	201,2	119,6	120,7	Postes, alfardas, cargueras, aserrio, tablilla machihembrada, muebles, tableros.
13	178	162			24,5			8,4	7,6	0,38			67,1	60,9	
14	357	360			25,2			17,7	17,9	0,42			148,5	149,8	
15	357	360			25,7			18,6	18,7	0,46			162,6	164,1	
16	357	360			26,3			19,3	19,5	0,49			176,4	178,0	
17	357	360			26,7			20,0	20,2	0,53			189,8	191,5	
18	357	360			27,1			20,6	20,8	0,57			202,8	204,6	
19	357	360			27,5			21,2	21,4	0,60			215,3	217,2	
20	357	360			27,8			21,7	21,9	0,64			227,3	229,3	
21	357	360			28,1			22,2	22,4	0,67	239,1	241,1	238,8	240,9	Aserrio, alfardas, chapas decorativas, muebles, ebanistería fina.



Figura 61.

Sistemas agrotorestales de lulo (*Solanum quitoense*) asociado con *Pinus patula* en Zapatota (Santander).

SISTEMAS SILVOPASTORILES

Estos sistemas hacen relación a plantaciones comerciales de pino pátula y ganado vacuno de levante. Un ejemplo de este tipo de actividad se ha desarrollado en la finca Floridablanca, en el municipio de Villamaría (Caldas), por parte de Maderas y Celulosa S.A., con 120 ha dedicadas al silvopastoreo.

Allí, los árboles se plantan inicialmente a 3 x 3 m de distancia (1.111 individuos por hectárea) y se hace un raleo al quinto año, para dejar 600 árboles/ha. Al séptimo año, se dejan 350 a 400 ejemplares, que se cosechan al décimo año. La producción de los raleos se utiliza para pulpa, mientras que la última cosecha se destina a estacones de 2 a 3 m de largo, y alfardas de 6 m de largo.

Durante los primeros cuatro años de la plantación, los árboles se podan tres veces, con el fin de reducir la sombra sobre el pasto. A los dos años de edad de la plantación se introduce el ganado, y se suspende, aproximadamente, a los seis años, cuando ésta cierra el dosel. Se pastorean animales con pesos de 300 a 350 kg (20-30 meses), para reducir la compactación del suelo.

En los diferentes rodales de la finca se hace rotación en lotes de 35 a 50 reses, durante cincuenta días. En estos sistemas generalmente se utilizan razas de ganado criollo, pardo-suizo, normando y cebú.

Otro ejemplo de esta actividad silvopastoril se encuentra en la finca Lisbrán, vereda La Suiza, en el municipio de Pereira (Risaralda), de propiedad de la Reforestadora Nacional, en una extensión de 90 ha comerciales de pino pátula y pino oocarpa, pero a diferencia del caso anterior, el objetivo de estas plantaciones es la producción de madera de aserrío. Actualmente, el pastoreo se hace en plantaciones de unos 15 años de edad, con un raleo previo a los 10 años.



Figura 62.
Sistemas silvopastoriles
de *Pinus patula* con:
a. Búfalos; **b.** Ganado
pardo suizo; **c.** Ganado
normando. Densidades
de siembra entre 278 y
625 árboles/ha.

En promedio, pastan 1 60 animales de levante, en lotes de 8 a 14 ha, donde predominan los pastos kikuyo y estrella. Esta actividad silvopastoril genera ingresos que contribuyen al mantenimiento de la infraestructura de la finca y sus plantaciones.

APROVECHAMIENTO Y USOS

El aprovechamiento implica la extracción de la madera de la plantación, bien sea el árbol completo o en trozas, hasta el sitio de acopio (transporte menor). En los sitios de acopio se acumula la madera, para que otro sistema de transporte más rápido y con mayor capacidad, la lleve a los sitios de transformación.

Tractor agrícola de “carreto” mecánico. Comúnmente llamado “Castor paisa”. Se utiliza un tractor agrícola, al que se le reemplaza una de las llantas traseras del tractor por un tambor, donde se envuelve el cable de arrastre. El tractor debe estar fijo, anclado en dos extremos por cable aéreo. Se utiliza para subir o bajar madera, con un alcance hasta de 550 m; trabaja con dos cables: uno aéreo de 5/8” diámetro mínimo y uno de arrastre, de 3/8” y capacidad de carga de 0,7 t por ciclo (Arbeláez e Isaza, 1983).

Winche nacional. Funciona con dos cables que se enrollan en un tambor impulsado por un motor, con sistema de control mecánico. El primer cable es aéreo y fijo, mínimo de 5/8” de diámetro, el segundo cable es de arrastre, de 3/8”, con un alcance hasta de 550 m y una capacidad de carga de 0,6 t por ciclo (Alvis y Sotelo, 2009).

Torre Koller. La fuente de potencia es un tractor agrícola de 70 HP, que funciona con la configuración de cable aéreo vivo (con tambor de tensión y recuperación), de 5/8” de diámetro y 350 m de longitud. El cable de arrastre es de 3/8” de diámetro y 400 m de longitud. Trabaja con un carrito Koller SKD 1, que se utiliza para extraer madera con un alcance hasta de 350 m y una capacidad de carga de 1 t por ciclo.

Cuando la accesibilidad del sitio no permite la entrada de este tipo de equipos o existe manera de un carretable hasta el sitio de extracción, esta actividad se hace con mulares o equinos.

Descortezado. Es el proceso por el cual es eliminada la corteza (sin uso comercial) de la madera de pino. Esta actividad se hace en el sitio de acopio antes del transporte mayor.



Figura 63. "Castor paisa" para extracción de madera. **a.** Tractor sin rueda derecha y adaptación de tambor con cable para extracción de madera; **b.** Cable que trae madera estrobada, accionada por el castor paisa; **c.** Liberación de estrobo¹ y desamarre de trozas.

¹Estrobo: Pedazo de cable unido por sus extremos, que sirve para suspender trozas de madera, para transportarlas mediante cables aéreos de extracción.



Figura 64. Torre Koller utilizada para la extracción de madera de *Pinus patula*. **a.** Torres con su respectiva fuente de poder; **b.** Carro Koller que transporta la madera una vez estrobada; **c.** y **d.** Transporte, estrobo y apilado de madera de pino, realizado por carro Koller.



Figura 65. a. Winche de doble tambor (ida y venida), utilizado para extracción de madera; **b. y c.** Winche de un solo tambor cargador, donde el estrobero debe desplazar el gancho para amarrar la carga.



Figura 66. a y b.

Extracción de madera por medio de mulas, por lo general, en sitios retirados y de difícil acceso para cables aéreos; **c.** Cargador chileno, con pluma que hala trozas hasta de 15 m, apila y carga a plataforma de camión.



Figura 67. a. Dimensionado de la madera; b. Arrastre de troza para efecto de iniciar descortezado.



Figura 68. a. Descortezado con machete; b. Descortezado con palín; c. Descortezado y cargue a camión.

USOS

Madera redonda. La madera en rolo e inmunizada con sales de cromo-cobre-arsénico (CCA) o boro-cromo-arsénico (BCA), es utilizada para postes de telefonía rural, energía eléctrica o para postes de cercas. Igualmente, se utiliza para la elaboración de construcciones rústicas, con un alto grado de estabilidad, en estructuras para juegos infantiles, parques, sitios de recreación, kioscos, casas de perros y de muñecas, módulos, pilotes y puntales para minas. En evaluaciones posteriores hechas en postes de transmisión de energía y de cercos inmunizados con sales CCA y sin inmunizar, se ha encontrado que después de 10 años de estar enterrados, los postes inmunizados están en perfectas condiciones y aquellos sin inmunizar estaban completamente podridos. Incluso bajo condiciones de alta humedad y temperatura, los postes sin inmunizar pueden durar menos de un año sin deteriorarse y podrirse (Wright y Ladrach, 1993).

La madera redonda, los orillos y las ramas de buen grosor, se utilizan para la obtención de pulpa de fibra larga, que es la materia prima para elaboración de papel Kraft y cartón. El papel Kraft es utilizado para elaboración de empaques (sacos) para cemento, azúcar, harina y concentrado para animales, entre otros, ya que presenta alta resistencia al rasgado. El cartón se utiliza para la fabricación de esquineros (ángulos de protección), laminación, paletizadores-separadores, particiones de interiores de cajas corrugadas, fabricación de tubos para papel higiénico o papel de aluminio, papel para fólderes, pasta de libros y archivadores.



Figura 69.

Usos de madera de pino proveniente de entresacas.

- a.** Postes para cercos;
- b.** Construcciones civiles con madera redonda sin inmunizar.

Madera aserrada. La madera es liviana, con buena estabilidad dimensional, no es muy durable y susceptible a mancha azul e insectos xilófagos; es fácil de secar, tanto al aire libre como al horno, tiende a presentar torceduras cuando hay un mal secado o nudo en la madera (Vásquez y Ramírez, 2005). Cuando está verde o recién aserrada presenta un olor agradable a resina.

Se deja maquinar con relativa facilidad, permite un buen torneado, dando hermosos productos artesanales y manufacturados como cajas y cofres, muy útil en el revestimiento de interiores. Igualmente en la elaboración de estibas, estructura para techos, formaletas (en construcción), guacales, bases para neveras, rellenos de puertas, interior de muebles, cajas, tendidos de cama, tablilla machihembrada para cielos rasos y revestimientos, palillos para dientes y pinchos, mangos para herramienta y vigas.

Algunos usos que se están difundiendo, son las chapas decorativas, depresores linguales, tableros contrachapados, módulos a base de madera como el tablex, madera-cemento, fibra-cemento. En forma de madera laminada y densificada. Uno de los usos que mayor valor agregado tiene y que además permite la utilización de piezas pequeñas, es en artesanías. La leña que se extrae de ella es de excelente calidad.

Producción de carbón y leña. En muchas partes del mundo se utiliza para la elaboración de carbón. Su dureza es aceptable y no hay grandes pérdidas en transporte o manipulación. El costo de producción se incrementa a mayor contenido de humedad de la madera y a un menor tamaño, por lo que es recomendable una humedad por debajo 40%. Al parecer, el carbón de pino quema mucho más rápido que el carbón de maderas duras.

En el país se emplean ramas y pequeños tallos para la producción de carbón vegetal, posterior al aprovechamiento. La transformación de la madera en carbón puede producir una pérdida del 70% en el valor calórico de la madera de *P. patula*, el cual puede estar entre los 17,46 a 21,05 kJ en una base de peso seco (Singh, 1984).

Usos para pulpa. La longitud de las traqueidas es importante, especialmente para producción de pulpa y papel. No hay total claridad en cual debe ser la longitud máxima y mínima de las traqueidas. Su crecimiento se estabiliza a una edad de 10 años, aproximadamente. La longitud de las traqueidas es de 3,07 mm a la edad de 7 años, hasta 3,85 mm a la edad de 15 años, y esta longitud disminuye con la altitud. Además una mayor longitud en la traqueida produce un mayor rendimiento en la producción de pulpa para papel.



Figura 70. Papel Kraft y cartón

elaborados a partir de la pulpa obtenida de *Pinus patula* (Fuente: <http://www.smurfitkappa.com.co/DropdownMenu/Products/Pulp+Paper+and+Board/>).

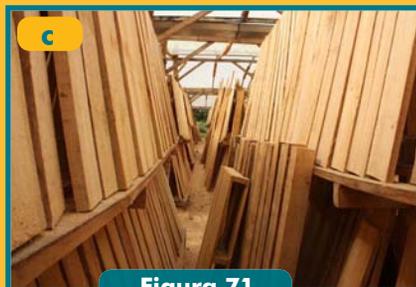


Figura 71.

Diferentes productos obtenidos de la madera de *Pinus patula*.
a. y **c.** Tabla para forro y tendido de cama.
b. Alfardas y viguetas para techos.
d. Elaboración de estibas.



Figura 72. Productos elaborados con madera de pino. **a.** Muebles;



Figura 73.
Obtención de carbón de leña de los residuos originados del aprovechamiento **a.** Montículo de fragmentos de rama, en forma cónica y con boca abierta; **b.** y **c.** Cubierta con tierra y liberación de humo, producto de la quema de los fragmentos de ramas; **d.** Obtención de carbón.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a las siguientes entidades: EE. PP de Medellín, Maderalandia, Madepen Ltda, Pro-Oriente S.A, Maderas de Oriente S.A, Agroindustrias La Florida S.A., Smurfit Kappa Cartón de Colombia.

A los Ingenieros María Norela Cano, Ricardo Saavedra, Juan Carlos Obando, y a los Tecnólogos Forestales Jary Arnold Medina y Harold Campo.

LITERATURA CITADA

- ALEMÁN, B.I.;** [et al.]. Empleo de una cepa de *Burkholderia cepacia* en el control de la mancha azul en la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*). Laboratorio de Biotecnología de Microorganismos, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Ciencia vol.11(1), p. 39-46. 2003.
- ALVIS, G.J.;** **SOTELO, M.A.** Identificación de las causas que alteran el rendimiento de los equipos de extracción de madera: Estudio de tiempos y movimientos. Bioagro 7(2):15-23. 2009.
- ANDERSON, R.S.** Weevils (Curculionoidea). En: SMITH, I.M.; SCUDDER, G.G.E. Assessment of species diversity in the Montane Cordillera Ecozone. Burlington : Ecological monitoring and assessment network, 1998. p. 15.
- ANDERSON, W.H.** Larvae of some genera of Cossoninae (Coleoptera: Curculionidae). Annals of the entomological society of America 45(2):281-309. 1952.
- ARBELÁEZ, G ;** **ISAZA, R.** Análisis técnico económico de los sistemas de aprovechamiento e coníferas en Antioquia. Medellín:. Universidad Nacional de Colombia, 1983. 89 p. Tesis Ingeniero Forestal.
- ARCE, M.;** **ISAZA, N.** Producción de semillas por cono en cuatro especies del género Pinus en Colombia. Cali : Smurfit Cartón de Colombia, 1996. 8 p. (Informe de investigación No. 173).
- AUPEC.** Ciencia al día, el lado oscuro de las mariposas: Informes. Cali: Universidad del Valle : Boletín 43: Mariposas, 1997. 3p.
- BARNETT, H.L.;** **HUNTER, B.B.** Illustrated genera of imperfect fungi. 4 ed. Minnesota (USA): The american phytopathological society, 1998. 218 p.
- BARRET, R.L.** Forest nursery practice in Rhodesia. Rhodesia : Rhodesian Bulletin Forestry, 1973. 100 p. (Bulletin forestry research No. 4).
- BARTHOLOMÄUS, A.;** [et al.]. El Manto de la tierra, flora de los Andes: Guía de 150 especies de la flora andina. Bogotá : CAR, 1990. 332 p.
- BENAVIDES, G.M.** Gusanos medidores en cafetales. Chinchiná : Cenicafé, 1974. 4 p. (Avances Técnicos No. 33).
- BUSTILLO P, A.** Diferencias en el ciclo de vida e incidencia en el número de instares de *Glena bisulca* (Lepidoptera:Geometridae) a diferentes temperaturas ambientales. Revista colombiana de entomología. 2(3):99-103. 1976.
- . Gusano defoliador del Ciprés. Medellín : ICA, 1970. 12 p. (Boletín de divulgación No. 31).
- . Los insectos y su manejo en la Caficultura Colombiana. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 2008. 466p.
- BUSTILLO, A.;** **LARA, L.** Plagas forestales. Medellín : ICA : INDERENA, 1971. 32 p. (Boletín de divulgación No. 33).
- CORDOBA, A.** Prediction growth and yield for patula pine plantations a case study from Colombia. New York : University of New York. College of environmental science and forestry, 1984. 180 p. Trabajo de grado: Magister science.

CONIF. Guía forestal para Pino (*Pinus patula*). Bogotá : CONIF, 2002. 12 p.

----- Plagas, incendios. Bogotá : CONIF, 1999. 52 p. (Boletín de protección forestal No. 4)

DÍAZ, J.; JARA, L. F.; VENEGAS, L. 20 años de investigación para el desarrollo: Una contribución para el desarrollo. Bogotá : INDERENA : Pro-ambiente, 1993. 105 p.

DUÑABEITIA A., M. K.; ITURRITXA, E.; GONZALEZ M., C.; MURUA U., C.; ORTIGA, C.; SÁNCHEZ Z., J.; URKIRI T., K.; MAJADA G., J. Control biológico de los patógenos *Fusarium circinatum* y *Sphaeropsis sapinea* mediante la utilización de especies fúngicas antagonistas. Bilbao : Universidad del País Vasco, 2004. 21 p.

DVORAK, W.S.; DONAHUE, J.K. CAMCORE cooperative research review 1980-1992. North Carolina : North Carolina State University, 1992. 93 p.

ENDO, M.; VÉLEZ M., G. Results of a pruning trial with *Pinus patula* in Colombia. Piracicaba (2):45-49. 1992.

ESCOBAR S., R.A. Aspectos biológicos del *Pinus patula*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1967. 42 p.

JARA N., L.F. Una metodología para la evaluación de ensayos de procedencias de *Pinus* spp. en Colombia. Bogotá : Instituto Nacional de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, 1980. 11 p. (Investigaciones forestales No. 2).

LADRACH, W. Entresaca de *Pinus patula* por métodos mecánicos y oculares, resultados a los diez años. Cali: Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1979. 4 p. (Informe de investigación No. 47)

----- Diez años de mejoramiento industrial de árboles en Colombia. Cali: Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1983. 11 p. (Informe de investigación No. 85)

----- Thinning of *Pinus patula* by rows and from below, results after 14 years. Cali : Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1983. 12 p. (Research report No. 86).

----- Estimulación de floración del huerto semillero de *Pinus patula* mediante la fertilización, subsolación y el anillado de las ramas inferiores. Cali: Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1985. 4 p. (Informe de investigación No. 103).

----- Factores de conversión para coníferas en el patio de madera. Cali: Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1985. 3 p. (Informe de investigación No. 104)

LAMBETH, C.; [et al.]. Incidencia de la mancha azul en las plantaciones de especies comerciales en Colombia : Efecto del tiempo de almacenamiento y del descortezamiento. Cali: Smurfit Kappa Cartón de Colombia. 10 p. (Informe de investigación No. 122).

LUCKHOFF, H.A. The effect of live pruning on the growth of *Pinus patula*, *P. caribaea*, and *P. taeda*. Journal of South African Forestry Association, Pretoria. (18), p 25-55.

MADRIGAL C., A. Fundamentos del control biológico de plagas. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2001. 453 p.

----- Insectos asociados al árbol urbano en el Valle de Aburrá. Medellín : Editorial Marín Vieco, 2002. 202 p.

----- Insectos forestales en Colombia: Biología, hábitos, ecología y manejo. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2003. 848 p.

- MADRIGAL C., A; ABRIL, G.** Biología y hábitos del insecto palo (*Libethroidea inusitata* Herbard) defoliador del *Pinus patula* en Antioquia. Crónica forestal y del medio ambiente 19:25-36. 1994
- O'BRIEN, C.W.** A catalog of the coleoptera of America North of Mexico: Family Curculionioae. Tallahassee : USDA, 1997. 48 p.
- PARENT, G.** Guía de reforestación. Bucaramanga : Corporación de defensa de la meseta de Bucaramanga : Agencia canadiense para el desarrollo internacional, 1989. 214 p.
- PATIÑO, V.F.; KAGEYAMA, P.** *Pinus patula* Schiede y Deppe. Dinamarca : Danida Forest Seed Center, Denmark, 1991. 25p. (Seed leaflet No 8a).
- PEŠIĆ, S.; MLADIĆEVIĆ, D.; ŽIVKOVIĆ, K.** Weevils (Curculionioidea) in the center for small grains Kragujevac collection. Kragujevac Journal Science, v. n. 27, 2005. p.167-175.
- PINZÓN F, O.** Guía de insectos dañinos en plantaciones forestales. Santafé de Bogotá : CONIF, 1997. 99 p.
- PULGARÍN D., A.J.** Insectos xilófagos presentes en 14 especies de maderas comercializadas en el valle de Aburrá. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2005. 48 p. Trabajo de grado: Ingeniero forestal.
- PULGARÍN, J.A.** Insectos perforadores de las trece maderas más comercializadas en el Valle de Aburrá. Revista colombiana forestal 12:51-61. 2009.
- RAMÍREZ de G., M.R.** Crecimiento del *Pinus patula* Schlecht et Cham., en Colombia. Valdivia : Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias forestales, 1991. 202 p. Trabajo de grado: Magister en ciencias, mención silvicultura.
- RAMÍREZ de G., M. R; JARAN., L. F.** Procedencias de *Pinus Patula* para el centro y occidente andino colombiano. Bogotá : CONIF : FEDERACAFE, 1992. 36 p. (Serie Técnica No. 21).
- RAMÍREZ M., M.A.** Diversidad de insectos palo (Insecta Phasmatodea) de Colombia. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2009. Trabajo de grado: Magister en Ciencias – Entomología. 258 p.
- REYNA R., N.** Análisis del incremento de madera y estudio de la mancha azul en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. En Turrialba- Costa Rica. Universidad de Costa Rica – CATIE, Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, 1978. 140 p. Tesis Mag. Sc.
- RIAÑO H., N. M.; OSPINA p., C. M; GÓMEZ, L. F; LÓPEZ, J. C.; URREGO, C. M. ; OSORIO, O. I.; OBANDO B., D.; TANGARIFE, G.** Determinación de la capacidad de captura de carbono en ocho especies forestales: Informe final. Chinchiná : CONIF : Cenicafé, 2004. 57 p.
- ROBINSON, W.H.** Handbook of urban insects and arachnids. Cambridge : Cambridge University Press, 2005. 456 p.
- RODAS, C.A.** Manejo de defoliadores en plantaciones forestales. Cali: Smurfit Cartón de Colombia, 1997. 13 p. (Informe de investigación No. 185)
- Una nueva especie de *Glena* (*Glena* sp. Lepidoptera: Geometridae) defoliador del *Pinus patula* en Colombia. Cali : Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1996. 7 p. (Informe de investigación No. 172)

-----. *Chrysomima semilutearia* (Felder & Rohenhofer) nuevo defoliador de plantaciones forestales en Colombia. Cali : Smurfit Cartón de Colombia, 1996. 11 p. (Informe de investigación No. 176).

RODAS, C. A.; MADRIGAL, A. Estudio comparativo de algunos parámetros biológicos en *Telenomus alsophilae* (Hym: Scelionidae) parasitoide de geométridos de importancia forestal. Aconteceres Entomológicos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. p 103 - 114. 1997.

SINGH, B. Conservation and fixation of solar energy in *Pinus patula* plantations of Darjeeling Himalaya. Biomasa 5:43-54. 1984.

SOLANO E., O.E. Identificación y control de los hongos causantes de la mancha azul en madera de Pino pátula en Antioquia. Boletín técnico informativo sobre tecnología de maderas 6(1):17-29. 1987.

STUART, B.E St. L. Seed weights for the species commonly grown in east Africa. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations 1954. 15p. (Forestry Tech. Note 2.)

TOBÓN H., M.P. El peso específico del *Pinus patula* por medio de muestras de incremento. Boletín técnico informativo sobre tecnología de maderas 6(1):34-46. 1987.

VÁSQUEZ C., A.M.; RAMÍREZ A., A.M. Maderas comerciales en el valle de Aburrá. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2005. 246 p.

VÉLEZ A., R. Nota sobre tres defoliadores del pino o Ciprés (*Cupressus lusitanica* var. *benthani* Mill.) en Antioquia. Agricultura Tropical 22(12):641-650. 1966.

WANAT, M.; MOKRZYCKI, T.A. new checklist of the weevils of Poland (Coleoptera: Curculionioidea) Genus 16(1):69-117. 2005.

WATLING, R. Mushrooms and toadstools of coniferous forests. Scotland : Royal Botanical Garden, 1976. 39 p. (Forestry Commission Forest Record No. 107).

WORMALD, T.J. *Pinus patula*. Oxford : Unit of tropical silviculture, 1975. (Tropical forestry papers No. 7).

WRIGHT, J.A.; LADRACH, W.E. Evaluación a los diez años de un estudio de postes de transmisión y de cercos de Pinos, Ciprés y Eucalipto inmunizados con CCA. Cali.: Smurfit Kappa Cartón de Colombia, 1993. 6 p. (Informe de investigación No. 161)