

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL GUADIANA

PRODUCCIÓN DE PLANTA DEL GÉNERO *Pinus* EN VIVERO EN CLIMA TEMPLADO FRÍO



José Ángel Prieto Ruíz
José Leonardo García Rodríguez
Jorge Manuel Mejía Bojórquez
Saúl Huchín Alarcón
José Luis Aguilar Vitela

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO
RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez

Secretario

Ing. Francisco López Tostado

Subsecretario de Agricultura y Ganadería

Ing. Antonio Ruíz García

Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. Jeffrey Max Jones Jones

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos

Director General

Dr. Enrique Astengo López

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dr. Salvador Fernández Rivera

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Lic. Marcial A. García Morteo

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE-CENTRO

Dr. Homero Salinas González

Director Regional

Dr. Héctor Mario Quiroga Garza

Director de Investigación

Dr. José Verástegui Chávez

Director de Planeación

CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL GUADIANA

M.C. Andrés Quiñones Chávez

Director de Coordinación y Vinculación en Durango

PRODUCCIÓN DE PLANTA DEL GÉNERO *Pinus* EN VIVERO EN CLIMA TEMPLADO FRÍO

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Progreso 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
C. P. 04010, México, D. F.
Tel. (55) 54 84 19 00

ISBN: 978-607-425-133-3

Primera edición 2009
Tiraje 500 ejemplares
Impreso en México

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.



PRODUCCIÓN DE PLANTA DEL GÉNERO *Pinus* EN VIVERO EN CLIMA TEMPLADO FRÍO

Dr. José Ángel Prieto Ruíz

Investigador de la Red de Plantaciones Forestales del
Campo Experimental Valle del Guadiana
prieto.jose@inifap.gob.mx

M.C. José Leonardo García Rodríguez

Investigador de la Red de Plantaciones Forestales del
Campo Experimental Valle del Guadiana
garcia.leonardo@inifap.gob.mx

Ing. Jorge Manuel Mejía Bojórquez

Investigador de la Red de Plantaciones Forestales del
Campo Experimental Valle del Guadiana
mejia.jorge@inifap.gob.mx

Ing. Saúl Huchín Alarcón

Investigador del Programa de Frutales Caducifolio.
Campo Experimental Valle del Guadiana
huchin.saul@inifap.gob.mx

Ing. José Luis Aguilar Vitela

Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente.
Gobierno del Estado de Durango.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Valle del Guadiana
Durango, Dgo. México
Junio de 2009

PRODUCCIÓN DE PLANTA DEL GÉNERO *Pinus* EN VIVERO EN CLIMA TEMPLADO FRÍO

Miembros del Comité Editorial del CEVAG:

Presidente: M. C. Andrés Quiñones Chávez

Secretario: M. C. Arnulfo Pajarito Ravelero

Vocales: Dr. José Ángel Prieto Ruíz

M. C. Carmen Leticia Mar Tovar

Primera Edición 2009
ISBN: 978-607-425-133-3

Impreso y hecho en México
Campo Experimental "Valle del Guadiana"
km 4.5 Carretera Durango-El Mezquital
Durango, Dgo. México
Tels. (618) 8260 426 y 8260 435
Fax: (618) 8260 433
Email: direccion.dgo@inifap.gob.mx

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	6
2. CALIDAD DE PLANTA	6
2.1. Generalidades	6
2.2. Criterios a considerar en la calidad de las plantas	7
3. ENVASES	9
4. SUSTRATOS	12
4.1. Características	12
4.2. Porosidad de los sustratos	13
4.3. Tipos de sustratos	13
4.4. Mezclas de sustratos	16
5. SIEMBRA	18
5.1. Llenado de envase	18
5.2. Tratamientos a la semilla	19
5.3. Siembra	19
6. FACTORES AMBIENTALES	19
6.1. Humedad relativa	19
6.2. Temperatura	20
6.3. Luminosidad	20
6.4. Ambiente de producción	20
6.4.1. Invernaderos	20
6.4.2. Estructuras con malla sombra	21
6.5. Monitoreo de la humedad y la temperatura	21
7. RIEGOS	21
7.1. Importancia y características del agua	21
7.2. pH del agua y calibración	22
7.3. Aplicación de riegos	23
7.4. Protección ante heladas con riegos	23
7.5. Determinación de las necesidades de riego	24
7.5.1. Revisión visual y táctil	24
7.5.2. Peso del contenedor	24
7.5.3. Estrés hídrico	24
8. FERTILIZACIÓN	25
8.1. Importancia de la fertilización	25
8.2. Etapas de crecimiento de las plantas	25

ÍNDICE

	Página
8.2.1. Fase de establecimiento	26
8.2.2. Fase de crecimiento rápido	26
8.2.3. Fase de preacondicionamiento	27
8.3. Métodos de fertilización	27
8.4. Micorrizas	27
8.4.1. Fuentes de inóculo	28
8.4.2. Selección de especies de hongos micorrícicos	30
9. FITOSANIDAD	30
9.1. Diagnóstico de plagas y enfermedades	30
9.2. Principales plagas en viveros forestales	32
9.3. Principales enfermedades en vivero	34
10. PRINCIPALES LABORES DE MANTENIMIENTO	39
11. LITERATURA CITADA	40
12. ANEXOS	45

PRODUCCIÓN DE PLANTA DEL GÉNERO *Pinus* EN VIVERO EN CLIMA TEMPLADO FRÍO

1. INTRODUCCIÓN

Los viveros forestales son importantes en los programas de reforestación, al ser sitios donde las plantas reciben los cuidados necesarios durante su germinación y crecimiento, lo que les permite a estas asegurar su sobrevivencia y desarrollo en campo. Para garantizar lo anterior, las plantas deben poseer características morfológicas y fisiológicas apropiadas al finalizar su ciclo de producción en vivero, mediante la utilización adecuada de insumos y aplicación de prácticas culturales, relacionadas con medios de crecimiento, nutrición, micorrizas, riego, manejo de plagas y enfermedades, y el control de las condiciones ambientales, principalmente.

En México, la producción de planta en vivero cada vez adquiere más relevancia, debido a la demanda creciente de planta de calidad destinada a los programas de forestación y reforestación, enfocados a restaurar áreas degradadas por causas diversas; por ello, es necesario mejorar los procesos de producción de planta, de manera que se satisfagan las necesidades en cantidad y calidad.

Este documento aborda los elementos técnicos más importantes, a fin de que los viveristas cuenten con herramientas técnicas que les sirvan de base, para apoyar la toma de decisiones durante la producción de planta. Los aportes propuestos son principios que aplican en forma genérica en cualquier vivero; sin embargo, considerar las particularidades de cada caso.

2. CALIDAD DE PLANTA

2.1. Generalidades

La calidad de planta se define como la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción.

La calidad de planta considera la morfología (forma y estructura) y la fisiología (funciones y procesos vitales) de la planta (Johnson y Cline, 1991), características que influyen en la sobrevivencia y crecimiento inicial en el sitio. Los viveristas y silvicultores deben controlar la calidad de la planta a utilizar en reforestaciones (Prieto *et al.*, 1999). Estándares de calidad inferiores a los requeridos, aumenta el riesgo de fracaso, se

incrementan los costos y se alarga el tiempo de establecimiento de la plantación (Duryea, 1985).

Las características morfológicas y fisiológicas relacionadas con la calidad de planta son, entre otras: altura de la planta, diámetro del cuello, presencia de yema terminal, grado de lignificación, longitud de la raíz, cantidad de raíces secundarias, relación parte aérea/parte radical, nivel de micorrización, producción de biomasa y contenido de nutrimentos. Entre las características cualitativas se consideran: vigor, color, densidad del follaje y sanidad. Las características mencionadas, con excepción del contenido de nutrimentos, pueden medirse en forma simple, por lo que no se requiere de equipo y/o procedimientos sofisticados. La planta de mala calidad debe desecharse, pues tendrá pocas posibilidades de sobrevivir en campo, y si lo logra, su desarrollo será incipiente.

2.2. Criterios a considerar en la calidad de las plantas

Las características morfológicas y fisiológicas de las plantas al salir del vivero, definen su calidad e influyen en su establecimiento en campo. A continuación se describen algunas características a considerar para favorecer su crecimiento y desarrollo, según Cuevas (1995); Mexal y Landis (1990) y Prieto *et al.*, (1999).

Diámetro del cuello. Esta variable define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y sobrevivencia de las plantas. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor daños por plagas y fauna nociva; aunque esto varía con la especie.

Altura de la planta. Influye en la competencia de la planta con la vegetación herbácea y arbustiva que la rodea. Se recomienda una altura entre 15 y 20 cm. Sin embargo, especies con crecimiento cespitoso en sus etapas iniciales de vida, como *Pinus engelmannii*, *Pinus devoniana* y *Pinus montezumae*, tienen menor crecimiento en altura, ya que las plantas tienden a crecer en diámetro más que en altura; por ello, es común que al salir del vivero alcancen menos de 15 cm.

Relación altura/diámetro. Se conoce como índice de robustez, su valor debe ser menor a seis, y es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por viento, de su sobrevivencia y crecimiento en sitios secos. Valores más altos indican que la planta es delgada del tallo en relación a la altura que tiene.

Sistema radical. La raíz principal debe ser recta, con raíces secundarias fibrosas y abundantes puntos de crecimiento, las cuales son de color blanco lechoso. La raíz es el medio a través del cual la planta absorbe la humedad y nutrimentos.

Producción de biomasa. Refleja el desarrollo que logró la planta en vivero. La biomasa tiene correlación con la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas en campo. Al

igual que el diámetro del tallo, la biomasa de la parte aérea es un indicador de la superficie fotosintética y del área de transpiración, además representa su capacidad para almacenar carbohidratos.

Relación biomasa parte aérea/sistema radical. Una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5. Relaciones mayores a 2.5 indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta.

Presencia de yema apical. La formación de la yema apical ocurre cuando la planta disminuye su metabolismo, debido a reducción del agua suministrada, incremento de la dosis de potasio y exposición de la planta a condiciones ambientales naturales. Si la planta continua en un ambiente favorable de humedad y condiciones de invernadero, su crecimiento no disminuirá, lo que afectará su establecimiento en campo.

Presencia de acículas secundarias. La aparición y desarrollo de acículas secundarias es la manifestación de una etapa fenológica progresiva de las plantas, esto favorece la interceptación de luz y propicia mayor fotosíntesis.

Índice de Calidad de Dickson. Este índice agrupa variables relacionadas con la calidad de planta. A mayor valor del índice, mejor calidad de planta. El índice de calidad de Dickson (ICD) se calcula con la fórmula siguiente:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

Desafortunadamente para las especies de género *Pinus* de México, aún no se han definido los índices de calidad por especie.

Estado sanitario. Las plantas deben estar libres de heridas, plagas, enfermedades, follaje seco, daños físicos por viento, pisoteo, etc. Una planta sana puede desarrollarse en campo sin alteraciones morfo-fisiológicas.

Vigor y apariencia física. Las plantas deben tener follaje uniforme, con tonalidades intensas de preferencia verde-oscuro, aunque existen especies con otras tonalidades, como *Pinus cembroides* y *P. maximartinezii* que tienen un tono azulado. Su vigor se manifiesta en plantas robustas y sanas con yema terminal formada. Se debe evitar que las plantas estén parcial o totalmente secas del follaje, o que sea escaso, desuniforme, con tallos múltiples o con falta de dominancia apical.

Edad. Plantas jóvenes tienen más posibilidades de establecerse por tener un sistema radical con puntos de crecimiento abundantes, de color blanco lechoso y sin deformaciones causadas por limitación de espacio. Plantas envejecidas tienen problemas

de arraigo en campo por tener pocos puntos de crecimiento radical y tener muy lignificado el tejido radical. La edad de la planta está asociada a su crecimiento morfológico, el cual depende del espacio de crecimiento del contenedor.

Homogeneidad. La uniformidad es el reflejo de un manejo adecuado, por lo que el lote de plantas debe ser similar en sus características morfológicas, de sanidad, de vigor y de preacondicionamiento.

Rentabilidad de la producción. Este aspecto es importante, ya que el punto de equilibrio entre la calidad de planta obtenida y los costos de producción debe ser rentable; es decir, la relación beneficio-costo debe ser mayor a uno.

3. ENVASES

En México, desde finales de la década de los noventa del siglo pasado, el proceso de producción de planta cambió gradualmente del sistema tradicional al tecnificado. El primero consistía en utilizar bolsas de polietileno de 230 a 800 cm³, utilizándose como sustrato básico tierra de monte. En el sistema tecnificado se emplean envases de polietileno rígido, generalmente de color negro o de poliestireno de color blanco, con volúmenes de 65 a 260 cm³. Como medio de crecimiento se utiliza una combinación de turba o musgo esfangoso (50-60%), vermiculita (20-30%) y agrolita (15-25%); o bien, corteza compostada sola o combinada con la mezcla base mencionada. En algunos casos se utiliza fibra de coco o algunos otros materiales propios de la región donde se produce la planta.

Un envase apropiado permite que la planta forme un sistema radical abundante y lo sostenga en el sustrato hasta que es plantado. Las características de altura, diámetro y forma, influyen en el volumen de la raíz y en el tamaño final de la planta (González, 1995). En México, en especies forestales de clima templado frío se utilizan envases de 12 a 20 cm de longitud, con capacidad de 80 a 260 cm³ (Figuras 1 y 2); aunque la mayoría utiliza envases de 150 a 200 cm³, sin que pueda darse una recomendación definitiva del volumen adecuado, ya que esto depende del hábito de crecimiento de las especies y de la calidad del sitio de plantación; generalmente a menor calidad de sitio, mayor volumen del envase.

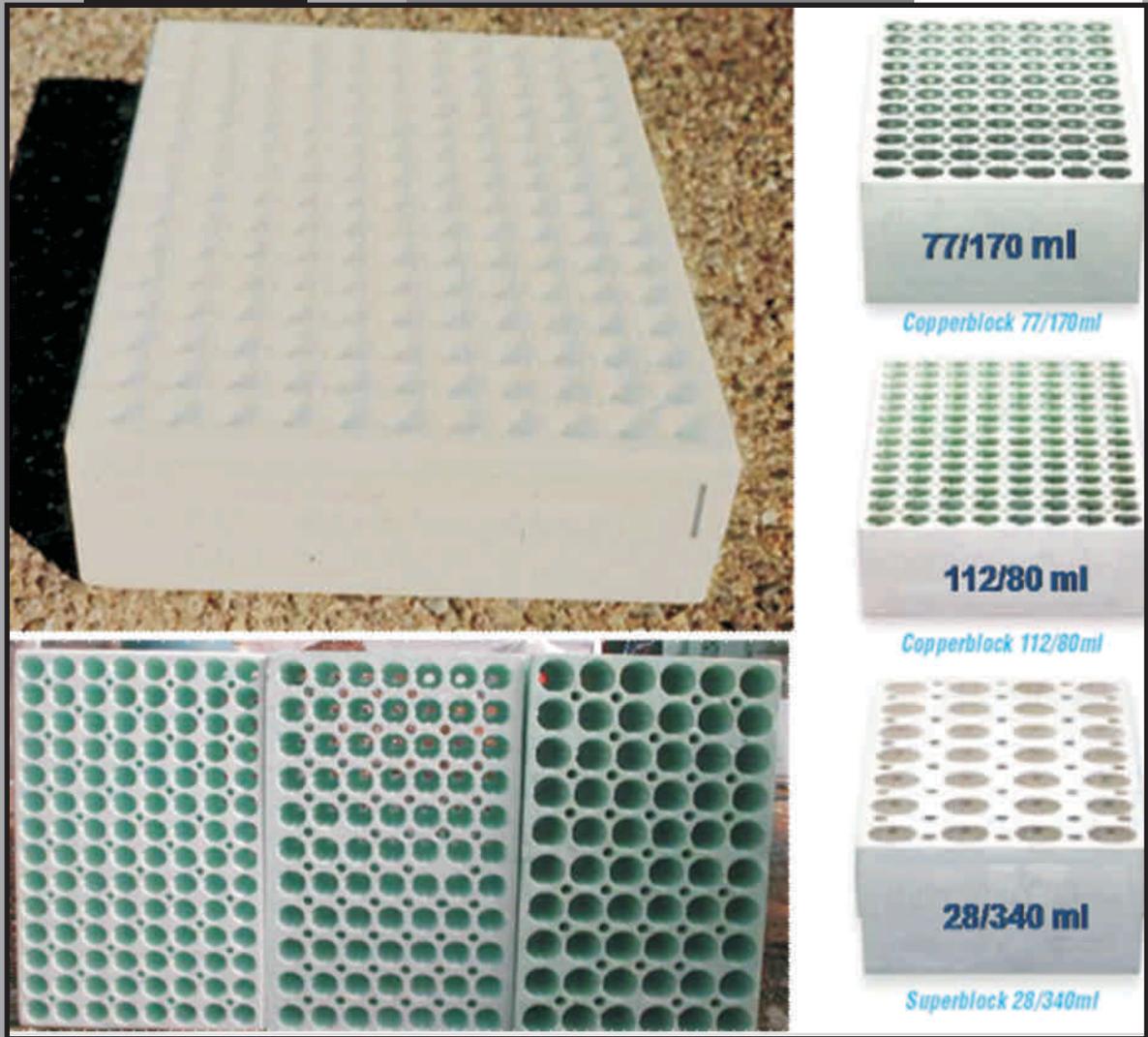


Figura 1. Charolas de poliestireno utilizados en la producción de planta.

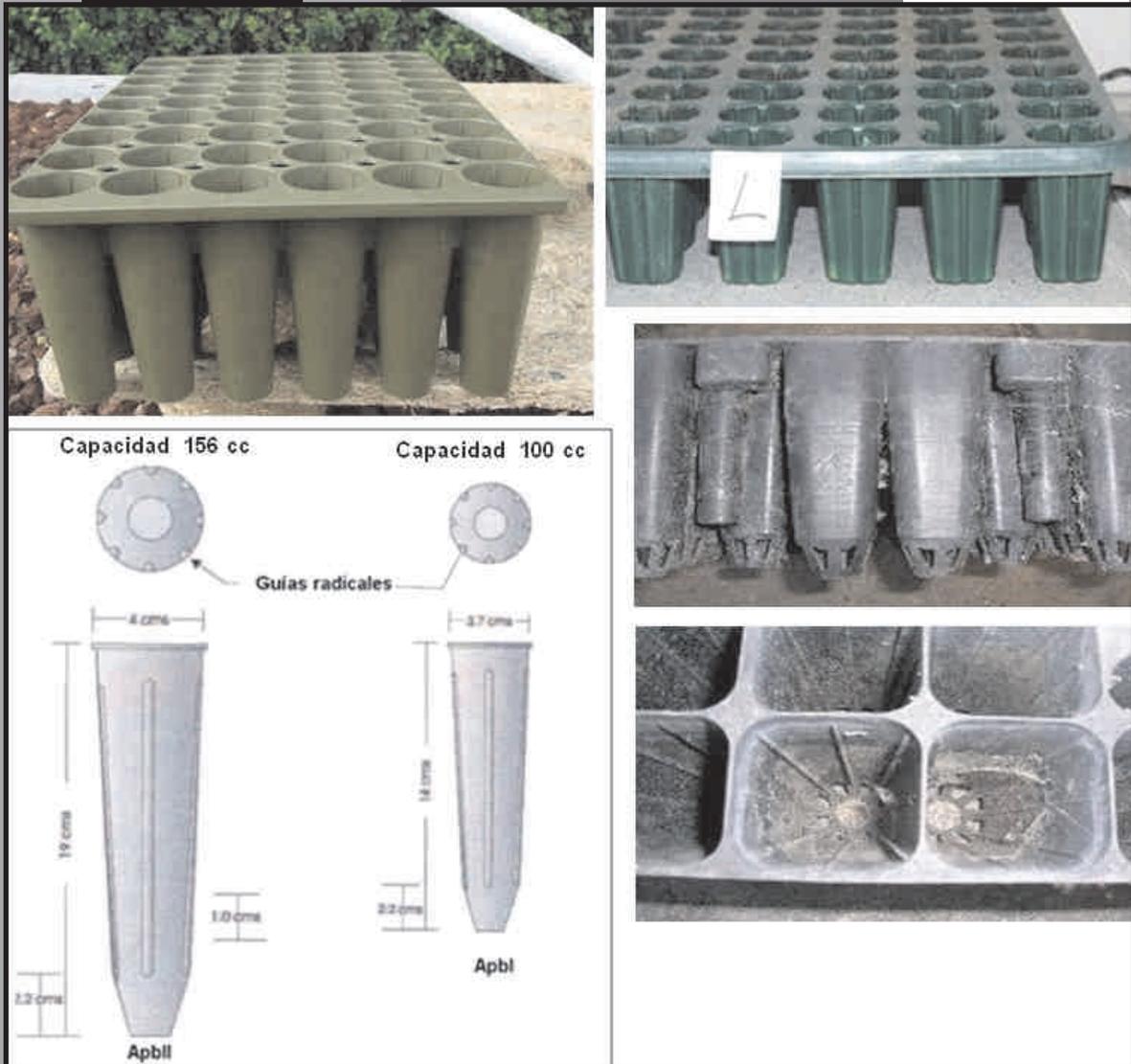


Figura 2. Aspecto visual de algunos envases de plástico rígido utilizados en la producción de planta.

En el mercado existen envases que por su diseño, material de fabricación, disponibilidad, costo y tamaño, presentan ventajas y desventajas. La selección del tipo y tamaño de envase depende de las condiciones de producción de cada vivero y de los requerimientos del programa de plantación. Otros factores a considerar al seleccionar un envase son el costo inicial, vida útil, disponibilidad en el mercado, densidad de plantas por unidad de superficie, volumen del sustrato a contener, facilidad de llenado, manejo en vivero y transporte al sitio de plantación (Peñuelas y Ocaña, 1996).

Las características a considerar para la correcta selección del envase, son:

- ⊙ Que propicie un desarrollo adecuado de la planta durante su crecimiento en vivero.
- ⊙ Que facilite al máximo las funciones operativas en el vivero y su vida útil sea mayor a dos años.
- ⊙ Que se evite al máximo el desperdicio de agua y sustrato, y facilite el llenado y la siembra.
- ⊙ Que proporcione protección al sistema radical y se eviten daños durante su manejo y traslado.
- ⊙ Que el interior del envase tenga estrias o acanaladuras para evitar enrollamiento de raíces.
- ⊙ Que el fondo del envase tenga una abertura que permita la salida de la raíz, que provoque su poda natural al entrar en contacto con el aire.
- ⊙ Que sea durable, resistente al manejo y que el costo sea accesible.
- ⊙ Que el tamaño del cepellón sea acorde a la calidad del sitio de plantación.

4. SUSTRATOS

4.1. Características

El término “*sustrato*” se refiere a todo material sólido diferente del suelo, de origen natural o sintético, mineral u orgánico, que colocado en contenedor o envase, de forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical de las plantas. El sustrato puede contener nutrimentos y/o se pueden adicionar en el agua de riego.

Los sustratos se clasifican en inertes o inorgánicos (perlita, agrolita, vermiculita, roca volcánica, etc.) y en activos u orgánicos (turba o peat-moss, composta de corteza de pino, aserrín, fibra de coco, bagazo de café o cebada, cascarilla de arroz, etc.). Los materiales inorgánicos actúan como soporte de la planta y generan macroporos en el medio de crecimiento. Los sustratos orgánicos intervienen en la absorción y fijación de nutrimentos; en el caso de la turba, ésta contribuye a la formación de microporos en el medio de crecimiento (Abad y Noguera, 1997; Pastor-Sáez, 1999).

El sustrato protege a las raíces de las plantas durante su cultivo, transporte y plantación; por ello, el sustrato a utilizar debe asegurar el desarrollo óptimo de las plantas proporcionándoles buena aireación, drenaje, nutrición y conformación del sistema radical (Montoya y Cámara, 1996; Foucard, 1997); además el pH de los sustratos debe fluctuar entre 5.0 y 6.0, mientras que el contenido de materia orgánica debe ser menor a 2% y tener conductividad eléctrica media.

4.2. Porosidad de los sustratos

La porosidad de los sustratos es importante debido a que permite la asimilación del agua y la respiración de la planta. La porosidad de los sustratos se clasifica en: a) porosidad total, b) porosidad de aireación y c) capacidad de retención de agua. Un sustrato apropiado debe tener entre 60 y 80% de porosidad total, de 25 a 35% de porosidad de aireación, y de 25 a 55% de capacidad de retención de agua (Landis, 1990). Las fórmulas para estimar cada tipo de porosidad de un sustrato, según Landis (1990) y el Centro de Forestación de las Américas (1994), son:

$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{\text{Volumen poroso del sustrato}}{\text{Volumen del envase}}$$

$$\text{Porosidad de aireación} = \frac{\text{Volumen de poros de aire}}{\text{Volumen del envase}}$$

$$\text{Capacidad de retención de agua (\%)} = \text{Porosidad total} - \text{Porosidad aireación}$$

El procedimiento para calcular los valores de las fórmulas anteriores es el siguiente:

- 1). Se llena el envase (sin orificios) con agua y se mide el volumen del envase; o bien, se calcula el volumen en función de sus dimensiones (diámetro y largo).
- 2). Se vacía el agua y se llena el envase con el sustrato; después, se satura el sustrato lentamente con agua hasta que llegue a su capacidad de campo, anotar el volumen de agua agregada, lo cual corresponde al volumen poroso del sustrato.
- 3). Se hacen orificios al envase, se colecta y cuantifica el agua que drene, lo que equivale al volumen de los poros de aire.

4.3. Tipos de sustratos

Los tipos y características de sustratos utilizados en la producción de planta, según Tinus y McDonald (1979), Hartmann y Kester (1992) y Foucard (1997), son:

Turba. La turba o musgo esfangoso (peat moss) proviene de plantas de pantano del género *Sphagnum*. Se considera estéril por su proceso de obtención a altas temperaturas, no obstante, en la práctica presenta problemas fitosanitarios, principalmente con mosca fungosa. Es ligera y retiene agua de 10 a 20 veces su peso. Contiene cantidades mínimas de minerales, por lo que es necesario fertilizar. Su pH varía de 3.5 a 6.0 y se comercializa en diferentes tamaños (Figura 3).



Figura 3. Turba o musgo en diferentes presentaciones y capacidades.

Corteza de pino compostada. Es un material que cada vez tiene mayor uso como sustrato; su densidad aparente es de 0.25 g/cm^3 , con una porosidad media de 87%, el agua fácilmente utilizable es de 13.5%, su capacidad de aireación media es de 11.8% (García *et al.*, 2001; Zapata *et al.*, 2005). Su capacidad para retener humedad es relativamente baja, situación que se corrige al seleccionar material con granulometría (tamaño de las partículas) pequeña o mezclándola con otros materiales como la turba. El pH de la corteza de pino compostada es ligeramente ácido, lo que evita la aparición y ataque de hongos (Figura 4).



Figura 4. Diferentes granulometrías de corteza de pino y proceso de compostado de la misma.

Fibra o polvo de coco. Tiene características físicas y químicas adecuadas para utilizarse como medio de cultivo. Su granulometría (tamaño de las partículas) oscila entre 0.5 y 1.0 mm. Su capacidad de aireación es de 10 a 32% y su capacidad promedio de retención total de agua es de 60%, su pH varía entre 4.7 y 6.6 (García *et al.*, 2001).

Vermiculita. Es un silicato hidratado de magnesio, hierro-aluminio, es liviana, pesa de 90 a 150 kg/m³, tiene buenas propiedades de amortiguamiento químico y es insoluble en agua. Absorbe de 0.4 a 0.5 m³ de agua por metro cúbico. Su capacidad de intercambio catiónico (CIC) es relativamente elevada, por lo que mantiene nutrientes en reserva para liberarlos después. Contiene suficiente magnesio (Mg) y potasio (K) que las plantas pueden utilizar durante su metabolismo.

Agrolita. Es un mineral de origen volcánico, se extrae de escurrimientos de lava, pesa entre 80 y 130 kg/m³ y es un producto estéril. Absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua, su pH es de 6 a 8 y carece de capacidad de amortiguamiento químico, de CIC y de nutrientes minerales. Es útil para aumentar la aireación de las mezclas. Es ampliamente usada en combinación con turba (peat-moss) y vermiculita.

4.4. Mezclas de sustratos

Un medio de crecimiento adecuado debe tener las características de porosidad señaladas anteriormente, y para lograrlo, en muchos casos se requiere mezclar más de un sustrato. En los Cuadros 1 y 2 se ilustran dos ejemplos de mezclas comunes de sustratos utilizados en la mayoría de los viveros de México.

CUADRO 1. PREPARACIÓN DE UNA MEZCLA BASE CON BULTOS DE MUSGO DE 5.5 PIES CÚBICOS, AGROLITA Y VERMICULITA.

Insumos requeridos	Descripción	Cantidad (bultos)	Volumen (litros)	Proporción (%)
Musgo	Bultos de $5.5 \text{ ft}^3 = 28.31 \text{ litros} \times 5.5 = 155.7$ litros compactados $\times 1.67$ (factor de descompactación) = 260 litros por paca descompactada	3	780	55
Agrolita	Saco o bulto de 100 litros	3	300	21
Vermiculita	Saco o bulto de 114 litros	3	342	24
Total	Mezcla base	9	1,422	100.0

Modificado de Aldana y Aguilera (2003). Nota: Se utilizó un factor medio de descompactación de 1.67, ya que varía de 1.48 a 1.87 dependiendo de la marca del sustrato.

Volumen neto de una mezcla base. El volumen total (1,422 litros) se multiplica por el factor de 0.85, ya que se pierde en promedio un 15% del volumen de la mezcla debido a la compactación del sustrato durante el llenado de charola, esto hace que el volumen neto por mezcla sea de 1,209 litros.

Rendimiento en el llenado de charolas. El rendimiento en charolas de 77 cavidades es de 98 charolas y resulta de la siguiente operación: $1,209 \text{ litros} / 0.16 \text{ cm}^3$ volumen por cavidad = 7,556 cavidades / 77 cavidades por charola. Pese a que el volumen por cavidad es de 170 cm^3 , sólo se consideran 160 cm^3 debido a que ésta no se llena totalmente.

CUADRO 2. PREPARACIÓN DE UNA MEZCLA BASE CON BULTOS DE MUSGO DE 3.8 PIES CÚBICOS, AGROLITA Y VERMICULITA.

Insumos requeridos	Descripción	Cantidad (bultos)	Volumen (litros)	Proporción (%)
Musgo	Bultos de 3.8 ft ³ = 28.31 litros x 3.8 = 107.6 litros compactados x 1.67 (factor de descompactación) = 179.7 litros por paca sin compactar	5	898	58.3
Agrolita	Saco o bulto de 100 litros	3	300	19.5
Vermiculita	Saco o bulto de 114 litros	3	342	23.6
Total	Mezcla base	11	1,540	100.0

Modificado de Aldana y Aguilera (2003).

Volumen neto de una mezcla base. $1,540 \times 0.85 = 1,309$ litros (en promedio el volumen aparente de la mezcla pierde 15% al compactarse).

Rendimiento en el llenado de charolas. En charolas de poliestireno de 77 cavidades, pese a que su volumen es de 170 cm³ por cavidad, se consideran 160 cm³ debido a que no se llena totalmente; por lo tanto $1,309 / 0.160 = 8,181$ cavidades/77 cavidades por charola = 106 charolas por mezcla base. El rendimiento en el llenado de las charolas es aproximado, puesto que varía en función del grado de compactación que se da a la charola al llenarse.

Adición de fertilizante. Durante la preparación del sustrato se agregan de 5 a 7 kilogramos de fertilizante de liberación controlada por metro cúbico de sustrato, el cual tarda cerca de nueve meses en liberarse (Osmocote®, Multicote®, Basacote®, etc.), los cuales contienen aproximadamente 15-09-12 unidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N,P y K), más microelementos.

Humedecimiento del sustrato. Para humedecer el sustrato durante su mezclado, se adiciona agua en forma paulatina; se considera que el sustrato tiene humedad suficiente cuando al tomar una porción (un puño de sustrato) y apretarlo queda compactado, pero sin que escurra agua.

5. SIEMBRA

5.1. Llenado de envase

El llenado de los contenedores en charolas de poliestireno o tubetes de plástico rígido, se realiza en forma mecánica o manual. En el llenado manual, para que exista un llenado uniforme deben seguirse los pasos siguientes (Figura 5):

- ⊙ Llenar todas las cavidades con sustrato.
- ⊙ Dar dos golpes ligeros a la charola en una superficie uniforme y firme para compactar.
- ⊙ Llenar los espacios superiores que queden libres después del compactado.
- ⊙ Dar un golpe ligero a la charola y llenar nuevamente los espacios libres del contenedor, principalmente los de la periferia.
- ⊙ Eliminar el exceso de sustrato y dejar al ras del contenedor para facilitar la siembra y la penetración de humedad.



Figura 5. Proceso de siembra (llenado de charolas, apertura en cavidades y siembra).

5.2. Tratamientos a la semilla

La germinación de la semilla requiere condiciones adecuadas de humedad en el medio de crecimiento, temperatura apropiada (20 a 30 °C) y en algunos casos luz. Para acelerar la germinación se aplican diversos tratamientos pregerminativos, uno de los más utilizados, por su practicidad, es remojar la semilla en agua. El tiempo de remojo depende de la dureza de la testa; en *Pinus engelmannii*, *Pinus durangensis*, *Pinus cooperi* y *Pinus arizonica*, entre otras, remojar la semilla durante 20 a 24 horas; para favorecer la oxigenación cambiar el agua cada 6 a 8 horas. Otra ventaja de remojar la semilla en agua, es que se detecta y elimina semilla vana, la cual llega a tardar hasta tres horas en flotar después de estar inmersa en agua. En especies con semillas de mayor tamaño y testa más gruesa, como *Pinus cembroides* y *Pinus ayacahuite*, el tiempo de remojo puede ser hasta de 96 horas.

Una vez remojada la semilla, desinfectarla durante diez minutos en una solución al 10% de cloro comercial y 90% de agua; posteriormente enjuagarla de tres a cuatro veces en agua corriente, eliminar el exceso de agua colocando la semilla en papel secante e impregnar la testa con fungicida, ya sea Captán[®], Promyl[®] o Tecto[®].

5.3. Siembra

La profundidad de siembra debe ser dos veces el grosor de la semilla. En general, semillas del género *Pinus* deben enterrarse entre 0.5 y 1.0 cm. La cantidad de semilla a sembrar por cavidad depende de su viabilidad; aunque comúnmente se siembran dos semillas para asegurar la germinación de al menos una de ellas (Figura 5). Una vez colocada la semilla en el sustrato, se cubre con vermiculita o arena de río lavada con agua y desinfectada.

6. FACTORES AMBIENTALES

Los factores ambientales de mayor influencia en la germinación y crecimiento de la planta, son: temperatura, humedad y radiación solar; sin embargo, para favorecer las condiciones ambientales, éstas pueden ser modificadas o controladas con estructuras cubiertas con malla sombra o incluso invernaderos.

6.1. Humedad relativa

La humedad relativa en exceso provoca crecimiento deficiente del sistema radical y no permite que la planta se lignifique o complete su ciclo de latencia; en tanto que la escasez de humedad limita a las plantas para que realicen adecuadamente sus procesos metabólicos y alcancen el tamaño apropiado para ser plantadas (Cuevas, 1995). La humedad relativa recomendada en el área de producción es de 50 a 70%.

6.2. Temperatura

Para que las plantas realicen eficientemente sus procesos metabólicos, el rango apropiado de temperatura es de 20 a 30 °C. Cuando la temperatura es inferior a la indicada, las plantas disminuyen su metabolismo; en cambio, cuando es excesiva se provoca estrés a las plantas, lo que ocasiona que se descompensen en su metabolismo y no se realice adecuadamente la fotosíntesis.

6.3. Luminosidad

En las etapas iniciales de crecimiento de las plantas se utiliza malla sombra con capacidad de filtración de luz entre 35 y 50%, lo cual ayuda a reducir la incidencia directa de los rayos solares en las plantas, lo que permite que las condiciones de temperatura y humedad sean favorables, principalmente en primavera y verano, donde se busca reducir la temperatura. La malla sombra sólo debe utilizarse hasta la etapa de crecimiento rápido de las plantas, si se retira hasta el final del ciclo de producción, la planta crece más de lo debido y se reduce su lignificación (planta suculenta), lo que limitará su adaptación en campo.

6.4. Ambiente de producción

Para favorecer la germinación y crecimiento de las plantas, deben tenerse condiciones apropiadas de temperatura (20 a 30 °C) y humedad relativa (50 a 70%), esto puede lograrse con el uso de invernaderos o estructuras de sombreo.

6.4.1. Invernaderos

Los invernaderos favorecen la precocidad, aumentan el rendimiento, mejoran la calidad y acortan el ciclo vegetativo de las plantas. Su construcción está basada en estructuras metálicas que permiten controlar la temperatura y humedad; la cubierta de los invernaderos puede ser: vidrio, placas de policarbonato, acrílico o plástico tratado con rayos ultravioleta, con grosor de 720 micras. En viveros forestales la cubierta de plástico es la más utilizada.

Los invernaderos generan diversos beneficios, esto ha contribuido a generalizar su uso en la producción de planta. Entre sus principales ventajas se tienen las siguientes: la obtención de producciones limpias, no se depende del estado del tiempo y se tiene mayor control de plagas y enfermedades. Así mismo, evitan evapotranspiración excesiva por viento, lo que permite economizar agua (Sánchez y Favela, 2000). Sus desventajas son: inversión inicial elevada en instalaciones y estructura, alto costo de insumos, aplicación frecuente de productos químicos, se requiere alta especialización empresarial y técnica del personal; además, si el manejo del invernadero o del cultivo son inadecuados, pueden existir pérdidas económicas.

6.4.2. Estructuras con malla sombra

Las estructuras con malla sombra permiten crear un ambiente favorable, al evitar evapotranspiración excesiva y reducir la incidencia de rayos solares, principalmente cuando existen temperaturas altas; además, se reducen las necesidades de riego. Esta alternativa es posible en sitios con temperaturas medias superiores a 20°C. Se recomienda que la malla sombra utilizada sea de 35 a 50% de capacidad de filtración de luz.

6.5. Monitoreo de la humedad y la temperatura

La temperatura en invernaderos debe fluctuar entre 20 y 30 °C, mientras que la humedad relativa debe mantenerse entre 50 y 70%. Algunas consideraciones en el manejo de la temperatura y la humedad relativa, son:

- ⊙ Si la temperatura es mayor a 35 °C, regar con microaspersores en forma ligera, encender ventiladores, humedecer el piso o levantar cortinas enrollables y ventanas cenitales.
- ⊙ Cuando la humedad relativa disminuye a menos de 50 %, humedecer el piso, pulverizar agua en el ambiente, ventilar y/o sombrear con malla.
- ⊙ Cuando la humedad relativa es superior al 70 %, encender ventiladores, aumentar la temperatura y evitar exceso de humedad en el suelo.

7. RIEGOS

7.1. Importancia y características del agua

El agua es el factor que más relación tiene con el crecimiento de las plantas. Todos los procesos vegetales están directa o indirectamente relacionados con ella.

El agua influye en el cultivo de las plantas en cuatro formas principales:

- ⊙ Es el mayor constituyente de una planta, comprende del 80 al 90% del peso fresco.
- ⊙ Es el "solvente universal", sirve para transportar nutrientes en las plantas.
- ⊙ Es un reactivo bioquímico en muchos procesos vegetales, incluyendo la fotosíntesis.
- ⊙ Es esencial para mantener la turgencia en las células vegetales, promueve la expansión celular y el crecimiento vegetal.

La cantidad y la calidad de agua aplicada a las plantas es determinante para su producción. Un vivero exitoso debe contar con agua de buena calidad durante el ciclo de cultivo. La calidad está determinada por dos factores: a) la concentración y composición de

sales disueltas (salinidad total e iones tóxicos individuales) y, b) la presencia de hongos fitopatógenos, semillas de malezas, algas, y posible contaminación con plaguicidas (Landis, 1990).

A su vez, la cantidad de agua utilizada para producir planta forestal depende de: el clima (temperatura, humedad relativa, radiación solar, evapotranspiración, etc.), el tipo de sistema de riego, el sustrato utilizado y las características de la planta.

7.2. pH del agua y calibración

El pH del agua y del medio de crecimiento debe estar entre 5 y 6 cuando se cultivan especies de coníferas y de 6 a 7 en latifoliadas. La absorción de nutrimentos por las plantas depende en gran medida del pH del agua de riego; bajos niveles favorecen alta disponibilidad de Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Aluminio (Al), los cuales reaccionan con el Fósforo (P) haciéndolo no disponible. También, afecta la disponibilidad de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) y Molibdeno (Mo). Por otro lado, un pH alto provoca que el P, Fe, Mn, Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Boro (B), no sean asimilables por las plantas.

Para incrementar el pH, agregar bicarbonato de potasio o bicarbonato de calcio; para bajarlo añadir ácido nítrico, ácido fosfórico o ácido sulfúrico. La cantidad de componente que debe adicionarse depende del pH que tenga el agua a tratar. Cuando el pH es alcalino (mayor de 7), un procedimiento para disminuirlo es el siguiente:

- ⊙ Poner en un recipiente un litro de agua.
- ⊙ Llenar una jeringa con el ácido a utilizar.
- ⊙ Agregar al agua gotas del ácido seleccionado en forma paulatina y mezclar adecuadamente (40 gotas equivalen a un mililitro).
- ⊙ Medir el pH del agua hasta que alcance el nivel deseado.
- ⊙ La cantidad de ácido, en mililitros, utilizada en un litro de agua, se multiplica por la cantidad de litros de agua necesaria para el riego o almacenada en algún depósito.

Precaución:

Siempre agregar ácido al agua ¡Nunca agua al ácido!

La mezcla de agua con ácido puede generar calor de gran intensidad, dañino a la salud humana. Utilizar equipo de protección (guantes, lentes de protección, mascarilla, etc.)

7.3. Aplicación de riegos

Los riegos deben aplicarse en forma oportuna con la calidad y la cantidad requerida. Para lograr lo anterior, tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ⊙ La cantidad de agua por aplicar y la periodicidad de los riegos depende de las condiciones de humedad relativa y temperatura prevaleciente en el sitio de producción y de la fase de crecimiento de las plantas.
- ⊙ En la etapa de establecimiento regar en forma ligera, exceso de humedad propicia que el sistema radical tenga un desarrollo limitado y aumenta la probabilidad de aparición de enfermedades y/o plagas, como Damping-off o mosquita fungosa.
- ⊙ En la etapa de crecimiento rápido aplicar riegos fuertes para que el sustrato se mantenga con humedad suficiente en todo el cepellón. Cada tres a cuatro semanas saturar el medio de crecimiento con agua, para que escurran las sales acumuladas por la aplicación de fertilizantes y se uniformice la humedad en todos los envases.
- ⊙ En la etapa de preacondicionamiento o endurecimiento aplicar riegos fuertes y más espaciados para provocar tensión hídrica en las plantas, lo que reduce el crecimiento, contribuye la formación de yemas, promueve la producción de lignina y celulosa en las plantas.
- ⊙ Nunca dejar que la planta alcance el punto de marchitamiento permanente. Previo al inicio de un período de estrés, humedecer el cepellón completamente. El doblamiento de la yema principal es un indicador físico de estrés en las plantas.
- ⊙ Los riegos alternados con períodos secos minimizan la proliferación de musgo y algas.
- ⊙ El sustrato debe tener humedad uniforme en todo el contenedor.
- ⊙ La aplicación de riegos depende del contenido de humedad en el sustrato y de las condiciones ambientales existentes (humedad relativa y temperatura).
- ⊙ Si va a fertilizar y el sustrato tiene poca humedad, previamente humedezca ligeramente el sustrato.
- ⊙ Después de fertilizar, para evitar quemaduras por concentración de sales lavar el follaje con agua mediante un riego ligero.
- ⊙ Los sistemas de riego por microaspersión expanden el agua en forma circular; el riego es desuniforme y la intensidad es menor en las orillas; por ello, monitorear la distribución del riego y complementarlo en las áreas donde sea menor.

7.4. Protección ante heladas con riegos

En la estación de invierno las plantas requieren protegerse de temperaturas extremas, menores a 0 °C; en estos casos, realizar las siguientes acciones:

- ⊙ Para proteger a la planta contra daño por frío, regar con aspersores, el contacto del agua con el follaje de la planta genera calor y la capa de hielo actúa como aislante de las bajas temperaturas.
- ⊙ Cuando la temperatura descienda al punto de congelación (0 °C), iniciar el riego y prolongarlo hasta que el hielo se derrita.
- ⊙ El riego por microaspersión protege poco contra heladas severas "duras" (-8 °C).
- ⊙ La cantidad de agua aplicada para proteger contra heladas, varía con la temperatura y con la velocidad del viento.
- ⊙ Un apropiado proceso de endurecimiento de las plantas, contribuye a proteger la parte aérea contra daños por helada.

7.5. Determinación de las necesidades de riego

Es importante determinar la humedad del sustrato en los envases, cuando el volumen es limitado, pueden desarrollarse tensiones hídricas críticas en poco tiempo. Cualquier método debe basarse en observaciones reales y en la experiencia de los viveristas. Algunas alternativas son:

7.5.1. Revisión visual y táctil

Consiste en observar la humedad disponible en la superficie del sustrato y/o extraer el cepellón de algunos envases tomados aleatoriamente y analizar el nivel de humedad visible en el cepellón, la humedad no debe ser menor a 1/3 de su longitud. Otra alternativa es observar la condición de la planta, cuando la yema apical tiende a doblarse, es señal de que existe estrés en las plantas. Pese a las obvias limitaciones, la técnica visual y táctil es ampliamente utilizada y resulta efectiva cuando el viverista tiene conocimientos y experiencia .

7.5.2. Peso del contenedor

El peso de la charola depende de varios factores: tipo y tamaño de contenedor, características del sustrato, grado de compactación del sustrato, especie cultivada y etapa de crecimiento de la planta. El viverista puede determinar cuando regar mediante el pesado de varios contenedores, con diferentes niveles de humedad, desde saturado hasta semiseco. Para determinar el peso de los contenedores se requiere una báscula de precisión; el procedimiento de pesado del contenedor debe ser ajustado en relación al peso de la planta.

7.5.3. Estrés hídrico

La medición del estado del agua en las plantas es el método más efectivo para conocer el contenido de agua y determinar la necesidad de humedad; sin embargo, para definir esa condición es necesario utilizar una bomba de presión, también conocida como cámara de Scholander, de la cual se requiere conocer su manejo y tiene el inconveniente de que su costo es alto. La cámara de presión es útil en trabajos donde se necesita determinar a detalle la variación del estrés hídrico en las plantas.

8. FERTILIZACIÓN

8.1. Importancia de la fertilización

Después del riego, la fertilización es la práctica más importante en el crecimiento de las plantas, ya que influye en la regulación del crecimiento, en el flujo de energía y en la síntesis de complejos orgánicos moleculares (Landis *et al.*, 1989). Los fertilizantes se clasifican en tres tipos: fertilizantes con macronutrientes, que proporcionan nitrógeno, fósforo y potasio (N, P y K); fertilizantes con nutrientes secundarios, compuestos por calcio, magnesio y azufre (Ca, Mg y S) y fertilizantes a base de micronutrientes, como: cobre, hierro, zinc, manganeso, boro y molibdeno (Cu, Fe, Zn, Mn, B y Mo).

El nitrógeno estimula el crecimiento del follaje y su deficiencia origina follaje amarillento e insuficiente, tallos delgados, raíces delgadas con poca ramificación y color blanco. Exceso de nitrógeno provoca menor floración y tejidos tiernos con paredes delgadas; en casos graves genera clorosis en el follaje, tendiendo a necrosis y desecación y crecimiento pobre (Foucard, 1997).

El fósforo contribuye al desarrollo del sistema radical, su deficiencia propicia enrojecimiento del tallo, acortamiento de entrenudos y enanismo general de la planta; mientras que el exceso se manifiesta en amarillamiento general, ennegrecimiento del borde de las hojas, seguido de necrosis (Foucard, 1997).

El potasio favorece la lignificación de las plantas y contribuye a mejorar la resistencia a enfermedades, su deficiencia provoca clorosis y ennegrecimiento de los bordes del limbo de las hojas, pudiendo extenderse entre las nervaduras hasta que se necrosa, las hojas jóvenes se enrollan, disminuye el crecimiento, las raíces se tornan amarillo pálido, con pocas ramificaciones. Tiene antagonismo con magnesio y calcio, provoca marchitez por exceso de presión osmótica, genera necrosis de la raíz y crecimiento deficiente (Foucard, 1997).

8.2. Etapas de crecimiento de las plantas

Debido a que la necesidad de nutrientes varía conforme las plantas crecen, el nivel de nutrientes, principalmente N, P y K, debe ajustarse a las diferentes fases de crecimiento (establecimiento, crecimiento rápido y endurecimiento o preacondicionamiento) (Landis, 1989) (Figura 6).

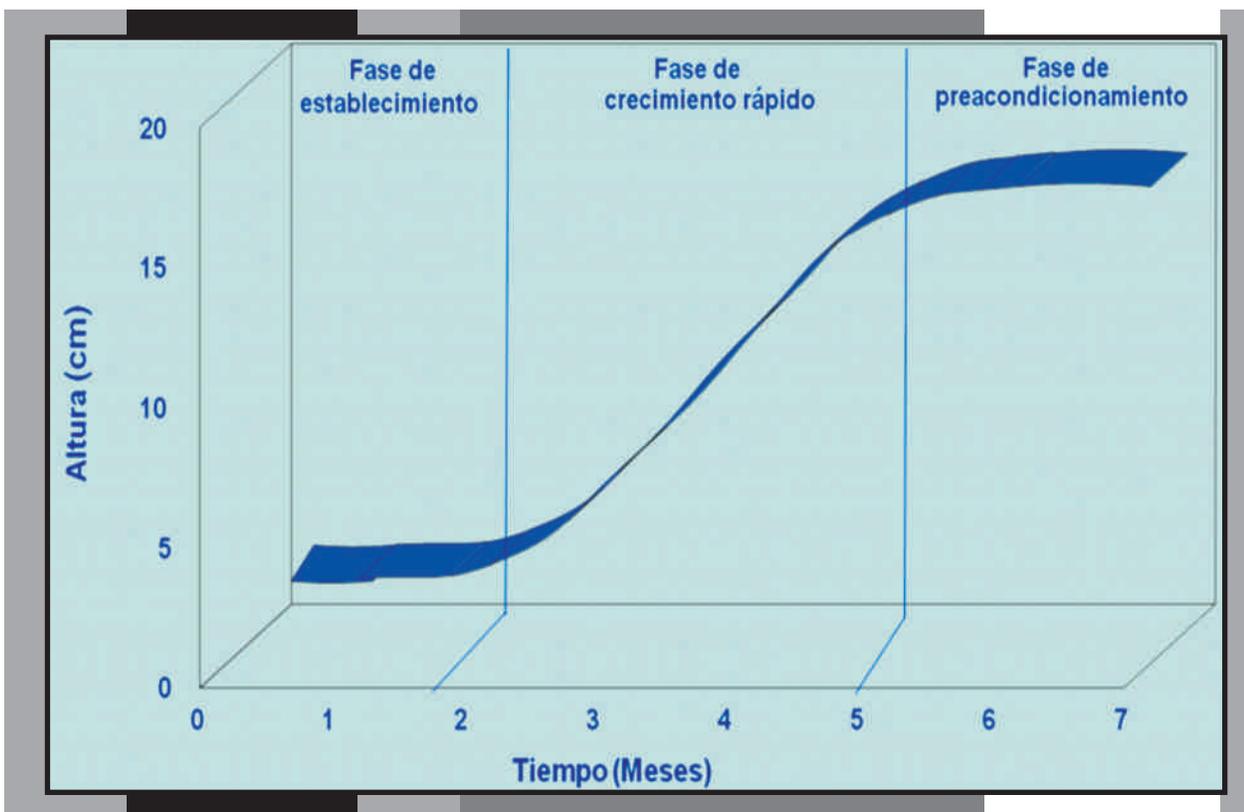


Figura 6. Fases de crecimiento de las plantas en vivero.

8.2.1. Fase de establecimiento

Inicia a partir de la germinación y abarca el estadio cotiledonar de las plantas. En esta fase se aplica nitrógeno en dosis bajas, potasio en nivel moderado y fósforo en dosis altas (Cuadro 3).

CUADRO 3. NIVELES DE APLICACIÓN DE NUTRIENTOS SEGÚN LA FASE DE CRECIMIENTO EN LAS PLANTAS.

Macronutrientes	Fase de Crecimiento		
	Establecimiento	Crecimiento rápido	Preacondicionamiento
Nitrógeno (N)	40 a 70	100 a 200	40 a 70
Fósforo (P)	109 a 190	15 a 30	109 a 190
Potasio (K)	290 a 508	79 a 158	290 a 508

8.2.2. Fase de crecimiento rápido

Inicia cuando las plantas terminan su estadio cotiledonar y finaliza cuando alcanzan aproximadamente 80% de la altura objetivo; en esta fase aplicar dosis elevadas de nitrógeno, bajas de fósforo y moderadas de potasio, las cuales se muestran en el Cuadro 3.

8.2.3. Fase de preacondicionamiento

Comprende la fase final de crecimiento de las plantas en vivero; tiene como objetivo favorecer la lignificación de la planta para que soporte su manejo hasta su establecimiento en campo, resista el estrés hídrico y los cambios ambientales existentes en el sitio de plantación. Los cambios físicos que pueden apreciarse son la formación de la yema terminal y reducción en la tasa de crecimiento apical; en cambio, el diámetro del cuello tiende a engrosar. En esta etapa se aplican niveles bajos de nitrógeno, moderados de fósforo y altos de potasio, como se observa en el Cuadro 3.

8.3. Métodos de fertilización

Al preparar el sustrato agregar un fertilizante de liberación controlada, en dosis de 5 a 7 kilogramos por metro cúbico de sustrato, el cual generalmente se libera en nueve meses; la formulación N-P-K varía, pero puede fluctuar entre 12 y 15 unidades de nitrógeno, 7 y 9 unidades de fósforo y 12 a 15 unidades de potasio.

Durante el crecimiento fertilizar al menos cada tercer día con fertilizante soluble en agua. En la formulación de los fertilizantes, generalmente sólo se hace referencia al nitrógeno, debido a que la cantidad a aplicar se basa en ese nutrimento; sin embargo, en cada formulación están incluidos el fósforo y el potasio, como se indica en el Cuadro 3, y su proporción depende de cada etapa de crecimiento de la planta, valores que aparecen registrados en la envoltura del producto.

Para calcular la dosis de fertilizante en cada fase de crecimiento de las plantas (gramos de fertilizante por litro de agua aplicado), utilizar la siguiente fórmula (Landis *et al.*, 1989):

$$\text{Cantidad de fertilizante} = \frac{\text{partes por millón deseadas}}{\text{contenido de nutrimentos* (\%)}} \times 0.1$$

*generalmente se calcula con base en el contenido de nitrógeno del fertilizante a utilizar.

8.4. Micorrizas

El término *micorriza* se refiere a la asociación simbiótica entre hongos del suelo y las raíces de las plantas, donde la planta recibe nutrimentos minerales y el hongo obtiene

compuestos fotosintéticamente derivados del carbono (azúcares) (Harley y Smith, 1983; Brundrett *et al.*, 1996). Los tipos de micorrizas más importantes en especies forestales son la ectomicorriza (ECM) y la micorriza arbuscular (MA), que pueden habitar de forma separada o en coexistencia en la raíz de una misma planta (Brundrett *et al.*, 1996; Adjoud *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 1998). La longitud promedio de las ectomicorrizas varía de 5 a 15 milímetros y pueden ser ramificadas o simples.

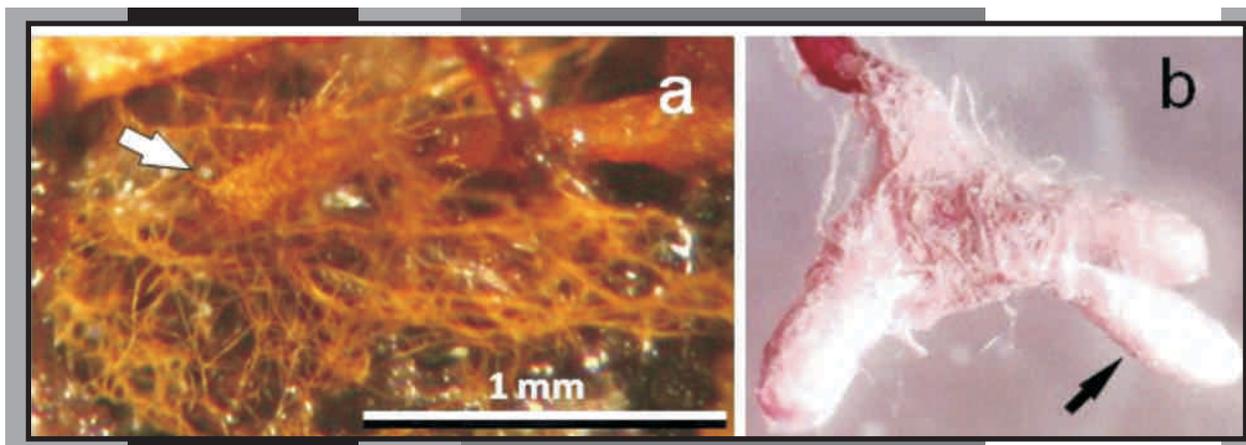


Figura 7. Ectomicorrizas de *Pisolithus tinctorius* en raíces de: a) Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), y b) Pino (*Pinus patula*).

La ectomicorriza es la asociación simbiótica más relevante en la producción de planta, y es ampliamente utilizada en el establecimiento de plantaciones forestales, porque aumenta la capacidad de las plantas para sobrevivir en sitios con alto grado de perturbación y en localidades donde se realiza la introducción de especies exóticas (Brundrett *et al.*, 1994; Smith y Read, 1997); lo anterior es posible debido a que las micorrizas incrementan el área de absorción de las raíces de las plantas, lo que favorece la acumulación de agua y nutrientes. También, exudan sustancias con propiedades antibióticas y debido a que forman una barrera física, protegen a las raíces contra organismos patógenos que las descomponen y contra el ataque de nemátodos (Figura 7)(Harley y Smith, 1983; Smith y Read, 1997).

8.4.1. Fuentes de inóculo

La inoculación consiste en aportar a un medio (sustrato de crecimiento) las esporas o micelio de un hongo simbiote (micorrícico), el principio general consiste en aportar el inóculo de un hongo simbiote en las fases jóvenes de una planta (Montoya y Cámara, 1996). En el cultivo de planta forestal, con sustrato estéril, la micorrización natural no ocurre, por lo que es necesario micorrizar artificialmente; sin embargo, deben crearse condiciones favorables para el desarrollo de la micorriza, como son: espacios porosos suficientes en el sustrato, temperatura y humedad adecuadas, después de la inoculación aplicar dosis bajas de fósforo y nitrógeno, y lo más importante, no aplicar fungicidas.

Las fuentes de inóculo más utilizadas para micorrizar plantas, según Tinus y McDonald, (1979); Castellano y Molina, (1989) son:

Mantillo o suelo forestal. Consiste en incorporar de 2 a 3% de mantillo forestal por volumen de mezcla utilizado. El mantillo puede dar buenos resultados, pero se corre el riesgo de introducir organismos patógenos u hongos causantes de Damping-off.

Esporas de hongos ECM. Se pueden aplicar esporas de hongos de los géneros *Pisolithus*, *Scleroderma* o *Rhizopogon* (Figura 8). En México, se pueden utilizar hongos de los géneros *Russula*, *Suillus*, *Laccaria*, *Boletus* y *Amanita*; además de las esporas, otra fuente de inóculo son los píleos de los cuerpos fructíferos, en dosis de un centímetro cúbico de inóculo por planta (Pérez-Moreno, 2002). En el mercado existen productos comerciales elaborados a base de esporas, principalmente de *Pisolithus tinctorius*, las cuales se pueden aplicar a través del sistema de riego o directamente a la mezcla de sustrato.

Micelio vegetativo. La inoculación por este método consiste en producir el micelio en laboratorio y encapsularlo en alginato de calcio, para después adicionarlo en la mezcla de sustrato o aplicarlo mecánicamente directo en el envase. Esta técnica tiene la desventaja de que algunas especies de hongos son difíciles de reproducir de manera masiva; además, tiene alto costo, requiere de instalaciones sofisticadas, de equipo y personal especializado (Grove y Malajczuk, 1994).



Figura 8. Aspecto de los cuerpos fructíferos de los hongos ectomicorrícicos a) *Pisolithus tinctorius*, b) *Scleroderma citrinum*, c) *Boletus* sp, y d) envasado de esporas de *Pisolithus tinctorius*.

8.4.2. Selección de especies de hongos micorrícicos

Utilizar cuerpos fructíferos de hongos Gasteromycetes de los géneros *Pisolithus*, *Scleroderma* y *Rhizopogon*, los cuales producen esporas en gran cantidad y son de fácil recolección, beneficio, almacenado y aplicación. Además, son efectivos colonizadores en un amplio espectro de especies de árboles de interés forestal (Figura 8).

No obstante, algunas especies de los géneros *Pisolithus*, *Scleroderma* y *Rhizopogon* son introducidas o exóticas, cuya utilización puede representar riesgos futuros para las especies de hongos ectomicorrícicos nativos; actualmente, en México se carece de estudios sobre el tema.

9. FITOSANIDAD

Las plagas y enfermedades que afectan a las plantas cultivadas del Género *Pinus* en vivero, están documentadas en Landis *et al.*, (1989), Agrios, (1996), y Cibrián *et al.*, (2007) y muchos otros artículos disponibles en bibliotecas y páginas especializadas de internet. La referencia de **plaga** está relacionada con las alteraciones fisiológicas que un organismo vivo (patógeno) ocasiona a otro, normalmente con síntomas visibles o daños económicos. En el caso de las plantas de pino, estos daños son causados por artrópodos, entre estos están las Clases Insecta y Acarida y el Phylum Nemátoda, mismos que durante su ciclo de vida consumen parte o toda la planta, y con su hábito alimenticio contribuye en la dispersión de hongos, bacterias y virus.

Por otro lado, el concepto **enfermedad** está referido a cualquier mal funcionamiento de las células o tejidos del hospedante, debido a origen biológico (hongos, bacterias, o virus), daño físico ambiental o toxicidad de productos químicos, incluidos fertilizantes y agua de riego (pH). Para lograr un diagnóstico adecuado es importante conocer los síntomas (efectos visibles debido a cambios en la estructura o fisiología de las plantas, tales como: enrollado de hojas, hipertrofias, cambios en la coloración del follaje, resinación, etc.) y signos (señal directa de la presencia de un agente dañino o agente causal, como: excremento, cuerpos reproductivos, defoliación, perforaciones o mordeduras en el tallo, hojas o en la raíz, etc.) (Figura 9) (Landis *et al.*, 1989; Agrios, 1996).

9.1. Diagnóstico de plagas y enfermedades

Durante la producción de planta es crucial detectar en forma oportuna los problemas sanitarios, no hacerlo pone en riesgo la producción y las pérdidas económicas pueden ser considerables. El control de plagas y enfermedades en vivero requiere de la ejecución de estrategias de manejo específicas, como: monitoreo, evaluación y diagnóstico, control y prácticas de desinfección o de prevención.

Los daños ocasionados a las plantas, están directamente relacionados con los hábitos alimenticios que tienen los insectos, principalmente por el tipo de aparato bucal que poseen. Debido a esto, los insectos se clasifican de acuerdo con el tipo de daño que ocasiona; de este modo se clasifican como: barrenadores, defoliadores, deformadores de follaje y chupadores de savia (Figura 9).

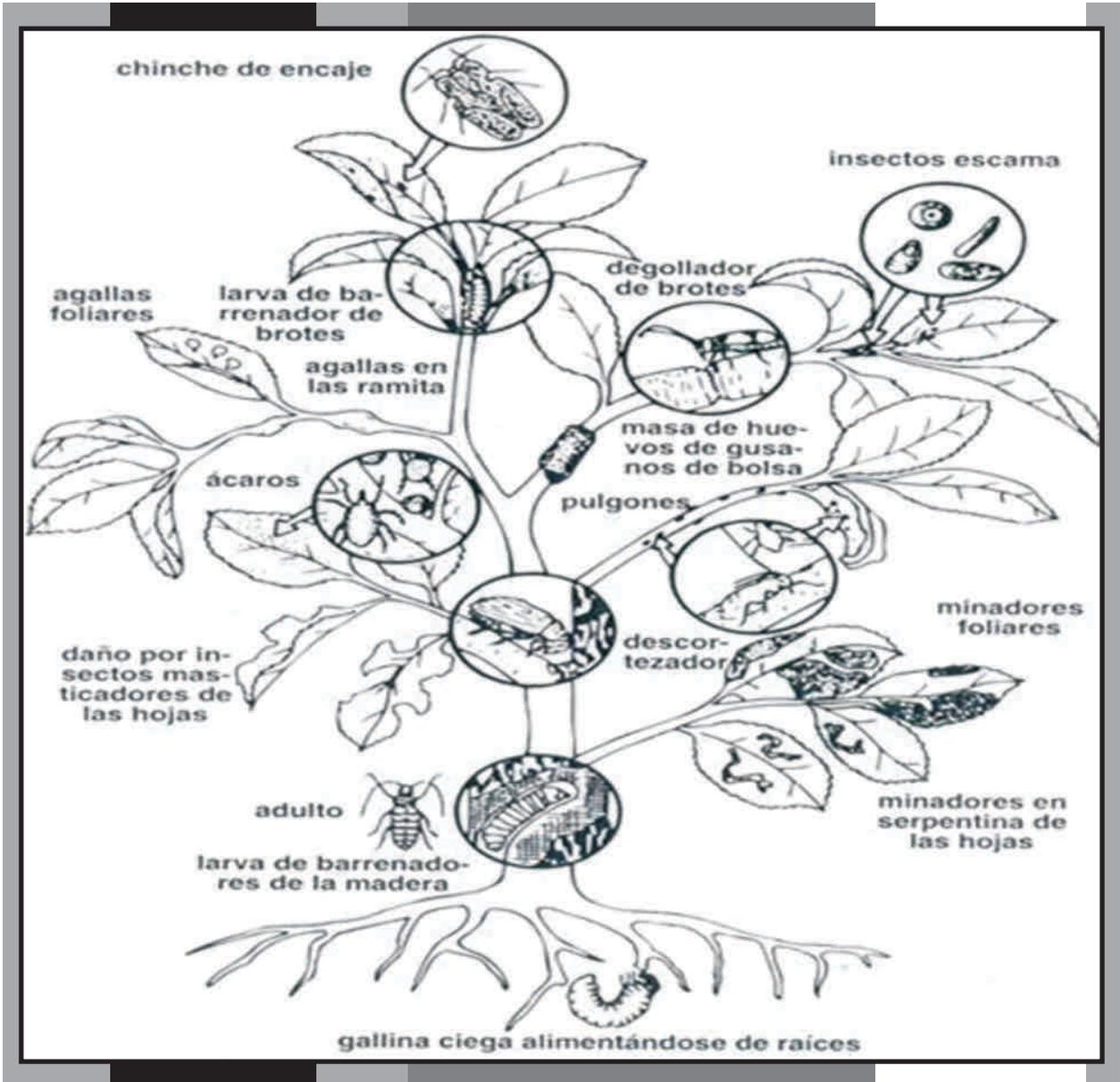


Figura 9. Identificación de algunos daños causados por plagas (Tomado de: Los Árboles son Buenos, A.C.)

Un diagnóstico correcto requiere de un examen cuidadoso de la situación y la eliminación sistemática de posibilidades; por ello, es importante seguir los siguientes pasos:

- ⊙ Identificar con precisión la planta afectada.
- ⊙ Buscar un patrón de anomalía.
- ⊙ Examinar con cuidado el sitio.
- ⊙ Observar color, tamaño y espesor del follaje para identificar anomalías.
- ⊙ Examinar tallo y raíces.

9.2. Principales plagas en viveros forestales

El ataque de plagas y enfermedades afectan la calidad y cantidad de plantas producidas. Ocasionan deformaciones, detienen el crecimiento de las plantas y en algunos casos ocasionan su muerte. De acuerdo con Cibrián *et al.* (1995), la mayoría de entomólogos reconoce 27 órdenes de insectos a nivel mundial; de éstos, en México sólo nueve órdenes de insectos y ácaros (clase Acarida, orden Acari) causan daño en árboles forestales, incluida la planta producida en viveros (Cuadro 4). Para tener éxito en la prevención y control de artrópodos plaga, es esencial conocer su ciclo biológico y su hábito alimenticio. A continuación se describen algunas de las plagas más frecuentes durante la producción de planta.

CUADRO 4. PRINCIPALES ÓRDENES DE INSECTOS QUE CAUSAN DAÑO A ÁRBOLES FORESTALES EN MÉXICO.

Orden	Nombre común	Característica
Hemiptera	Chinches	Se alimentan de la savia
Homoptera	Chicharritas, cigarras, mosquitas blancas, escamas, piojos harinosos, y pulgones laníferos	Se alimentan de la savia
Coleoptera	Escarabajos y picudos	Son descortezadores y barrenadores de madera
Orthoptera	Saltamontes, langostas, insectos palo	Son defoliadores del follaje
Diptera	Moscas, mosquitas y midges	Son minadores de hojas, formadores de agallas y barrenadores de tallo
Lepidoptera	Mariposas y palomillas	Las larvas son consumidoras de follaje, barrenadoras en brotes suculentos de madera o semillas
Thysanoptera	Trips	Tiene un aparato bucal raspador-chupador
Hymenoptera	Moscas sierra, avispas, abejas y hormigas	Las larvas se alimentan de follaje, barrenan la madera y semillas
Acari (clase acarida)	Ácaros	Los fitófagos son los que atacan especies forestales
Isoptera	Termitas, comejenes, polillas	Se alimentan de madera viva o muerta

Fuente: Cibrián *et al.* (1995).

Mosquita blanca. Se conoce también como mosquita de invernadero (*Trialeurodes vaporariorum*), produce una secreción dulce y sobre ella se desarrolla moho negro tizado. En invernadero completa una generación en tres a cuatro semanas. Las ninfas son de color blanco aperlado y viven en el envés de las hojas. Las adultas son pequeñas, blancas y vuelan rápidamente en diversas direcciones cuando se mueve el follaje de las plantas (Tinus y McDonald, 1979).

Mosca fungosa. Los adultos de mosca fungosa (*Bradysia* spp) miden de 2 a 4 mm de longitud, tienen antenas largas y moniliformes, el único par de alas que tienen es oscuro con venas en forma de “Y” (Figura 10), los adultos son inofensivos pero sus larvas se alimentan de la raíz de las plantas o de semillas carnosas cuando las condiciones son favorables (Landis *et al.*, 1989). Los síntomas de daño en plantas son: marchitamiento, pérdida de vigor en forma abrupta y follaje amarillento. Al examinar con lupa los brinzales afectados, se observa la presencia de larvas en la capa superior del sustrato.



Figura 10. Adulto macho, larva y hembra de mosca fungosa del género *Bradysia*.

Las larvas son blancas, delgadas, cabeza negra, piel semi-transparente que revela el contenido digestivo y longitud máxima de 5 mm. Normalmente la larva se encuentra en el sustrato y materia orgánica, y para encontrarlas se recomienda buscarlas por la mañana.

El control de larvas no es práctico; en vez de esto, los adultos deben ser controlados inmediatamente después de ser vistos (Landis *et al.*, 1989). Los adultos y larvas son transmisores de patógenos del suelo que causan pudrición del tipo Damping-off, como *Fusarium*, *Botrytis*, *Verticillium* y *Pythium* (Landis *et al.*, 1989).

La hembra de mosca fungosa oviposita en superficies húmedas, de preferencia en sustratos ricos en materia orgánica. La infestación es más severa cuando en los envases se han desarrollado algas o musgos por exceso de humedad. Los huevos se incuban en aproximadamente seis días, emergen las larvas y se alimentan por un par de semanas y pupan en el sustrato. Posteriormente, en cinco o seis días emergen las moscas completando el ciclo de vida. Por su corto ciclo de vida, la población de mosca fungosa se

incrementa rápidamente en invernaderos con presencia de materia orgánica, principalmente cuando la temperatura y humedad relativa son superiores al 70% (Landis *et al.*, 1989).

Para el control de la mosquita se usan insecticidas de contacto como Parathión metílico® (paratión metílico) y Thionex® (endosulfán), y Decis® (deltametrina), este último tiene menor eficiencia, tanto para larva como para adulto. Son muchos los insecticidas efectivos contra insectos adultos; sin embargo, es difícil alcanzar los lugares donde habitan, por lo que se recomienda controlar las larvas aplicando los insecticidas en el agua de riego (Landis *et al.*, 1989).

Para prevenir problemas sanitarios, desinfectar las instalaciones, invernaderos, remover envases contaminados, evitar exceso de agua, controlar algas, esterilizar envases y superficies de áreas de crecimiento. Un método para monitorear la mosca fungosa y hacer el control potencial de la misma, consiste en colgar cintas amarillas pegajosas en el invernadero (Landis *et al.*, 1989).

En Durango, México, en invernaderos donde se produce planta de pino en charola es común la presencia de *Bradysia* sp. El daño es significativo y se manifiesta en la pérdida de vigor de la planta; además, se asocia con la proliferación de Dampig-off. El control de adultos es efectivo con los insecticidas descritos, incluyendo algunos productos biológicos; sin embargo, el traslape de generaciones, la abundancia en la oviposición y el hábito de la larva, hacen difícil su control, ya que en pocas horas se tienen nuevos adultos y es necesario aplicar más plaguicida. Con aplicaciones de deltametrina antes del riego se controla al insecto en períodos hasta de 5 días, lo que permite erradicar los brotes. Para prevenir la presencia de *Bradysia* sp evitar el encharcamiento del suelo y de las cavidades de las charolas, así como utilizar sustratos estériles en la cubierta de germinación.

9.3. Principales enfermedades en vivero

Las principales enfermedades en viveros forestales son las producidas por hongos. El moho gris (*Botrytis cinerea*) y el damping-off (*Phytophthora*, *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rizoctonia*), en forma conjunta engloban casi las dos terceras partes de los problemas de enfermedades fungosas (Cibrián *et al.*, 2007).

Moho u hongos asociados a semillas forestales. La testa de la semilla tiene microorganismos saprófitos y parásitos facultativos que son transportados por el viento y el agua (Cuadro 5). También, se presentan durante la apertura de conos en los patios de secado, cuando las condiciones de humedad y temperatura favorecen su desarrollo. Afectan el tejido muerto de la testa y penetran al embrión, matan al gametofito femenino y a los cotiledones antes de que germine la semilla. En ocasiones la plántula es infectada después de la germinación y coloniza el tejido suculento de ésta, provocando su muerte (Cibrián *et al.*, 2007).

CUADRO 5. GÉNEROS DE HONGOS CAUSANTES DE MOHOS EN SEMILLAS FORESTALES.

Género	Hospedantes	Características
Moho por <i>Rhizopus</i> sp	Semillas de coníferas y latifoliadas	Especies saprófitas y parásitas
Moho por <i>Aspergillus</i> sp	Semillas de coníferas y latifoliadas, materia orgánica en descomposición	Son mohos comunes en materia orgánica como frutos maduros
Moho por <i>Penicillium</i> sp	En general frutos y semillas almacenadas, la mayoría de sus especies son saprófitas	Causa daños en frutos o en bulbos almacenados
<i>Fusarium</i> sp en semillas	Semillas de coníferas y latifoliadas	Es de gran importancia y ocurre en todo tipo de viveros

Fuente: Cibrián *et al.* (2007)

Métodos de control. En semilla almacenada las infecciones se previenen manteniendo un ambiente fresco y seco, con humedad menor a 13% y temperatura entre 3 y 5 °C. Para evitar la presencia de patógenos en el almacén es trascendental el orden, limpieza, control, así como la eliminación de materiales almacenados por largos períodos (Cuadro 6).

CUADRO 6. ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE SEMILLAS FORESTALES

Producto	Actividad	Observaciones
Hipoclorito de sodio	Limpieza y desinfección de paredes, pisos, estantería y recipientes	Aplicación mediante trapeadores y lienzos de limpieza
TCMTB 2- (tiocianatometiltio) benzotiazol	Tratar la semilla con una dosis de hasta el 2% de su peso	La semilla puede ser almacenada y protegida por varios meses
Quitozeno + thiram	Semillas que se van a sembrar inmediatamente y no se almacenan	Aplicación en mezcla de ambos productos
Thiram+cloratonil	Semillas que se van a sembrar inmediatamente y no se almacenan	Aplicación en mezcla de ambos productos
<i>Trichoderma</i> sp (Biofungicida)	Cubrir la testa de la semilla con esporas de este hongo. Dosis de 1.5 a 3.0 g/kg de semilla	Inhibidor de la mayoría de los hongos de la superficie de la testa

Fuente: Cibrián *et al.* (2007)

Damping-off. Es la principal enfermedad que se presentan en viveros forestales. Es causada por un complejo de hongos de los géneros: *Phytophthora*, *Pythium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Tinus y McDonald, 1979; Peterson y Smith, 1992; Cibrián *et al.*, 2007) (Cuadro 7). El síntoma es debilitamiento del cuello del tallo (división entre tallo y raíz), doblamiento y muerte de la planta en las etapas de germinación y crecimiento inicial (Figura 11).

CUADRO 7. PRINCIPALES GÉNEROS DE HONGOS CAUSANTES DE DAMPING-OFF EN VIVEROS FORESTALES.

Género	Importancia	Diagnosís
<i>Pythium</i>	Parásitos facultativos, el micelio se desarrolla en materia orgánica, afecta semilla humedecida.	Inicialmente ausencia de germinación. Caída de planta, el tallo se dobla en la base, tejido colapsado con necrosis húmeda. El resto de la planta con apariencia normal.
<i>Rhizoctonia</i>	Presente en viveros que utilizan tierra de monte con pH neutro o ligeramente alcalino. Afecta plántulas recién emergidas.	Produce una pudrición suave muy similar a <i>Pythium</i> . Se observa falta de germinación de semilla y caída de plántulas recién emergidas.
<i>Fusarium</i>	Es el hongo más común y dañino en los viveros.	Causa muerte descendente de las plántulas, yema y luego acículas inmediatas. La base de las acículas afectadas se pone color violáceo.

Fuente: Tinus y McDonald, (1979); Cibrián *et al.* (2007)

El Damping off se presenta cuando las plantas son jóvenes y no han desarrollado tejido leñoso (por lo general después de la germinación) y hace declinar a las plantas rápidamente. Los síntomas varían de acuerdo con la etapa en que ocurre la infestación; al inicio del desarrollo de la raíz la planta muere antes de emerger, por lo que es difícil detectar el problema en esta etapa. Cuando la infestación es post-emergente se produce una necrosis en el cuello de la raíz; al debilitarse el tejido infectado (necrótico) la planta se vuelve flácida, se dobla y muere (Figura 11)(Tinus y McDonald, 1979; Pritchett, 1986; Peterson y Smith, 1992).

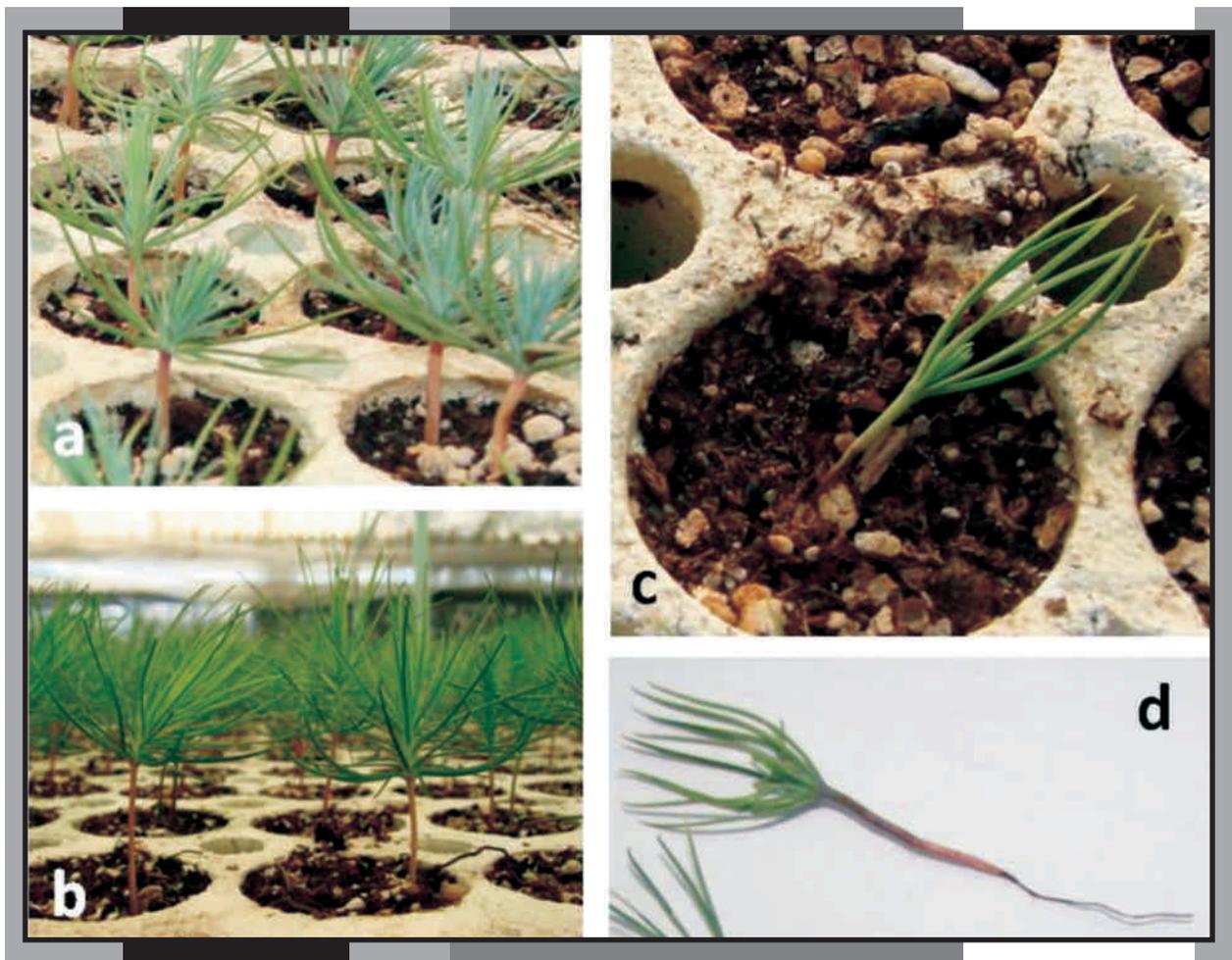


Figura 11. a, b) Aspecto de planta sana de pino. c y d) planta de pino dañada por Damping-off (mal de almácigos).

Métodos de control

En el almácigo. Desinfección del sustrato con métodos físicos, químicos o biológicos. Los primeros incluyen la solarización del sustrato durante 21 días protegiéndolo con una cubierta de plástico; cuando es poco el sustrato, se puede utilizar agua hirviendo o vapor; también, existen gases fumigantes aparte del bromuro de metilo (de uso restringido para el año 2015), como el metam-sodio y dazomet, el dazomet se aplica al sustrato tres semanas antes de la siembra y se protege con una cubierta plástica; en cuanto a las plántulas, favorecer la aireación e insolación directa de las mismas; cuando haya planta infectada se debe utilizar el fungicida metalaxil en combinación con cloratalonil, con aplicaciones cada tercer día (Cibrián *et al.*, 2007).

La aplicación de biofungicidas en sustratos para control preventivo, es una alternativa importante; existen cepas probadas de *Trichoderma spp* antagónicas de los géneros *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, principales hongos causantes de damping-off después de la germinación de la semilla y de la mayor pérdida de planta en el

establecimiento de la plantación (Stefanova, 2009); con el mismo fin y aplicada conjuntamente con *Trichoderma spp*, se dispone de la bacteria *Bacillus subtilis*, productos que aplicados en conjunto potencian el control de patógenos del sustrato.

En los envases. Al llenar los envases, utilizar una mezcla de sustrato con buen drenaje, pH neutro o ligeramente ácido, aplicar riego moderado para evitar exceso de humedad en el suelo, mantener la temperatura del invernadero por debajo de 35 °C, evitar que la humedad relativa en el ambiente sea mayor a 70% y minimizar la presencia de sombra continua durante varias horas del día.

CUADRO 8. INGREDIENTES ACTIVOS PARA EL TRATAMIENTO DE DAMPING-OFF EN PLANTAS FORESTALES.

Ingrediente activo	Nombre comercial
Tiabendazol	Tecto 60
Metalaxil	Ridomil bravo
Propamocarb clorhidrato	Previcur N
Carbendazim	Derosal
Thiophanato metílico	Cercobin – M
Bacter stop	Bacter stop
Dicarboximida	Captán
Oxicloruro de cobre	Cupravit
Clorotalonil	Daconil
Benomil	Benlate, Promyl
Mancozeb	Manzate

Fuente: Cibrián *et al.* (2007); Domínguez-Torres *et al.* (2002).

Si las medidas preventivas físicas y biológicas no impiden que la infección continúe, los productos químicos aplicados adecuadamente son una alternativa para controlar el ataque del Damping-off (Cuadro 8), incluidas en éstos las moléculas denominadas de translocación o sistémicos (Tinus y McDonald, 1979; Cibrián *et al.*, 2007).

Cuando las infecciones por Damping off son recurrentes, se recomienda analizar el agua de riego y sustratos, y de ser necesario, tratar las camas de crecimiento o plantabandas con tiabendazol (Cibrián *et al.*, 2007). Para evitar que los hongos adquieran resistencia a los productos fungicidas, alternar los ingredientes activos.

El uso correcto de plaguicidas en viveros requiere de asesoría profesional para capacitar al personal. Es obligatorio usar equipo de protección para evitar riesgos a la salud por el contacto constante con ingredientes activos, los cuales pueden ser fatales si se alcanza la denominada “dosis letal”. Los plaguicidas utilizados deben tener el registro correspondiente de las autoridades fitosanitarias, para lo cual se debe tener en cuenta que los plaguicidas con registro en trámite no son autorizados.

10. PRINCIPALES LABORES DE MANTENIMIENTO

Para evitar deterioro y mal funcionamiento del vivero durante la producción, se debe contar con un programa anual de mantenimiento de instalaciones (Cuadro 9).

En el caso de invernaderos, antes de sembrar realizar las siguientes actividades:

- ⊙ Eliminar las malezas en el interior del invernadero.
- ⊙ Tapar orificios en techo y partes laterales del invernadero (hules y mallas).
- ⊙ Lavar con agua y jabón biodegradable, mallas, hules, estructura, mesas, postería, plástico y cables, con 500 gramos de jabón en 200 litros de agua. Posteriormente, enjuagar con agua limpia.
- ⊙ Desinfectar el área del invernadero con un litro de amonio cuaternario (Anibac) en 200 litros de agua y dejar reposar todo el día.
- ⊙ Al siguiente día, aplicar con equipo de aspersión 0.5 mililitros de un piretroide por litro de agua y para no afectar la salud del personal dejar reposar por lo menos tres días antes de la siembra.

CUADRO 9. PRINCIPALES ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN VIVERO.

Actividad	Descripción	Importancia
Mantenimiento a vías de acceso y caminos internos	Mantener funcionales los caminos y vías de acceso mediante el uso de maquinaria, o manualmente.	Facilitar el transporte oportuno a los centros de abasto de insumos y planta.
Mantenimiento de infraestructura	Resanado, pintura y desinfección de almacenes, bodega de herramienta, etc.	Mantener las instalaciones en buen estado físico y eliminar focos de contaminación.
Mantenimiento a estructura del invernadero	Pintura, renovación de plásticos, cambio de mallas, reparación de fugas de agua, etc.	Alargar la vida útil de la estructura y mantener su funcionalidad.
Control de malezas	Eliminación de la maleza con herramienta, maquinaria o productos químicos. Se pueden utilizar acolchados con polietileno negro y un cubrimiento con un material de granulometría media.	Eliminar refugios de insectos y agentes patógenos causantes de plagas y enfermedades. Mejora la apariencia.
Nivelación de superficies en el interior del invernadero y poner cubierta protectora	Nivelar el terreno para evitar encharcamientos de agua como fuentes posibles de patógenos, y al proteger la superficie se evitan las malezas.	Evitar encharcamientos que dificulten las labores de cultivo o aumenten los riesgos de aparición de hongos patógenos por humedad excesiva.
Lavado y desinfección de patios de labores generales	Utilizar agua y jabón, adicionalmente emplear hipoclorito de sodio (Cloralex®) en concentraciones de hasta un mililitro por litro de agua.	Labor preventiva de eliminación de hongos, bacterias e insectos causantes de enfermedades.

CUADRO 9. CONTINUACIÓN

Actividad	Descripción	Importancia
Lavado y desinfección de charolas y/o envases	Se utiliza agua, jabón, solución de hipoclorito de sodio en concentración de hasta 10% mezclado en agua.	Eliminación de hongos, bacterias e insectos causantes de enfermedades.
Limpieza de cisternas y tanques de almacén de agua	Utilizar agua y jabón, adicionalmente utilizar hipoclorito de sodio en concentraciones de hasta un mililitro por litro de agua.	Eliminación de hongos, bacterias, larvas de insectos, mejorar la calidad del agua, prevenir taponamiento del sistema de riego.
Limpieza y orden en las instalaciones del vivero	Mantener limpia las distintas áreas de trabajo e instalaciones de uso común como son: patios de usos múltiples, almacén, baños.	Previene la proliferación de roedores, insectos dañinos o venenosos, mejorar la imagen y ambiente de trabajo, evita aparición de plagas y enfermedades.
Señalización de áreas de producción	Poner letreros en las áreas de producción, relacionadas con: especie, fecha de siembra, cantidad de planta, áreas de riesgo, etc.	Facilitar la identificación de los procesos de planta en producción.

¡Recuerda!

El mejor método para controlar plagas y enfermedades en viveros forestales, es la prevención. Si utilizas plaguicidas, cuida que su empleo sea el adecuado.

11. LITERATURA CITADA.

- Abad, M. y Noguera, P. 1997. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In*: Manual de cultivo sin suelo. Urrestarazu, M. (ed.). Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones. pp: 101-150.
- Adjoud, D.; Plenchette, C.; Hallihargas, R. and Lapeyrie, F. 1996. Response of 11 eucalyptus species to inoculation with three arbuscular micorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 6:129-135.
- Agrios, G. N. 1996. Fitopatología. Limusa. UTEHA. Grupo Noriega editores. México, D. F. 838 p.
- Aldana B., R. y Aguilera R., M. 2003. Procedimientos y cálculos básicos útiles en la operación de viveros que producen en contenedor. Documento técnico. Programa Nacional de Reforestación, CONAFOR. Guadalajara, Jalisco. México. 41 p.

- Brundrett, M. C.; Peterson, L.; Melville, L.; Addy, H.; McGonigle, T.; Shaffer, G.; Bougher, N. and Massicotte, H. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. Based on a workshop organized in conjunction with the Ninth North American Conference on Mycorrhizae University of Guelph, Guelph, Ontario, Can. Mycologue Publications. 161 p.
- Brundrett, M. C.; Bougher, N.; Dell, B.; Grover, T. and Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR. Canberra, Australia. 373 p.
- Castellano, M.A. and Molina, R. 1989. The biological component: Nursery pest and micorrhizae. *In: The container Nursery Manual*. Landis T.D, Tinus R. W., McDonald S.E. and Barnett J.P. (eds). Vol. 5. Department of Agriculture. Washington, D.C. pp: 100-107.
- Centro de Forestación de las Américas. 1994. Viveros y reforestación en México. *In: Curso internacional de entrenamiento*. 4-22 junio 1994. CEFORA. NMSU. Servicio Forestal de los Estados Unidos. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre en México. México. 120 p.
- Cibrián T., D.; Alvarado R., D. y García D., S. E. (Eds). 2007. Enfermedades forestales en México/ Forest diseases in Mexico. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 587 p.
- Cibrián T., D.; Méndez M., J. T.; Campos B., R.; Yates III H. O. y Flores L., J. E. 1995. Insectos forestales de México/Forest insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 453 p.
- Cuevas R., R.A. 1995. Calidad de la planta. *In. Viveros forestales*. Pub. esp. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. México. D.F. 112 p.
- Domínguez-Torres., A.; García, P.; Pacheco V., J. E.; Villanueva J., J. A. y Téliz O., D. 2002. Control de mosquita blanca y virosis en jitomate con cubierta flotante en Veracruz. *Rev. Fitotc. Mex.* Vol. 25(3):311-316.
- Duryea, M.L. 1985. Evaluating seedling: Importance to reforestation. *In: Duryea, M.L. (ed). Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major tests*. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, Oregon, U.S.
- Foucard, J. C. 1997. Viveros, de la producción a la plantación, innovaciones técnicas, productos, mercados. Trad. por Carlos de Juan (del Francés). Editorial Mundi Prensa, Barcelona, España. 439 p.

- Gárate, A. y Bonilla, I. 2000. Nutrición mineral y producción vegetal. *In*: Fundamentos de Fisiología Vegetal. Coordinado por Azcón-Bieto, J. y M. Talón. MacGraw Hill Interamericana. España. pp:113-130.
- García C., O.; Alcantar G[†], G.; Cabrera, R., I.; Gavi R., F. y Volke. H. V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3):249-258.
- González F., V. 1995. Tipos de envase. *In*: Viveros forestales. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Pub. esp. No 3. SAGAR-INIFAP. México D. F.
- Grove, T. S. and Malajczuk, N. 1994. The potential for management of ectomycorrhiza in forestry. *In*: Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture an forestry. Robson A.D., L.K. Abbot and N. Malajczuk (eds.). Kluwer Academic Publishers, Australia. pp: 201-210.
- Harley, J.L. and Smith, S.E. 1983. Mycorrhizal Simbiosis. Academic Press, London, Great Britain. 483 p.
- Hartmann, H. T. y Kester, D.E. 1992. Propagación de plantas. Principios y p r á c t i c a s . Trad. por Antonio Merino Ambrosio. CECOSA. México D.F. 730 p.
- Johnson, J.D. y Cline, M.L. 1991. Seedling quality of southern pines. *In*: Duryea, M.L. and Dougherty, P.M. (eds.) Forest Regeneration Manual. Lluver Academic Pub. Netherlands. pp: 143-159.
- Jones, M.D.; Durall, D.M. and Tinker, P.B. 1998. A comparison of arbuscular and ectomycorrhizal *Eucalyptus coccidera*: growth response, phosphorus uptake efficiency and external hyphal production. *New Phytol.* 140:125-134.
- Landis, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. *In*: Landis, T. D., R.W., Mc Donald, S.E., Barnett, J. P. The Container Tree Nursery Manual, Vol. 4. Agric. Handbk. 674. Washington, D. C: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: pp: 72-124.
- Landis, T. D.; Tinus, R.W.; McDonald, S.E. and Barnett, J.P. 1989. The biological component: Nursery Pest and Mycorrhizae. Vol. 5. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674. Washington, D.C., U.S.A. Departament of Agriculture. Forest Service. 171 p.
- Landis, T. D. 1990. Containers: Types and functions. *In*: Landis, T. D., R.W., Mc Donald, S.E., Barnett, J. P. The Container Tree Nursery Manual, Volume 2. Agric. Handbk. 674. Washington, D. C: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp: 1-40.

- Los Arboles son Buenos, A. C. 2009. *In:* www.losarbolessonbuenos.com/plagas.html
Fecha de consulta: 04 de junio de 2009.
- Mexal, J.G. and Landis, T.D. 1990. Target seedlings concepts: Height and diameter. Pp: 17-36. *In:* Rose, R., S.J. Campbell and T.D. Landis (eds.). Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. General Technical Report. RM-200. Ft. Collins, CO. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Montoya O., J.M. y Cámara O., M. A. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 127 p.
- Pastor-Sáez, J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra*. 17(3):231-235.
- Peñuelas R., J.L. y Ocaña B., L. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-prensa. Madrid, España. 190 p.
- Pérez-Moreno, J. 2002. Aspectos fisiológicos y ecológicos de la simbiosis ectomicorrizica y fuentes utilizadas en la producción de inoculantes forestales. *In:* Producción y Control de Calidad de Inoculantes Agrícolas y Forestales. Pérez-Moreno, J. Alvarado, L. y R. Ferrera (eds). Colegio de Postgraduados, INIFAP y Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México. pp:55-66.
- Peterson, G. W. y Smith, R.S. 1992. Principales enfermedades de la raíz en viveros forestales. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Escuela de Fitotecnia. Trad. por Santiago D. Sánchez; V.M. Cetina A.; D. Chávez O. y A. Gómez G. Puebla, México. 55 p.
- Prieto R., J. A.; Vera C., J. A. y Merlín B., E. 1999. Factores que Influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico No 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. INIFAP. 23 p.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Trad. por José Hurtado Vega. Limusa. México D.F. 634 p.
- Sánchez B., F. y Favela Ch., E. 2000. Construcción y manejo de invernaderos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. P 45.
- Smith, S.E. and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis, 2nd Ed. Academic Press, London, England. 605 p.

- Stefanova N., M. 2009. Producción y aplicación de *Trichoderma spp.* Antagonista de hongos fitopatógenos. Laboratorio de Bacteriología INISAV, Ciudad de la Habana, Cuba. *In:* <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/TRICHODE.htm>
Fecha de consulta 18 de marzo de 2009.
- Tinus R. W. and McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. General Technical Report RM-60 Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station Forest Service. USDA. 145 p.
- Zapata, N.; Guerrero, F. y Polo, A. 2005. Evaluación de corteza de pino y residuos como componentes de sustratos de cultivo. *Agricultura Técnica*. 65(4):378-387.

12. ANEXOS



Figura 1. Árbol superior para colecta de semilla (izquierda) y llenado de envases (derecha).



Figura 2. Planta de diferente calidad debido al efecto de diversos niveles de fertilización.



Figura 3. Supervisión producción planta (izquierda) y Vivero de la CONAFOR-Durango (derecha).



Figura 4. Planta en proceso de producción. Vivero Ejido Pueblo Nuevo (izquierda) Vivero Francisco Villa (derecha)



Figura 5. Planta en proceso de producción. Vivero UNECOFAEZ, Santiago Papasquiario, Dgo (izq.) y Vivero Luis Donaldo Colosio, El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo (der.).



Figura 6. Planta en proceso de producción. Vivero SAHUATOBA. SRNyMA. Gobierno Edo. Dgo. (izq.) y Vivero UCODEFO 4. Miravalles-Vencendores. Dgo. (derecha).

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Durango A. C. por el apoyo económico brindado al subproyecto “Viveros y Plantaciones Forestales”, lo que ha permitido transferir el conocimiento generado a los viveristas forestales de Durango.

A la Consultoría Forestal “Roberto Trujillo” por permitir utilizar en la portada la fotografía del Vivero General Francisco Villa.

A los prestadores de servicios técnicos con viveros forestales en producción, por permitir el acceso a los mismos.

DEDICATORIA

A los viveristas, productores, servidores públicos y prestadores de servicios técnicos forestales, que poco a poco han incursionado en la noble tarea de propagar planta forestal y reforestación de áreas afectadas por causas diversas.

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

Coordinador de la información:

Dr. José Ángel Prieto Ruíz

Revisión técnica:

M. C. Arnulfo Pajarito Ravelero
Dr. Arturo Gerardo Valles Gándara

Edición:

L.I. Antonio Castro Peña
Dr. José Ángel Prieto Ruíz

Diseño:

L. I. Zayra Daniela Noriega García

Tiraje: 500 ejemplares

Esta obra se terminó de imprimir en Junio de 2009 en los talleres de:
Tradición Impresa

Alberto Terrones No. 303-A Sur, Zona Centro
Tel./Fax: (618) 810 12 09
C. P. 34000. Durango, Dgo. México.

Publicación Especial Núm. 28 Junio de 2009
CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL GUADIANA
km 4.5 Carretera Durango-El Mezquital
Apdo. Postal 186, Durango, Dgo. C. P. 34170
Tel./Fax (618) 826-0426, 826-0433 y 826-0435

Para mayor información dirigirse al:
Campo Experimental "Valle del Guadiana"
km 4.5 Carretera Durango-El Mezquital
Apartado Postal 186
Durango, Dgo. C. P. 34170
Tel. 01 (618)8260426 y 8260435
Fax: 01(618) 8260433
Correo electrónico: direccion.dgo@inifap.gob.mx

Esta publicación se terminó de imprimir
en el mes de junio del 2009
en los talleres gráficos de :

**FAVOR DE PONER LOGO
DE IMPRESOS DE CALIDAD**

Tiraje
500 ejemplares

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González	Director Regional
Dr. Héctor Mario Quiroga Garza	Director de Investigación
Dr. José Verástegui Chávez	Director de Planeación

Campo Experimental “Valle del Guadiana”

M. C. Andrés Quiñones Chávez	Director de Coordinación y Vinculación
Dr. Enrique Merlín Bermudes	Viveros y Plantaciones Forestales
Dr. José Ángel Prieto Ruíz	Viveros y Plantaciones Forestales
Dr. Arturo G. Valles Gándara	Manejo de Bosques
M. C. Adán Castillo Rosales	Mejoramiento Genético de Maíz
M. C. Evenor Idilio Cuéllar Robles	Producción de Semilla de Frijol y Forrajera
Dr. Horacio González Ramírez	Economía Agrícola
M. C. Jesús López Hernández	Mejoramiento Genético de Maíz
M. C. Arnulfo Pajarito Ravelero	Mejoramiento Genético y Fisiología Vegetal
M. C. Carmen Leticia Mar Tovar	Piscicultura
Dr. Francisco González González	Bovinos Carne y Manejo de Pastizales
Dr. Rigoberto Rosales Serna	Mejoramiento Genético de Frijol
Ing. Jorge Mejía Bojórquez	Viveros y Plantaciones Forestales
M. C. José Leonardo García Rodríguez	Viveros y Plantaciones Forestales
M. C. Juan Antonio López Hernández	Manejo Forestal Sustentable
M. C. José Carlos Monárrez González	Manejo Forestal Sustentable
M. C. Cynthia Adriana Nava Berúmen	Calidad del grano de Frijol
M. C. Jesús Martín Ibarra Flores	Transferencia de Tecnología
M. C. Julio César Ríos Saucedo	Servicios Ambientales
M. C. Humberto Sánchez Martínez	Manejo de Pastizales
Ing. Saúl Huchín Alarcón	Frutales Caducifolios

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Desarrollo Rural



Esta publicación fue financiada por la
Fundación Produce Durango A. C. dentro del
Proyecto "Bosque Modelo Fase II"



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias