



## GUIA DE APOYO DOCENTE

# PRODUCCIÓN VEGETAL Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

## TEMA 4.- SELECCIÓN DEL SITIO Y DISEÑO DE ESTABLECIMIENTO DEL VIVERO.

### I.- SELECCIÓN DEL SITIO Y DISEÑO DEL VIVERO

#### 1.1.- INTRODUCCIÓN

La producción de plantas en envase es un proceso en el cual la empresa, persona un organismo publico o privado se enfrenta a una serie de toma de decisiones, la primera de estas se refiere a las opciones de comprar el material o producirlo, En este último caso, ¿Dónde lo va a establecer?, esto implica todas las consideraciones técnicas y biológicas relacionadas con la selección del sitio. Como lo va establecer, esto conlleva un proceso de toma de decisiones sobre, diseño, infraestructura, equipos, manejo de personal, y operación de un vivero, etc., como lo va maneja, implica consideraciones de orden técnico, manejo de personal, administración de viveros, etc.

#### 1.2.- TERMINOLOGÍA

**1.2.1.- Plántula:** Estrictamente, Una plántula es un individuo que ha sido desarrollado a partir de una semilla. Sin embargo, comúnmente también se denomina plántula al material vegetal producido por otras formas de propagación, tales como estacas enraizadas, plantas obtenidas *in vitro* (plant- seedling), tanto por propagación clonal rápida, como otros métodos de producción (organogénesis de novo, embriogénesis somática, etc.)

**1.2.2.- Tipo de producción:** Plántulas a raíz desnuda y plántulas en contenedor, las primeras son producidas directamente en el suelo y removidas durante la cosecha, mientras que las segundas son producidas en envases (bolsas, envases de poliestireno, papel, etc), sobre sustratos artificiales y bajo diferentes niveles de manipulación y control (invernaderos), en este caso la planta se conoce como en Bola de Tierra, plantas en cepellón o a raíz cubierta.

**1.2.3.- Trasplante:** Se refiere a la producción de plantas en germinadores y su posterior repique al suelo, envase o bolsa, en algún caso se puede realizar a la inversa y trasplantar del envase al suelo directo.

**1.2.4.- Origen o Fuente del germoplasma:** Se refiere al origen de donde se obtuvo las semillas, tanto al lugar geográfico (procedencia o fuente) como a la estrategia de producción (árboles semilleros, área semillera, rodales semilleros, huertos semilleros)

**1.2.5.- Calidad de Planta:** Se refiere a el cumplimiento por parte de la planta de ciertas características morfológicas (color, hojas, acículas, forma, entre otras, fitosanitarias (sanidad y % de colonización micorrízica) y de crecimiento (altura total, biomasa aérea, biomasa de raíces, relación tallo/raíz, diámetro al cuello de raíz, etc.) que la hacen apta para su establecimiento en campo.

**1.2.6.- Fenotipo:** Apariencia cualificable o cuantificable, como una función del genotipo, el ambiente y su interacción.

#### 1.3.- OPERACIONES QUE SE REALIZAN EN UN VIVERO FORESTAL

- Planificación, control y registro de todas las fases, desde la recepción de semillas hasta la entrega del material vegetal (plantas).
- Almacenaje de semillas, análisis rutinarios y tratamientos para almacenaje o pre-germinativos.
- Preparación de estacas para plantación.
- Preparación de bancales para siembra directa, semilleros o germinadores, llenado de envases o de contenedores especiales para insertar las estacas.
- Evaluación de las características nutricionales del suelo utilizado como sustrato a fin de planificar el esquema nutricional.
- Siembra de las semillas y/o inserción de las estacas.
- Trasplante (repique), colocación de tutores (si es necesario, podas aéreas y de raíces, trasplantes, preparación de stumps, striplings, endurecimiento. etc.
- Micorrización, más comúnmente asociado con coníferas y eucaliptos.
- Control de plagas y de malezas (pájaros, hongos, nematodos, insectos, etc)
- Definición de los programas de riego y fertilización (regímenes de castigo).
- Protección contra incendios, inundaciones, vientos, heladas, granizos, animales, hongos, insectos,
- Control de calidad de las plantas a producir, embalaje y despacho de las plantas.

#### **1.4.- TIPOS DE VIVERO DE ACUERDO A SU DURACIÓN**

Los viveros forestales pueden ser temporales y /o permanentes, su tamaño depende del número de plantas, las especies y el tipo de planta a ser producidas anualmente. Los viveros temporales producen un limitado número de plantas para uno a tres años aproximadamente, están localizados dentro o cerca del sitio de plantación y puede ser desmantelado en la medida que la plantación procede, minimizando los costos de transporte.

La mecanización de las actividades en los viveros temporales puede ser muy limitada, la limitación de espacio entre las unidades de producción, el costo de maquinaria especializada, la instalación de equipos de riego sofisticados y otras actividades mecanizables están limitadas por los costos con relación a la cantidad de plantas a producir.

La fertilización debe basarse en estudios sobre la condición nutricional del suelo (cuando el material es producido directamente sobre el mismo) o sustrato; en el caso de que se obvie el análisis nutricional, el comportamiento inicial del material vegetal (síntomas de deficiencia de algún elemento) puede dictar la pauta sobre la aplicación de un tratamiento nutricional o un determinado fertilizante. El no tomar en consideración los estudios sobre las propiedades nutricionales del suelo en la aplicación de fertilizantes, puede acarrear problemas en el programa de producción del material, que incide en la calidad del mismo, debido a la aplicación en exceso de fertilizante no aprovechable por la planta, afectar la disponibilidad de algunos nutrientes o producir retardo o sobre-crecimiento en las plantas, aspectos que pueden incrementar los costos de producción y alterar las actividades de plantación.

Otro problema que puede presentarse es la carencia de personal o de supervisión, en algunos casos los costos de transporte del personal pueden ser mayores que los de transporte de material, en ese caso puede ser más conveniente instalar el vivero en un sitio más lejano pero cercano a donde exista suficiente personal obrero para contratar.

En algunos casos, los viveros temporales pueden estar asociados a programas de reforestación con fines conservacionistas y sociales. De esta forma, es factible dividir la producción total de plantas entre varias familias cercanas a los sitios de plantación y que tengan espacio físico en sus predios, así como condiciones de accesibilidad y agua suficiente que aseguren la producción de plantas de calidad. La labor del técnico es asesorar a la red de viveros temporales y proveer asistencia técnica, insumos, abonos, etc.

Este sistema favorece la creación de fuentes de empleo temporal en zonas rurales, el desarrollo de una conciencia conservacionista y puede significar ganancias económicas para los organismos encargados del programa de plantación. Estos viveros normalmente se asocian a programas de pequeños bosques privados en fincas.

En otros casos, los viveros temporales están asociados a contratos de producción de plantas entre organismos públicos y/o privados y técnicos forestales. CONARE en Venezuela ha utilizado este sistema en el caso de programas coordinados con las gobernaciones. El personal técnico de CONARE se encarga del suministro de semillas, inspección técnica periódica a los viveros, control de calidad, etc y el contratista tiene a su cargo el control diario de actividades en el vivero.

La temporalidad del vivero puede estar en función del área total a reforestar; áreas grandes pueden requerir mas de un año de programación y plantación; de la continuidad de los contratos de producción de plantas con los técnicos contratistas; lo cual puede ser función de la calidad del material entregado en la producción anterior, así como de la continuidad de recursos económicos para el programa.

Evans (1992) distingue tres principales tipos de viveros forestales, temporales, permanentes y viveros extensionistas. Los temporales están asociados a pequeños programas de producción y plantación, tienen una duración entre uno a cinco años a fin de satisfacer una necesidad local específica. Los viveros de extensión, generalmente están asociados a programas sociales comunitarios a fin de proveer árboles frutales, plantas de sombra, leña, estantillos, madera con fines artesanales, etc

La localización cercana al sitio de plantación favorece la sobrevivencia de las plántulas, por cuanto las distancias de transporte se reducen disminuyendo el estrés producido por sobrecalentamiento, vientos desecantes pérdidas de sustratos y maltrato entre las plantas por las vibraciones en el proceso de transporte. El costo de transporte disminuye significativamente en la medida que las distancias entre el vivero y la plantación se acortan. En tal sentido, sería recomendable establecer una red de transporte que permita establecer las distancias adecuadas entre el vivero y las áreas a plantar, favoreciendo de esta manera la calidad del material y la disminución de los costos.

Es necesario recordar que existen costos de transporte relacionados con los tiempos de carga y descarga de material, así como el tiempo de retorno, que incrementan significativamente, de éstos los tiempos de retorno en distancias cortas favorecen un mayor rendimiento diario en el transporte de plantas por unidad, debido a la posibilidad de realizar mayor cantidad de viajes. Igualmente, la utilización de pequeños viveros temporales puede disminuir la proliferación de plagas y/o enfermedades fúngicas que podrían afectar significativamente un vivero permanente con una gran producción de material.

Las principales desventajas están asociadas a los altos costos unitarios de producción, producto de las dificultades de mecanización y bajos niveles de supervisión. La carencia de las instalaciones limita la producción de especies que requieren

mayores cuidados o de material propagado vegetativamente, mayores riesgos de daños y la posibilidad de pérdidas de plantas por hurto y daños mecánicos (ganado, humanos, etc) es mayor debido a una menor supervisión.

El vivero permanente está asociado a programas de reforestación continuos y produce grandes cantidades de plantas (entre 100.000 hasta varios millones de plantas por año), puede ser auxiliado por viveros temporales y/o de relevo, en función de la accesibilidad o distancia de algunos sitios específicos de plantación. El diseño y tamaño del vivero debe considerar la mecanización de las actividades, para agilizar u optimizar los procesos de producción. Los altos costos de inversión de un vivero permanente requieren su planificación cuidadosa, en ese sentido es necesario considerar los siguientes aspectos:

### 1.5.- VIVEROS SEGÚN TIPO DE PLANTA QUE PRODUCE

**1.5.1.- Viveros a Raíz Desnuda** (Figura 1A): Las plantas a raíz desnuda son cultivadas a campo abierto, en suelos naturales y por lo tanto, el suelo, el suministro de agua y el clima del sitio donde se encuentra el vivero deben de ser adecuados para el crecimiento de árboles. La tasa de crecimiento de las plantas es fuertemente controlada por el clima donde se encuentra el vivero. Los sitios de calidad son difíciles de encontrar en ubicaciones convenientes, y los buenos terrenos agrícolas son normalmente caros. Generalmente se requiere de una inversión económica considerable para desarrollar un vivero a raíz desnuda, independientemente de su tamaño. Los viveros bajo este sistema de producción son también muy sensibles a las economías de escala. Una vez que el vivero se ha establecido y las operaciones se han iniciado, es muy importante operar bajo niveles cercanos a su capacidad instalada, para lograr costos unitarios de producción razonables. Comparados con los viveros que producen en contenedor, los requerimientos de energía y los gastos asociados son relativamente bajos.

**1.5.2.- Viveros en Contenedor** (Figura 1B): Los viveros que producen en envases pueden ser establecidos en áreas agrícolas con bajo valor comercial, las cuales serían inapropiadas para el sistema de producción a raíz desnuda. La inversión económica requerida varía dependiendo del tipo de infraestructura e instalaciones. Los invernaderos completamente automatizados demandan estructuras y controles ambientales costosos, pero una estructura abierta es más barata. Dado que las plantas producidas en contenedor crecen a mayores densidades, la cantidad de terreno requerido es menor, en comparación con el sistema de producción a raíz desnuda.

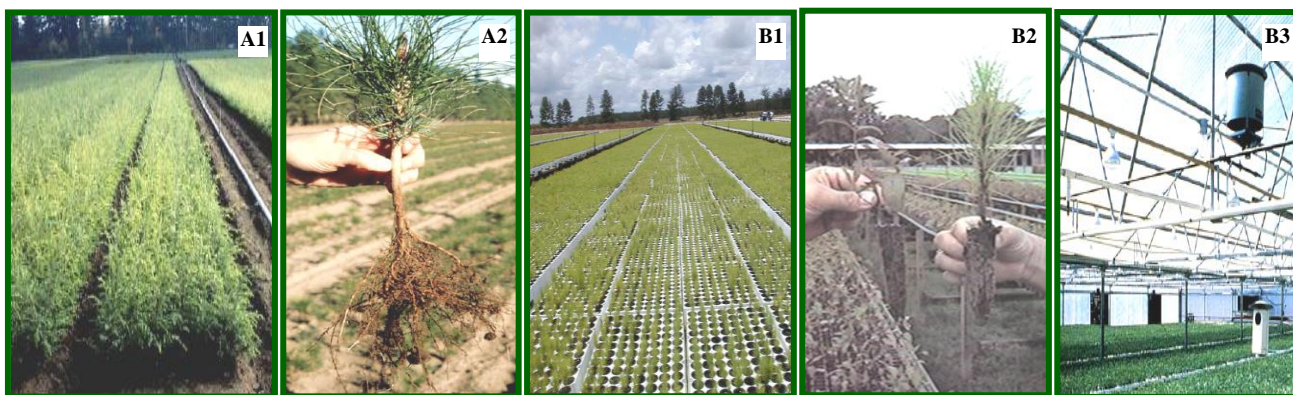


Figura 1. Viveros con producción de Plantas a Raíz Desnuda (A1: bancales; A2: Plántula) y en Envases (B1: Bancales Aéreos; B2: Plántulas; B3: Instalaciones: Riego). Nótese la diferencia tecnológica en cada caso.

Los viveros de contenedor son menos sensibles a las economías de escala y, bajo situaciones extremas, parte o todo el vivero puede ser cerrado para reducir costos de operación. Este tipo de viveros tiene altas tasas de crecimiento, especialmente bajo condiciones ambientales controladas, por lo que los cultivos pueden ser producidos en una sola estación de crecimiento. Desde un punto de vista de negocio, esto significa que los gerentes de los viveros pueden responder rápidamente a los cambios en el mercado. Los cultivos en invernaderos son más confiables de aquellos que se producen a cielo abierto, pero a expensas del consumo de grandes cantidades de energía.

En el Cuadro 1 se indican algunos factores a considerar cuando se establece un vivero para la producción de plantas a raíz desnuda o en envases o contenedores (bolsas, tubetes, etc.). Bajo algunas circunstancias, la instalación de un vivero que produzca plantas tanto en envases como a raíz desnuda puede ser lo más apropiado. Los viveros de contenedores son comúnmente utilizados para cultivar plantas de semillas cuya procedencia es de un alto valor genético, mientras que la producción tradicional se lleva a cabo en bancales expuestos. En lugares donde el suelo del vivero es más adecuado para la producción de especies latifoliadas, las plantas de coníferas deberán ser desarrolladas en contenedores. En otro escenario, la cantidad de tierra arable en un vivero a raíz desnuda puede llegar a ser insuficiente cuando se requiere incrementar la producción de planta, y así el invernadero puede sumarse para complementar la producción. La combinación de un vivero de contenedores y a raíz desnuda es además más flexible a los cambios en el mercado, y puede ofertar un rango muy variado de los tipos de plantas, incluyendo los trasplantes en contenedor.

Cuadro 1.- Factores a considerar cuando se evalúa el establecimiento de un vivero para la producción de plantas a raíz desnuda o en envases.

Aspectos a considerar	Viveros de envases o Contenedores	Vivero de Plantas a raíz desnuda
Latitud/altitud	Mejor para áreas con estaciones de crecimiento cortas: alta elevación o elevada latitud	Mejor para áreas con largas estaciones de crecimiento: bajas latitudes o bajas elevaciones
Inversión inicial de capital	Bajos costos de terreno, pero estructuras y equipamiento pueden ser caros; mínima preparación de la tierra	Costos del terreno significativos y la preparación costosa; costos del equipo varían en función del grado de mecanización
Requerimiento de terrenos	Menor área requerida por la alta densidad de cultivo; bajas tasas de eliminación producen altas cosechas	Mayor demanda de terreno debido a las bajas densidades; grandes tasas de eliminación producen bajas cosechas.
Calidad del suelo	Si se hace uso de sustratos artificiales no es de importancia	Crítico – los factores químicos y físicos deben ser medidos
Cantidad de agua	Se requieren menores cantidades	Se requieren grandes cantidades
Calidad del agua	Es deseable buena calidad de agua, sin embargo, el agua de menor calidad puede ser tratada químicamente	Es necesaria una buena calidad de agua
Mano de obra	Pocos trabajadores altamente capacitados, excepto durante la siembra, la cosecha y el empacado	Una gran cantidad de personal es requerida durante la época de cosecha y empacado
Instalaciones y equipamiento	Variable, desde áreas de cultivo abiertas hasta estructuras muy sofisticadas	Variable, desde trabajos manuales hasta operaciones de alta mecanización
Calidad del germoplasma	Requeridos altos niveles de eficiencia, mejor para semillas de alto valor genético.	Cosechas pobres por cantidad de semilla
Duración de rotación del cultivo	De 3 a 18 meses	De 1 a 4 años

Una vez que la decisión para la construcción de un vivero forestal ha sido tomada, el constructor se enfrenta con el reto que implica la selección del sitio adecuado. Como se mencionó anteriormente, los criterios de selección del sitio para la producción a raíz desnuda son más restrictivos que en contenedor. Los viveros de envases pueden ser ubicados en sitios que serían completamente inapropiados para los de raíz desnuda, dado que las plantas se desarrollan en un sustrato artificial, y mediante estructuras y equipo que son capaces de modificar el ambiente físico.

El objetivo básico de cualquier operación en un vivero, es el de modificar el ambiente natural a fin de que las plantas puedan ser producidas rápida, eficiente y económicamente. Los viveros de contenedor ofrecen el potencial para una considerable modificación ambiental, sin embargo, tanto los costos de establecimiento como los de operación se incrementan con el grado de modificación. El diseño de un vivero para un sitio, no necesariamente será el mejor para otro, la selección por razones de tipo político o económico, frecuentemente fracasan por obviar algunos de los criterios críticos, y estas deficiencias limitan su éxito. Los criterios biológicos para la selección del sitio deberán ser siempre prioritarios.

Los criterios a considerar para la selección del sitio para un vivero en envases pueden ser clasificados como críticos y secundarios, entre los primeros se tiene radiación solar, calidad del agua, servicios económicos y confiables, características del terreno y aspectos ecológicos y políticos, otros criterios de menor importancia son el microclima, mano de obra estacional, accesibilidad y distancia a los mercados

## 1.6.- CRITERIOS BÁSICOS PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO

**1.6.1.- Lugares abiertos:** Se debe considerar la máxima radiación solar durante todo el día. Se debe evitar en lo posible lugares en los cuales se presenten sombras que afecten la productividad, tanto por efectos naturales, colinas, áreas arboladas, áreas de nubosidad permanente, como por edificaciones. En la medida que las plantas realizan más eficientemente la fotosíntesis, es menos necesario el uso de iluminación artificial en la producción. En caso de ser necesario es más fácil y económico proporcionar sombreado al vivero a través de mallas de sombra u otra estructura similar.

### 1.6.2.- Disponibilidad de Agua

**a. Suministro constante de agua de riego de alta calidad:** Las plantas en envase tienen muy poca capacidad de retención de agua, las reservas de humedad están limitadas tanto por el tamaño del envase como por las características de los medios de crecimiento (algunos con texturas medias a gruesas), en razón de ello se requieren de grandes volúmenes de agua, tanto

para el riego como para mantener un nivel de humedad y temperatura adecuado en las áreas de propagación, lo cual puede ser crítico en zonas muy calidas.

**b. Calidad del Agua** esta en función de los materiales suspendidos (sedimentos y plagas) y de las sales que contenga, en el caso de las partículas de sedimentos, estos pueden afectar el sistema de riego, obstruyéndolo o deteriorándolo por abrasividad, las partículas de origen biológico son una fuente potencial de ingreso de enfermedades al vivero, (malezas, hongos, nematodos, etc.), en estos casos se requiere emplear filtros, lo cual incrementa el costo de producción. Las sales que contiene el agua pueden ser dañinas tanto por sus efectos en la planta como en los materiales y equipos de riego (Cuadro 2). En el primer caso el sodio, el cloro, el boro pueden ser tóxicos a moderadas o altas concentraciones, por otra parte, algunos elementos pueden favorecer la formación de costras u oxidación en los aspersores, filtros, etc. Entre los factores a considerar con relación a la calidad del agua se tienen:

**c.- Características Químicas del agua:**

**c.1.- pH:** el rango más adecuado de pH es entre 5,0 a 6,0 valores superiores a seis, generalmente se asocian con iones de elementos básicos que pueden ser tóxicos para la planta, como el sodio o el boro.

**c.2.- Conductividad Eléctrica (CE):** Este índice de salinidad mide la concentración total de iones disueltos, mediante el paso de una corriente eléctrica débil a través de la solución. A medida que se incrementa la lectura las concentraciones de sal en la solución son mayores. El agua de riego debe tener una CE menor a 1,500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**c.3.- Iones tóxicos y metales pesados:** son tóxicos para las plantas, principalmente sodio, cloro y boro, comúnmente evaluados en un análisis rutinario y otros como plomo, cadmio y mercurio que requieren análisis especiales.

**c.4.- Iones complementarios:** Aunque no son tóxicos para las plantas, afectan en forma indirecta la calidad (dureza y alcalinidad) del agua de riego, tales como el calcio, el magnesio, el sulfato) y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ).

**d. Demanda total de agua.** Es necesario considerar las estimaciones sobre la cantidad total de agua de riego necesaria, así como la demanda prevista en caso de planificar la expansión futura del vivero, esta demanda es variable y depende de la capacidad de producción, el sistema de riego, el tamaño del envase, el tiempo de permanencia de la planta en vivero, el clima (determina en parte la frecuencia de riego). Se debe incluir además el agua necesaria para otras operaciones, como uso doméstico, sanitario, etc.

**1.6.3.- Suministro de Energía Confiable y Económica:** es necesario considerar que en función del grado de automatización y control ambiental del vivero se deberá prever con una fuente de energía continua, económica y de alta calidad, para ello se debe conocer el consumo de energía y el voltaje que requieren cada uno de los equipos a instalar (enfriadores, calentadores, sistemas automatizados de riego, luz blanca e incandescente, oficinas, equipos de computación, alumbrado externo, entre otros). Las empresas de servicio eléctrico local pueden proporcionar información sobre la oferta de servicio eléctrico para la zona y la posibilidad de expansión futura y el cálculo de estos requerimientos generalmente es realizado por especialistas en el área (Ing. Electricistas). En la selección del sitio se deben considerar las fuentes locales de suministro de energía, así como fuentes alternativas (Plantas eléctricas, energía solar, uso de gas natural, gasolina, etc.).

**1.6.4.- Superficie del Vivero:** la superficie del vivero deberá prever el área actual de producción y la expansión futura, en general es deseable una superficie al menos el doble del área de producción prevista en la fase inicial. Además de la superficie se deberán conocer las restricciones de uso que aplican, fundamentalmente relacionadas con labores de planificación urbana, restricción al uso de plaguicidas, fungicidas y otros elementos contaminantes. La construcción de lagunas de oxidación puede ser requerida en algunos casos, de allí que habrá que prever la superficie para tal obra.

**1.6.5.- Clima Local:** es otro de los criterios de importancia en la selección del sitio, incluye temperaturas extremas y corrientes de vientos fuertes. Ausencia de empresas o estructuras contaminantes, tales como minas, contaminación urbana. Topografía suave, pero ligeramente ondulada para permitir el drenaje superficial de las aguas de riego en exceso. Accesibilidad, a fin de facilitar el ingreso y egreso de equipos, materiales e insumos para la producción. Distancia a los sitios de establecimiento, en la medida que las distancias de transporte son mayores se incrementan los costos de producción. Mano de obra eventual, las labores de vivero requieren de la contratación de gran cantidad de personal para labores eventuales, principalmente al inicio de la producción como en las labores de despacho del material.

**1.7.- DISEÑO DEL VIVERO E INSTALACIONES PARA EL CULTIVO**

Una vez que el sitio ha sido seleccionado, el siguiente paso para desarrollar el vivero es considerar cuanta modificación ambiental es necesaria para producir un cultivo de plantas de calidad, dentro de un tiempo determinado. Las condiciones de un vivero que produce plantas en contenedor han sido modificadas radicalmente del ambiente natural, por lo que el término es requerido para describir un amplio intervalo de posibles estructuras para el vivero. Se ha utilizado el término ambiente de propagación, ya que es muy amplio y no está limitado a un tipo de estructura en particular o a un sistema de producción. Un ambiente de propagación contiene dos partes que están relacionadas entre sí: el componente atmosférico y el componente edáfico. En la Figura 2 se muestra un esquema de una planta en envase y los dos factores principales, así como los elementos de cada uno que controlan su crecimiento.

Cuadro 2.- Valores deseables de calidad de agua para un vivero con producción de plantas en envases

Índice de calidad del agua	No exceder el límite 1/
pH	6.0 a 7.5
Salinidad (conductividad eléctrica)	1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ( $\mu\text{mhos}/\text{cm.}$ )
Iones tóxicos	50 ppm $\ddagger$ - 2.2 meq 2/
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	70 ppm - 2.0 meq
Cloro ( $\text{Cl}^-$ )	0.75 ppm - N/D
Boro (B)	100 ppm - 5.0 meq
Iones complementarios	50 ppm - 4.3 meq
Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	250 ppm - 5.2 meq
Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )	60 ppm - 1.0 meq
Sulfato ( $\text{SO}_4^{2+}$ )	206 ppm
Iones que causan manchas	
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ )	6.0 a 7.5
Dureza total ( $\text{Ca} + \text{Mg}$ )	206 ppm

1/ Valores para sustratos porosos y bien drenados. 2/ Una parte por millón (ppm) = 1 miligramo por litro (mg/l); la conversión entre miliequivalentes (meq) y ppm varía con el peso atómico y la carga eléctrica del ión. Fuente: Landis, 1999.

### 1.7.1.- Estructura de un Vivero

Una vez definida el área de producción y el área total se debe planificar la construcción del vivero. La forma ideal es cuadrada o rectangular, con las edificaciones en el área central para disminuir los tiempos de viaje y minimizar el acarreo manual de plantas y otros productos. Un vivero permanente debe contener:

- Casa para el supervisor
- Área de depósito para herramientas
- Área de depósito para productos agroquímicos (fertilizantes, herbicidas insecticidas)
- Área de laboratorio (manipulación y almacenamiento de semillas)
- Oficina administrativa para el supervisor o encargado del vivero.
- Galpón para garaje (tractores y equipo de transporte)
- Área de umbráculo para la germinación y aclimatación de plántulas y propagación en caso de producción por estacas.
- Depósito o suministro de agua
- Bomba con toma de agua
- Sistema de riego (aspersión directa o combinada (irrigofertilización))
- Áreas para banales de producción en envases o para estructuras de producción (germinadores).
- Depósitos de tierra y/o de materia orgánica para conformación de sustratos
- Cortinas rompevientos, Cercas, Caminerías principales y secundarias.

En el Anexo 1 se presenta un esquema ideal de un vivero forestal y las principales instalaciones que lo constituyen. Es necesario distinguir en un vivero las diferentes áreas en las cuales se divide, así se tiene el área de producción (área efectiva: banales y umbráculos y área de sendas y caminerías) y el área de instalaciones (oficina, laboratorio, depósito de herramientas, depósito de maquinarias y depósito de productos agroquímicos), ambas conforman el área total del vivero.

La casa del supervisor, encargado del vivero, jefe de vivero o viverista, es opcional, permite que al pernoctar el mismo en las instalaciones del vivero exista un mayor control de las diferentes actividades, así como de imprevistos que puedan suceder. En muchos casos donde las empresas contratan personal de vigilancia y el viverista reside fuera de las instalaciones de la empresa, se excluye su construcción (disminución de costos). De no construir esta casa se debe contar al menos con una oficina administrativa en la cual se puedan realizar labores de supervisión, despacho, compras, ventas y demás controles rutinarios. El área de depósitos para herramientas y materiales dependerá de la cantidad de insumos requeridos para la producción, con acceso restringido en donde deben guardarse las diferentes herramientas utilizadas tanto en las actividades rutinarias como periódicas, el encargado debe llevar un control estricto del inventario de herramientas, salidas de las mismas y su reingreso, así como notificar al personal administrativo de la pérdida, daño o desincorporación de algunas herramientas, entre los materiales y herramientas de uso común en el vivero se incluyen los materiales y equipos para preparación de sustratos (palas, palines, chicoras, escardillas, zarán, cernidoras, mezcladoras), riego (tuberías, aspersores, bombas, aspersores de mochila, mangueras), gaveras para tubetes, tubetes, bolsas, cajas para el transporte de plantas, etc.

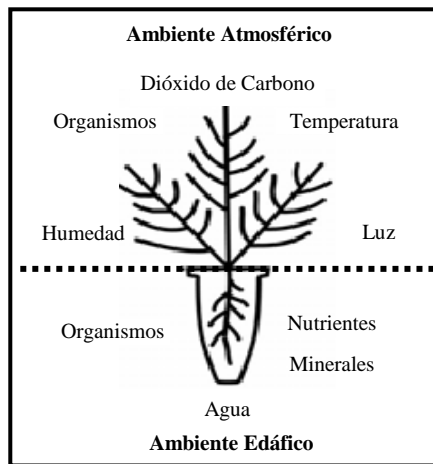


Figura 2.- Factores principales y elementos que controlan el crecimiento de una planta en

La superficie del vivero estará en función del número de plantas a producir al año, del tipo de plantas, de la(s) especie(s) y del tamaño de la misma. Se debe prever el área de ampliación, así como las áreas de acceso y servicios. Una práctica generalizada para el área total es el doble del área de producción, a fin de incluir, calles, pasillos construcciones, etc. El diseño del área de producción debe considerar además del área neta de producción las áreas de acceso y vías de circulación, en ese sentido se pueden considerar los siguientes espaciamientos:

Entre camellones dentro de un cuerpo, 30-60 cm de ancho.

Entre dos cuerpos consecutivos 2-3 metros de ancho

Conjunto de cuerpos separados de otro conjunto, hasta 3-5 metros (Camino Central)

Cuerpos separados por un camino principal, 6 metros de ancho.

El número de bancales por cuerpo deber ser par y múltiplo del número de bancales que moja un aspersor del sistema de riego. Este último debe distribuirse de manera de que su eficiencia sea la máxima, es decir, llevar al mínimo la pérdida de agua (Anexo 2). Los caminos principales y centrales deben tener suficiente espacio para permitir las labores de carga y transporte de material, maniobras de los vehículos de carga y movilización de vehículos en ambos sentidos, así como el acceso y movilización de la maquinaria y equipo especializado para las labores mecanizadas. En la construcción de bancales para la producción de plantas a raíz desnuda realizada por CVG-PROFORCA se siguen los siguientes pasos:

- Previo a la formación del bancal, el suelo debe ararse y rastrillarse (arado cruzado a una profundidad de 30 cm y doble rastrillado). La tierra debe quedar completamente desmenuzada.
- Durante el rastrillado se puede incorporar cal, materia orgánica, humus, fertilizantes. En caso de existir capas de arcilla dura subsolar a una profundidad de 40 cm o más.
- El suelo debe ser franco arenoso con 60-70% de arena, 4-6% de materia orgánica en la capa superficial, se pueden incorporar abonos verdes, lo cual se hace con el arado antes de producir las semillas y unos dos meses antes de la siembra.
- El pH del suelo varía, para pinos entre 4.5 a 5.5 y para latifoliadas entre 5,5 y 6,5.
- Los camellones o eras se construyen entre 15-20 cm por encima del nivel de las caminerías, con 1,2 m de ancho por 20-50 metros de largo y ancho de caminos entre camellones e 50 cm.
- Los camellones se construyen en su longitud siguiendo la dirección de la pendiente, la cual debe estar entre el 1% al 2% para facilitar el drenaje superficial.

En las últimas décadas se ha incrementado significativamente el uso de envase (container o contenedores) de polietileno, los cuales son reusables, garantizan un eficiente sistema de enraizamiento, disminuyen el volumen de sustrato requerido y los costos de mantenimiento y poda de raíces así como pueden ser mas fáciles de manipular y trasplantar. Como consecuencia de su implementación las tecnologías para la construcción de bancales han sufrido modificaciones pasando del vivero tradicional (permanente o en camellones) a estructuras aéreas sobre las cuales se apoyan los contenedores, bien de manera individual o en gaveras especialmente diseñadas a tal fin. La construcción de estas estructuras aéreas puede ser con diferentes materiales, las bases pueden ser de cemento, bambú, madera tratada, hierro, etc y el área de apoyo de los contenedores puede ser de malla de alambre, malla plástica, entramado en laminas de hierro o acero, etc.

Finalmente, en un vivero permanente es necesario considerar el área que ocupara el umbráculo, estos son zonas que se utilizan para dosificar la luz en aquellas especies que así lo requieren y para la aclimatación de plántulas provenientes de regeneración natural, cuando es factible utilizarla en la producción a mediana escala (por ej. fresno y pino laso). El umbráculo puede ser natural (árboles), de sombra fija, en el cual la dosificación de luz se hace moviendo el material vegetal

desde zonas de mayor penumbra a áreas más claras y de sombra móvil, en la cual la estructura permite eliminar paulatinamente la sombra a las plantas hasta dejarlas expuestas completamente al sol. El material comúnmente utilizado para producir sombra es malla zarán o antiáfido, preferiblemente de color verde.

**1.7.2.- FACTORES ATMOSFÉRICOS:** Los principales factores del ambiente atmosférico son: luz, temperatura, humedad y dióxido de carbono. Los factores ambientales son fuertemente determinados por la ubicación geográfica y por el tipo de instalaciones del vivero y deberán considerarse al momento de la selección del sitio y de la construcción de las estructuras para la propagación. El clima local determinará si las estructuras serán a campo abierto (clima favorable), una estructura de propagación con cubierta sencilla o un invernadero completamente automatizado (condiciones ambientales restrictivas).

**1.7.3.- FACTORES EDÁFICOS:** Incluye los nutrientes minerales y el agua, los primeros son independientes de la ubicación del vivero y pueden ser manipulados según el tipo de envase, el sustrato y las prácticas culturales, mientras que los dos factores principales, los otros como se mencionó anteriormente requieren el análisis de la calidad y cantidad de agua potencialmente utilizable para las labores de propagación y otras labores. La planta producida está en contacto directo con dos medios, el atmosférico, inmediato a la parte del crecimiento vegetativo de tallo y hojas y el edáfico, que rodea el sistema radical, ambos medios contienen elementos que determinan el comportamiento de la planta en el vivero. Las estructuras muy modernas están diseñadas para eliminar o minimizar los riesgos de los factores bióticos, a través de la esterilización adecuada del medio de crecimiento, tanto el físico como ambiental.

**1.7.4.- FACTORES BIÓTICOS.** Tanto los componentes atmosféricos como edáficos contienen otros organismos que pueden afectar el crecimiento de la planta tanto positiva como negativamente. Muchos de los elementos bióticos pueden ser controlados para evitar su propagación, como en el caso de plagas y enfermedades o incrementar su eficiencia, como la inoculación de sustratos con hongos micorrízicos.

**1.7.5.- TIPOS DE ESTRUCTURAS DE PROPAGACIÓN (Figura 3):**

**a. Ambientes Completamente Controlados:** Son estructuras que contienen todos los equipos para el control ambiental, manteniendo en óptimo los factores limitantes, los más completos son las cámaras de crecimiento, utilizadas principalmente para pruebas de germinación. Los Invernaderos, es el método tradicional para la producción de planta en envase, y pueden estar equipados completamente para controlar el ambiente de propagación. Difieren de las cámaras de crecimiento en que utilizan radiación solar, la cual es “atrapada” dentro de una estructura transparente para convertirla en calor (efecto invernadero). El inconveniente de la cubierta transparente es que los invernaderos tienen inherentemente un bajo nivel de aislamiento y requieren de equipo tanto para un buen calentamiento como enfriamiento, así como equipos especiales para controlar foto-periodo (en función de las exigencias de las especies), irrigación-fertilización (control de agua y fertilizantes).

**b.- Ambientes Semi-Controlados:** Controlan ciertos parámetros del ambiente, incluyen los invernaderos de paredes laterales móviles, las que pueden moverse por métodos mecánicos o automatizados para usar las condiciones ambientales favorables del sitio y reducir los costos de automatización (enfriamiento, calentamiento). Igualmente el techo puede moverse para favorecer el incremento de la entrada de luz natural. Los Invernaderos de arcos y túneles, que favorecen un calentamiento más rápido en los periodos fríos, las casas de sombra, las cuales son de uso común en áreas tropicales y la dosificación de luz puede lograrse a través de la porosidad del tipo de mallas (25, 50, 60 y 75%) de entrada de luz, estas casas suelen tener algún tipo de estructura de control (fertilización).

**c.- Ambientes Natural:** En estas estructuras, las plantas dependen más de las condiciones ambientales externas, son adecuadas para climas cálidos, relativamente homogéneos, el control de plagas y enfermedades se realiza con cubiertas protectoras, grava en el suelo o coberturas plásticas y es posible utilizar estructuras para riego y fertilización. El Cuadro 3 presenta algunas características de materiales usados como cubiertas en estructuras de propagación, y el Cuadro 4 indica las potencialidades para controlar los factores limitantes en diferentes ambientes de propagación.

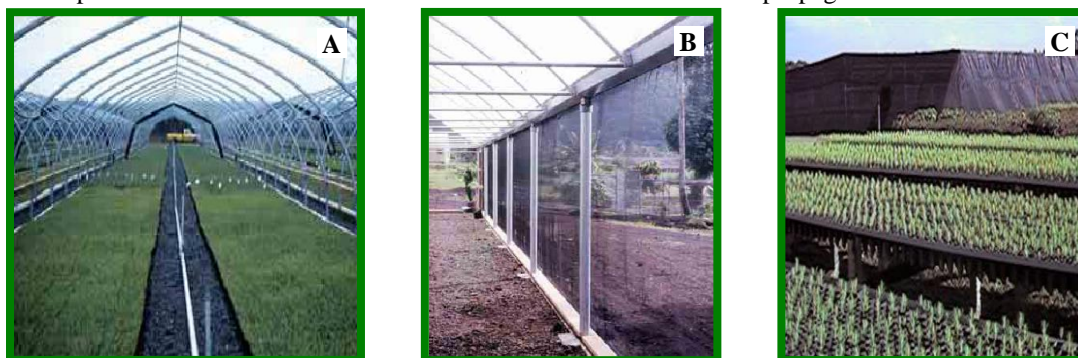


Figura 3.- Tipos de estructuras de propagación según el nivel de control ambiental: A: Totalmente Controladas; B: Semi-Controladas y C: No controlada (Ambiente natural).



Cuadro 3.- Características de diferentes cubiertas en estructuras de propagación.

Material de Cubierta	Consideraciones de Operación		Luz <sup>1/</sup>	Calor	Vida Útil	
	Ventajas	desventajas	(% RFA)	(%)	(Años)	
Material Rígido	Vidrio(*)	Excelente transmisor, resistente a variaciones climáticas y degradación	Baja resistencia a impactos, caro y pesados	88 75-80 91-94	3 <3 <3	>25 >25 >25
	Poliestireno Reforzado ** (Fibra de Vidrio)	Bajo costo, fuerte, fácil de instalar	Degradable con el tiempo, se decolora, altamente inflamable	90 60-80	<3 ---	10-15 7-12
	Acrílico **	Excelente transmisor, resistente a variaciones climáticas y fácil de instalar	Se ralla fácilmente e inflamable	93 87	<5 <3	>20 >20
	Polycarbonato	Resistente, poco inflamable	Se ralla fácilmente, inestable	91-94 83	<3 23	10-15 10-15
	Cloruro polivinilo	Durable, poco inflamable, resistente al impacto	Baja transmisión de luz, vida corta, afectado por los UV	84	<25	>10
	Material Flexible	Polietileno	Barato y Fácil de Instalar, disponible en variedad de dimensiones	Vida útil corta, afectado por temperaturas altas.	<85	50
Poliéster Intemperizado		Transmisión excelente, durable, no afectado por variaciones térmicas	Medidas limitadas, baja resistencia al impacto y costoso	85-88	30	7-10
Fluoruro de Polivinilo		Excelente transmisión, resistente al impacto y a los UV, muy durable	Fácil de rasgar, caro, poca variedad en medidas	92	21	>10

1/:RFA: radiación fotosintética activa; \* Los valores son referidos a un vidrio de doble resistencia, aislante y a paneles de la marca Solatex®, respectivamente; \*\* Los valores para el poliéster reforzado con fibra de vidrio, acrílico y polycarbonato son para paneles de una capa y de dos capas, respectivamente.

Cuadro 4.- Potencial para controlar los factores limitantes en diferentes ambientes de propagación.

Factores limitantes	Tipo de ambiente de propagación		
	Mínimamente controlado	Semi-controlado	Completamente controlado
<b>Atmosféricos</b>			
Alta temperatura	No	Parcial	Si
Baja temperatura	No	Si	Si
Humedad	No	Parcial	Si
Foto-período (luz)	Si	Si	Si
Fotosíntesis (luz)	No	Si	Si
Calidad de luz	No	Si	Si
Dióxido de carbono	No	Parcial	Si
Plagas y enfermedades	No	Parcial	Si
<b>Edáficos</b>			
Agua	Si	Si	Si
Nutrientes minerales	Si	Si	Si
Enfermedades	Si	Si	Si

**1.7.6.- Instalaciones de Servicio:** El diseño del vivero debe prever tanto el diseño del área de producción (área cubierta con plantas), como el área de servicios, caminerías, depósitos, entre otras. El costo de la planta es un reflejo de la eficiencia en el diseño del vivero, todos los espacios que no están en producción se consideran un costo imputable al costo unitario/planta. El tamaño del envase, principalmente el área que ocupa cada uno o la bandeja; en el caso de bloques, es uno de los factores

más importantes en la determinación del área de producción o de la capacidad de producción del vivero. Se puede utilizar un solo tipo de envase o diferentes tipos, según las exigencias de cada especie a producir y en función de ello determinar las estructuras de soporte, como mesas, bancales fijos, móviles o rodantes, que permiten diferentes niveles de automatización.

En el caso de sistemas de producción a campo abierto, los bancales generalmente son divididos en cuerpos o secciones cada uno de los cuales contiene un determinado número de bancales, su longitud, ancho y espaciado entre bancales (camino principales y secundarios) estará en función de las posibilidades de mecanización, la capacidad de cobertura del sistema de riego, el acceso a los trabajos de vivero y de si la producción se realizara en envases o a raíz desnuda. En el caso de invernaderos controlados, se debe considerar una adecuada distancia de la planta a los equipos de calentamiento o enfriamiento. Así como a los flujos de aire que circulan por las paredes.

Las instalaciones de un vivero exitoso deberán incluir un área principal de operaciones, instalaciones de almacenamiento y oficinas de apoyo para los trabajadores, así como proveer una vía práctica de acceso a herramientas, equipos y suministros. La construcción principal de servicio en la estructura de producción es conocida como área principal de operaciones, dependiendo del tamaño y sofisticación del vivero, esta área proporciona muchos servicios tales como: Ubicación y Protección del equipo para el control ambiental, incluyendo el panel eléctrico, equipos de cómputos, válvulas y encendido del sistema de riego, almacenamiento de materiales y equipo, sirve como área de trabajo durante la siembra o el empaquetado, provee un área para la oficina, baños y comedor y funciona como área de reparación. Si los plaguicidas deben ser almacenados en esta área, entonces deberán colocarse en un cuarto separado, que sea diseñado apropiadamente para minimizar posibles derrames y contaminación.

El área deberá diseñarse de forma tal que tanto los materiales como el personal puedan moverse eficientemente en todas las diferentes operaciones que se realizan, con un mínimo de manejo extra y cruces de tráfico. Los requerimientos del espacio para el área de trabajo deben dejar espacio adecuado para que los trabajadores y el equipo puedan operar segura y eficientemente durante todas las diferentes actividades y períodos de trabajo que se realizan en el vivero: envíos, recepciones, siembra, clasificación y empaquetado, y mantenimiento. Todo el equipo deberá ser portátil, de forma tal que pueda ser almacenado cuando no se utiliza. Los pisos deberán ser de concreto, y si será utilizado equipo de manejo para materiales pesados dentro de las instalaciones del área principal de operaciones.

#### **1.7.7.- Determinación de la Superficie de producción**

Para el cálculo de las superficies de producción es necesario conocer especie(s) a producir, el método de producción (sexual -asexual), técnica de producción (cepellón, raíz desnuda), diámetro del envase y número de envases por m<sup>2</sup>, distanciamiento entre plantas; en el caso de siembra directa en el suelo y plantas por m<sup>2</sup> así como qué cantidad de plantas por año o turno de rotación. Esta última interrogante es de importancia fundamental, ya que se debe contar con los estimados de máxima producción requerida o de máximas cuotas de plantación a fin de planificar el diseño del vivero y sus posibilidades de ampliación futura. Es preferible mantener parte del área de producción ociosa en algunos años con cuotas de plantación menores que establecer nuevos viveros o adquirir plantas a terceros cuando las cuotas de plantación son máximas.

El viverista debe participar activamente en la planificación de las labores de plantación, ya que la sincronización de ambas garantiza el éxito. La planificación en el tiempo garantiza tomar las previsiones necesarias para adecuar las superficies de producción a las necesidades de plantas para la plantación comercial (Esta planificación debe incluir superficies estimadas a plantar por año y por especie, cambios en las estrategias de producción, adaptación a nuevas tecnologías, etc.

#### **1.7.8.- Características de las especies a producir**

Las características de las especies a producir son de importancia fundamental en el proceso de toma de decisiones, recuérdese que por tratarse de un ser vivo, las posibilidades de manipulación o respuesta están limitadas a la rigidez o plasticidad de la especie, por ejemplo, muchas especies de coníferas y latifoliadas son producidas de manera eficiente en el suelo y posteriormente son cosechadas a raíz desnuda, mientras que otras especies como los eucaliptos son más susceptibles al maltrato físico inicial. Igualmente mientras unas especies son más eficientes para ser propagadas por métodos asexuales (principalmente estacas), en otras la silvicultura clonal resultaría impráctica o muy costosa. El tamaño de la semilla o fruto puede limitar la utilización de envases de pequeño diámetro, la variación en el crecimiento inicial igualmente puede determinar que unas especies requieran mayor tiempo de permanencia en el vivero que otras o requieran mayor espaciado inicial entre plantas.

En algunos casos, debido a las características de tamaño y germinación de las semillas, o a la calidad del lote puede ser necesario realizar pregerminación y trasplante, razón que obliga a prever estas áreas para germinadores. Una vez definidos los aspectos técnicos más adecuados para que la planta pueda expresar su potencial genético y determinado el número de plantas a ocupar por m<sup>2</sup>, se determina el área de cada bancal, el ancho del mismo debe ser lo suficiente que maximice la producción de plantas por bancal, pero que a su vez permita las labores culturales (repique, limpieza, fertilización, etc), bancales de 1 a 1,20 m de ancho facilitan las labores culturales por ambos lados, ya que cada jornal debe manipular un área con un radio de 50-60 cm, radios mayores pueden causar ineficiencia en las labores culturales aplicadas a las plantas de la parte central. Sin embargo, en el caso de producción mecanizada el ancho se puede incrementar hasta 1,5 m.

### **1.7.9.- Características de los Bancales**

Se entiende como bancales a las unidades básicas de producción de un vivero, estos pueden presentar diferentes características, por lo general asociadas al tipo de planta que se quiera producir, en tal sentido se pueden tener bancales con diferentes características. Se conocen diferentes tipos de bancales entre los cuales se tienen:

#### **a.- Tipos de Bancales**

**a.1.- Tipo Camellón o Lomo de Perro:** en este tipo de bancal las características de los suelos donde se establecerá el área de producción son importantes, ya que ellos serán los que soportarán el crecimiento de las plantas; este tipo de bancales tiene su principal uso cuando se producen plantas a raíz desnuda (completa, stump, stripling). Implica una siembra con un distanciamiento definido en función de las especies, incluyendo además bancales germinadores para suplir las fallas de la siembra en los bancales de producción.

**a.2.- Bancales de Envases de polietileno:** en este caso, el suelo del área de no es un factor limitante, pues al usar envases se tiene la posibilidad de conseguir un sustrato con buenas características físicas para el llenado de los envase, por lo general se conforman directamente sobre el suelo con el uso de cabillas y alambre, procediendo posteriormente al llenado de los mismo con los envases llenos. Un factor importante puede ser el uso de una capa de granzón o piedra picada para evitar el encharcamiento o anegamiento del área de producción, lo cual puede afectar las faenas de cultivo.

**a.3.- Bancales aéreos o en suspensión:** se asocian generalmente con la producción de plantas en envases de plástico sólido (Tubetes), implica la construcción de una estructura tipo mesón, colocando en la parte superior una malla o gavera que contenga los tubetes, presenta como ventaja un mejor aprovechamiento del área de producción, en vista de que los contenedores presentan menores dimensiones (3 a 6 cm de diámetro), también favorecen la poda de raíces, pues al estar suspendidos los tubetes, cuando las raíces superan la longitud de los mismos, quedan en contacto directo con el aire, provocándose se desecamiento y caída natural. La principal desventaja la puede constituir los costos de establecimiento (inversión inicial), sin embargo, al reutilizar los contenedores, con el tiempo se puede pagar la inversión.

**b.- Dimensiones de los Bancales:** El largo del bancal estará en función de las características del terreno y la posibilidad de mecanización, bancales muy largos disminuyen la movilidad del personal obrero y técnico. Tradicionalmente un largo entre 5 a 20 metros ha sido utilizado, sin embargo, hoy día la tendencia en algunos grandes programas de plantación es incrementarlo hasta los 50-80 m. En el caso de los viveros de PROFORCA, los bancales tienen una longitud aun mayor, aproximadamente 100 metros.

El ancho del bancal debe estar en función de la facilidad de maniobrabilidad del personal cuando realiza labores de producción, especialmente el control de malezas y la clasificación del material vegetal. Anchos mayores de 120 cm pueden disminuir la eficiencia de las labores, pues se estima que una persona con lo brazos extendidos puede abarcar fácilmente entre 50 y 60 cm, en tal sentido, anchos entre 100 y 120 cm pueden ser los más adecuados.

**c.- Estructura de los bancales.** La estructura del bancal puede ser permanente o no, en el primer caso, por ejemplo, el vivero del Instituto de Investigación para el Desarrollo Forestal (INDEFOR), la estructura es permanente y construida en forma de canchales o camas con paredes de ladrillos, otra posibilidad es utilizar formaletas o cajas de cemento, similares a las de los invernaderos del INDEFOR, y cuyo uso es más restringido como bancales de germinación. En estos casos debe colocarse una capa de granzón o arena con diferentes tamaños para facilitar las labores de drenaje y escorrentía o la utilización de tuberías perforadas.

En otros casos la estructura del bancal es con base en camellones, que se construyen con tierra (camellón o lomo de perro) que sobresale entre 10-20 cm del terreno y se utilizan para producción de material a raíz desnuda. En algunos casos es posible construir bancales de trasplante utilizando materiales de bajo costo como estacas de madera o cabilla y alambre dulce, en este caso, las estacas se colocan en el perímetro del bancal y se unen entre si por hilos de alambre, posteriormente se colocan los envases cuidadosamente de manera que se mantenga la uniformidad de envases por metro cuadrado.

### **1.8.- CONTROL DEL AMBIENTE Y EQUIPO PARA LA PRODUCCIÓN**

La producción exitosa de plantas en envases requiere el control de al menos seis factores que determinan el crecimiento de la planta: Temperatura, Humedad, Luz, Dióxido de carbono, Agua y Nutrientes minerales. En los métodos de producción tradicional es fácil el control de riego y fertilización, y en menor grado la luz y la temperatura, en contraposición, las plantas producidas en envases; por crecer en alguna estructura de propagación, pueden controlar los seis factores antes citados. El grado de control depende del tipo de estructura y del equipo para el control ambiental con el que se cuenta.

**1.8.1 Temperatura:** El control de temperatura puede darse por enfriamiento o calentamiento, el primer caso puede ser controlado por la frecuencia de riego (producción a campo abierto), por la utilización de sombras o cortinas laterales que pueden levantarse o por equipos especialmente diseñados a tal fin, tales como ventilación por convección, ventiladores y enfriamiento por evaporación. El calentamiento del ambiente de propagación se puede lograr mediante calentadores de vapor o agua caliente, calentadores de aire o calentadores infrarrojos.

**1.8.2.- Humedad:** Su control puede ser direccionado hacia su incremento o disminución, el primer caso es más común en lugares calidos y utiliza sistema de riego tradicional o sistemas de nebulización al vapor o por gotas finas. La disminución de la humedad puede lograrse mediante con la apertura de ventanas o por la instalación de camas calientes tuberías, etc.

**1.8.3.- Luz:** Existen tres propiedades de la luz que requieren ser modificadas en un vivero forestal: intensidad, calidad y duración. La calidad incluye el uso de luz blanca e incandescente, con diferentes longitudes de onda requerida para las plantas, la cantidad de luz puede regularse mediante mallas de sombra (disminución) o luz eléctrica adicional para acortar el periodo de oscuridad y la duración a través del uso de relojes, timers, etc., que la controlan (on-off) automáticamente.

### **1.9.- ENVASES TIPOS Y FUNCIONES**

La producción de plantas de especies forestales en envase es una innovación relativamente reciente. A las plantas que se desarrollan en envases se les denomina como *cultivadas en envase* o *plantas en contenedor*. La función primaria de cualquier envase es la de contener una pequeña cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero. Sin embargo, los envases para especies forestales deben cumplir con otras funciones que reflejan los requerimientos especiales para plantaciones forestales comerciales o de conservación. Algunas de tales características dan forma al crecimiento de la planta en el vivero, como es el caso del diseño de propiedades para evitar un crecimiento radical en espiral. Otras características operativas de los envases están relacionadas con consideraciones económicas y de manejo, tanto en el vivero como en el lugar de plantación.

La calidad de una planta forestal está determinada por su aptitud una vez que está plantada, en función de su sobrevivencia inicial y de su desarrollo subsecuente. La sobrevivencia y desarrollo posterior de las plantas de especies forestales están directamente relacionados con la capacidad del sistema radical para regenerar con rapidez nuevas raíces (esto se conoce como **potencial de crecimiento radical**, o PCR), y para crecer en el suelo que rodea al cepellón. Por esta razón, muchas características de los envases han sido diseñadas para promover el desarrollo de un buen sistema radical en el vivero, y para proteger estas raíces hasta la plantación. La salud y vigor relativos del sistema radical, también son reflejados en la morfología y crecimiento de la parte aérea de la planta, y por esta razón muchas de las características de los envases, fueron diseñadas para promover esta relación raíz/parte aérea.

**1.9.1.- Tamaño del envase.** El "mejor" envase para las plantas de un cultivo particular, depende tanto de factores biológicos como de factores económicos. Entre los primeros se incluyen el tamaño de la semilla o estaca (especie), el tamaño deseado para la planta, el tiempo previsto de permanencia en vivero, el tipo de y las condiciones ambientales del sitio de plantación. Desde el punto de vista económico, las consideraciones primarias son el costo inicial, la disponibilidad del contenedor, y la cantidad de espacio disponible para el cultivo. El tamaño del envase significa volumen, pero esto incluye la altura, diámetro y forma. En general, tanto más grande sea el contenedor, más grande será la planta que puede ser producida en él. La biomasa seca de raíces, parte aérea y total es afectada por el tamaño del envase, sin embargo la relación entre las parte aérea y la radicular no. Desde el punto de vista económico los envases grandes requieren mas espacio, mayor periodo de tiempo en vivero para permitir que las raíces ocupen el espacio del envase y mayores costos de transporte y plantación. De allí que la decisión final debe considerar ambos aspectos (biológico y económico). La altura del envase es un factor importante, debido al efecto que ejerce sobre las propiedades de almacenamiento de agua del sustrato, no obstante, para el incremento en la densidad de raíces, el diámetro del es más importante que la altura.

**1.9.2.- Espaciamiento entre envases.** La distancia entre las celdas individuales en el bloque donde se ubican los envases determina la densidad de plantas y es una de las características más importantes del envase, que afectan el crecimiento de las plantas. No obstante, el arreglo espacial de las celdas dentro del bloque también tiene Implicaciones económicas. Las plantas forestales requieren de una cierta cantidad mínima de espacio de crecimiento, el cual varía con la especie y la edad. Por otra parte, los viveristas necesitan producir el número máximo de plantas por unidad de área de espacio de crecimiento. En general, la calidad de la planta producida en envase aumenta con la reducción de la densidad de crecimiento.

El espaciamiento entre envases también tiene otras implicaciones biológicas y culturales en el crecimiento de la planta. A menor densidad de envases la radiación fotosinteticamente activa en la parte mas bajas de las copas es mayor, la temperatura del es mas baja y hay una mayor penetración del riego y fertilizantes. A mayor densidad aumenta la temperatura del sustrato, la humedad relativa, la escasez de luz y por consiguiente, la incidencia de enfermedades fúngicas a nivel foliar, ya que las hojas más bajas son más débiles y susceptibles al ataque de hongos del suelo y foliares. En el Cuadro 5 y las Figuras 4 y 5, se muestra la influencia de la densidad de siembra en envase sobre algunas características de la planta.

**1.9.3.- Diseño de características para controlar el crecimiento de la raíz.** Uno de los problemas más serios en el cultivo de plantas forestales en envases, es la tendencia de las raíces a crecer en espiral sobre la superficie interna del envase. El crecimiento en espiral de la raíz no afecta adversamente el crecimiento mientras la planta permanece en el vivero, pero después de la plantación puede reducir seriamente su calidad, debido a inadecuado establecimiento de las raíces en el suelo por pérdidas de verticalidad y estrangulamiento

El problema de espiralamiento de la raíz ha sido parcialmente resuelto con el diseño de envases con crestas, costillas o ranuras orientadas verticalmente, que sobresalen en el sustrato y representan un obstáculo para el crecimiento radical en espiral. Estas costillas interceptan a las raíces que están creciendo en espiral y las obligan a desarrollarse hacia abajo, hacia la perforación de drenaje, donde detienen su crecimiento a causa de la baja humedad y donde al contacto con el aire se podan. Otro factor que es importante considerar es la textura de superficie interna del envase, en envases con texturas rugosas, las raicillas tienden a internarse dentro de las ranuras, causando dificultades en la extracción de la planta, de no realizarse una adecuada esterilización del envase, se puede incrementar las poblaciones de hongos pudridores de raíz que afectan las plantas a producir en las siguientes cosechas. De allí que las texturas deben ser lo más lisas posibles.

**1.9.4.- Propiedades del envase que afectan el contenido de humedad del sustrato.** Las relaciones de humedad están afectadas por la altura del envase, la permeabilidad de sus paredes y la perforación de drenaje de la parte basal del mismo. A mayor altura del envase deberá contener una mayor proporción de bien drenado. Debido a que atrae las moléculas de agua se crea una franja de humedad de sustrato que depende del tipo de y la altura del envase. La permeabilidad del envase igualmente impide o facilita el movimiento lateral del agua y las sales minerales, en envases permeables como papel o malla las relaciones de humedad puede ser similar a las presentes en plantas sembradas directamente en el suelo o una bandeja de sustrato sin envases, de allí que puede ser conveniente utilizar sustratos con una textura más gruesa que facilite el drenaje del exceso de agua.

La perforación en el fondo del envase permite drenar el exceso de agua y el lixiviado de sales minerales de los fertilizantes. Perforaciones muy grandes dificultan el llenado y permanencia del sustrato, mientras que las muy pequeñas tienden a taponarse por efecto de la malla de raíces que se forma. Otra función de las perforaciones de drenaje es forzar al sistema de raíces a la poda aérea cuando ésta alcanza el fondo del contenedor. Sin embargo, los beneficios de estas perforaciones de drenaje se pierden si no se garantiza una corriente de aire bajo el contenedor.

**1.9.5.- Propiedades de los envases que afectan la temperatura del sustrato.** El color y las propiedades aislantes de los materiales con que están constituidos los envases afectan la temperatura del sustrato y, por lo tanto, el crecimiento de la raíz. Estas características pueden ser muy importantes en viveros situados en lugares de alta incidencia solar o de bajas temperaturas. Las elevadas temperaturas en la raíz pueden inhibir su crecimiento y aún provocar la muerte de la planta y la tolerancia al calor en las raíces varía entre las diferentes especies vegetales, y aún entre variedades de las mismas especies. La absorción de calor es una función del color del contenedor; con colores oscuros se absorbe más energía solar que con los colores claros. Los envases hechos de material aislante grueso, como el poliestireno expandido, pueden conducir menos calor que los materiales plásticos delgados. De allí que pueden ser muy útiles en regiones con altas temperaturas, caso contrario, en zonas muy frías, los envases muy delgados pierden más rápidamente el calor y exponen más las raíces a los efectos negativos de bajas temperaturas. En el Cuadro 6 se presentan algunos tipos de envases y los materiales con que son construidos, y en la Figura 6 se ilustran algunos ejemplos.

#### **1.10.- CARACTERÍSTICAS QUE AFECTAN LAS OPERACIONES EN VIVERO Y DE PLANTACIÓN.**

Además de las características que afectan el crecimiento de la planta, existen otros atributos de los envases como el tamaño, que afectan aspectos operativos en los procesos de vivero y en el de la plantación. Debido a que ningún envase es ideal para todos los propósitos, el viverista ha de considerar todas las diferentes características durante el proceso de selección del contenedor. Las actividades del vivero y de plantación, deben ser consideradas totalmente durante el proceso de selección del contenedor. El tamaño del envase y el espaciamiento, pueden determinar el diseño de las mesas y, por tanto, la producción de plantas por unidad de superficie de crecimiento. El volumen y la forma del envase influyen en el tipo de sustrato a usar, así como el tipo de equipos de llenado y siembra. A causa de los efectos del envase en el contenido de humedad del sustrato, los sistemas de fertilización y de irrigación. Deben ser considerados durante el proceso de selección del contenedor, ya que envases con gran volumen y su inherente baja densidad de plantas en crecimiento, resultarán en un crecimiento más rápido, pero con una producción por unidad de superficie. Los atributos del envase también afectan otros aspectos del proceso de reforestación, incluyendo desde la recolección de la semilla hasta la plantación. El tamaño de la semilla se debe considerar: especies de semillas grandes (chachafruto, palmas, carapa) requerirán envases más amplios que las de semilla pequeña. El manejo, transporte y almacenamiento, también son afectados por el tamaño de los envases, las plantas en envases de gran volumen, implican mayor dificultad para manejarse en cada etapa de los procesos de cosecha, almacenamiento y plantación.

El tamaño y la forma del envase, también pueden afectar el tipo de herramienta a emplear para la plantación y otras operaciones logísticas en el sitio de plantación, porque si son grandes, pocas plantas pueden ser empaquetadas por caja de embarque, o cargadas por bolsa de plantación. Una vez que el envase es seleccionado y las actividades del vivero y reforestación son diseñadas en relación a éste, comienza a aumentar la dificultad para cambiar los tipos de envase o cualquier otra parte del equipo o instalaciones.

Cuadro 5:- El espaciamiento entre envases genera diferentes densidades de crecimiento y afecta la morfología y el peso de la planta de *Pseudotsuga menziesii* con 5 meses de edad.

Espaciamiento	Densidad de Crecimiento	Altura	Diámetro	Peso Seco al Horno		Relación Tallo/Raíz
				Tallo	Raíz	
6.0	270	11,0 a	1,93 a	0,67 a	0,45 a	1,5 a
4.3	540	11,9 b	1,80 b	0,62 b	0,33 b	2,0 a
3.5	810	11,6 ab	1,71 c	0,50 b	0,30 b	1,8 a
3.0	1 080	16,3 c	1,68 c	0,57 b	0,26 b	2,3 b

Las letras indican los grupos según la prueba de rangos múltiples de Duncan con P=0.05

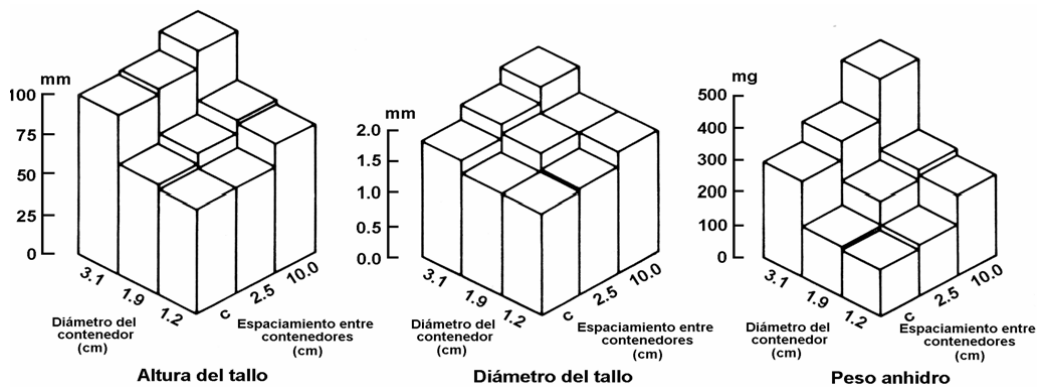


Figura 4.- El tamaño (diámetro) del envase así como el espacio entre envases, dictan la densidad de crecimiento en el vivero, que a su vez afecta la altura del tallo, el diámetro y el peso anhidro de la planta (Scarratt, 1972).

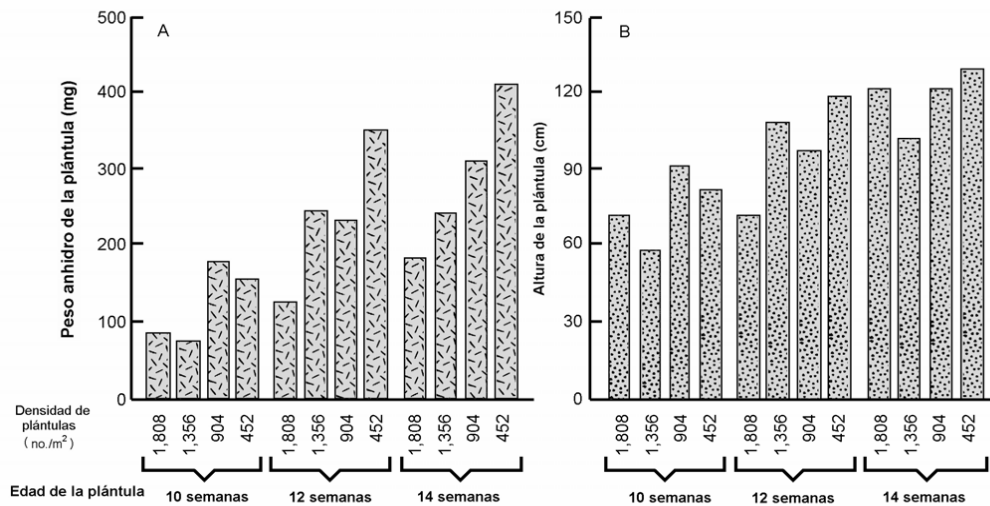


Figura 5.- Aunque el peso anhidro y la altura de plantas de *Pinus taeda* (loblolly pine) en envases son afectados por la densidad de crecimiento, la altura es menos afectada conforme las plantas alcanzan mayor edad (adaptada de Barnett y Brissette, 1986).

**1.10.1.- Costo y disponibilidad.** El costo y disponibilidad de los envases frecuentemente son los factores que determinan la selección. Gastos asociados, como los costos de embarque y almacenamiento, deben ser contemplados, además del precio del contenedor. Muchos envases solamente son producidos en un lugar y los costos de transporte aumentan en proporción directa a la distancia que se está de la fábrica; otros, son producidos y distribuidos desde varias localidades o fabricas, y por tanto están ampliamente disponibles. La disponibilidad a largo plazo también ha de considerarse durante el proceso de selección, para prever que exista una amplia oferta de envases a futuro. Cuando se realiza un análisis económico de diferentes tipos de envases, también deben ser considerados el costo total de la producción de planta, incluyendo la densidad de cultivo de las plantas, la cantidad de sustrato requerido, y el valor de las plantas producidas.

**1.10.2.- Durabilidad y reutilización.** Los envases deben ser lo suficientemente durables para mantener la integridad estructural y contener el crecimiento radical durante el período de vivero. En los viveros, el intenso calor y los rayos ultravioleta pueden causar quebraduras en algunos tipos de envases de plástico aunque en la actualidad muchos de ellos contienen filtros ultravioleta. La durabilidad es especialmente importante cuando se consideran envases biodegradables, ya que éstos deben ser durables en las típicas condiciones de humedad de los invernaderos, y además deben degradarse en un período de tiempo razonable después de la plantación. Algunos envases están diseñados para ser usados una vez, mientras que otros pueden reutilizarse por cinco o más rotaciones de cultivo. La reutilización debe ser considerada en el análisis de costos de los envases, pues este debe amortizarse sobre su esperanza de vida útil, después ajustar por costo de traslado, limpia y esterilización de envases entre cosechas.

**1.10.3.- Capacidad para supervisar la condición del sustrato y crecimiento radical:** Se han desarrollado envases que pueden ser abiertos a efecto de examinar el medio de crecimiento y el sistema radical, entre estos están los tipo libro y los envases desplegados. Los envases individuales cerrados son empleados en las labores de mejoramiento genético, en las cuales cada planta debe ser manejada y etiquetada individualmente. En la Figura 7 se muestran estos tipos de envases.

## **1.11.- SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN VEGETAL**

**1.11.1. Consideraciones Generales: Importancia de de los Sustratos en Viveros Forestales.** El sustrato es el soporte para la vida de la planta antes de llegar a la plantación definitiva. Sus funciones son entre otras, proporcionar un componente sólido, un líquido y otro gaseoso y, debido a sus características físicas, químicas y biológicas, algunas veces también participa en el proceso de nutrición de la planta.

El sustrato debe tener condiciones adecuadas para la retención y disponibilidad de agua, las plantas requieren un continuo suministro de agua para su crecimiento y otros procesos fisiológicos, como el enfriamiento a través de la transpiración, la cual debe ser provista por el sustrato. El agua es retenida externamente e internamente por el medio de crecimiento hasta que es requerida por la planta; externamente, en los poros pequeños entre las partículas, e internamente, en el espacio interior del material poroso. Dado el volumen de contenedores pequeños, el medio de crecimiento debe tener alta capacidad para almacenar y proveer agua a las plantas entre riegos, y debe garantizar el adecuado suministro de  $O_2$  y la eliminación de  $CO_2$ . La provisión de energía para los procesos metabólicos a nivel de raíz y planta se obtiene a través de la respiración, en la cual se requiere de gran cantidad de  $O_2$  y liberación de  $CO_2$  (tóxico para la planta si se acumula), en ese sentido, dependiendo de la textura y estructura del medio, el intercambio gaseoso puede ser más eficiente, garantizando la sanidad de la planta.

Soporte físico. La última función del medio de crecimiento es anclar a la planta en el envase y mantenerla en una posición vertical. Este soporte es una función de la densidad (peso relativo) y de la rigidez del sustrato. El peso es importante en el caso de los contenedores grandes e individuales, pero es intrascendente para los de volumen pequeño, en contenedores agregados, que son típicamente usados en viveros forestales. La rigidez de un medio de crecimiento está en función de la compresibilidad y de la compactación de las partículas del medio de crecimiento, así como del tamaño del contenedor. La clave en la selección de sustrato para viveros forestales está en encontrar la mezcla que reúna las mejores características, de tal forma que al establecer la planta, sus requerimientos y atenciones sean mínimos (Figura 8).

### **1.11.2.- Características que deben ser consideradas en la selección de un sustrato o medio de crecimiento:**

**a.- Alta capacidad de retención de humedad** (el agua es el vehículo de los nutrientes).

**b.- Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC)** o capacidad de un material para adsorber iones cargados positivamente, es uno de los factores más importantes que afectan la fertilidad del medio de crecimiento, con excepción del carbono, hidrógeno y oxígeno, las plantas deben obtener todos nutrientes minerales esenciales del medio de crecimiento. Muchos nutrientes minerales, incluyendo la forma amoniacal del nitrógeno ( $NH_4^+$ ), el potasio ( $K^+$ ), el magnesio ( $Mg_2^+$ ) y el calcio ( $Ca_2^+$ ), existen en el medio de crecimiento como cationes eléctricamente cargados. Estos iones-nutrientes se mantienen en el medio hasta que las raíces de las plantas los toman y utilizan para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos o, a causa de su carga eléctrica (+), comienzan a ser adsorbidos por los sitios cargados negativamente en ciertos tipos de partículas del sustrato. Esta oferta de nutrientes proporciona un reservorio de nutrientes minerales para mantener el crecimiento de la planta, entre aplicaciones de fertilizante. Los cationes primarios involucrados en la nutrición de la planta son: calcio ( $Ca_2^+$ ), magnesio ( $Mg_2^+$ ), potasio ( $K^+$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ).

Cuadro 6.- Principales tipos de envases y materiales con que se construyen

Material de Construcción	Ejemplos
a.- Contenedores plantados con la planta (material biodegradable)	
Contenedores de papel; Contenedores de Fibra de Madera; Turba de Musgo Moldeada	Paperpot; Strech-A-Pot®; Fiber pot, Jiffy pot
b.- Envases Removibles antes de plantar (no biodegradable)	
b.1.- Celdas individuales en bandejas	
Celdas de polietileno de baja o alta densidad, con bandeja de poliestireno de alto impacto	Deepot®; Colorado Container; Hawaii dibble tube
b.2.- Contenedores tipo libro o tipo funda	
PET (tereftalato de polietileno) o ABS (acrilonitrilo-butadiestireno); Poliestireno	Spencer-Lemaire; Rootrainer®; Tubepack®
b.3.- Contenedores en bloque	
Poliestireno expandido; Polietileno de alta densidad	Styroblock®; First Choice® block; Styrofoam® block; Ropak® Multi-pot seedling, Tray; Deep Groove Tube Tray
b.4.- Contenedores Individuales	
Papel con laminado plástico; Película de polietileno; Polietileno de alta densidad	Treepot; Rootrainer® One Cell PET; Polybag

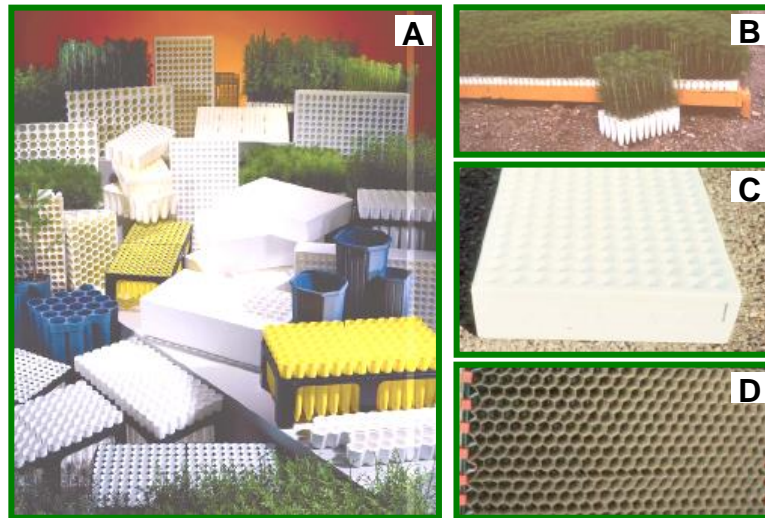


Figura 6.- A: Diferentes tipos de contenedores; B. Contenedor Multi pot; C: Bloque tipo Styrofoam; D. Paperpot.



Figura 7.- Diferentes tipos de envases a.- Tipo libro; b. despleables y c.- individuales



Muchos iones micronutrientes son también adsorbidos, incluyendo el hierro ( $\text{Fe}_2^+$  y  $\text{Fe}_3^+$ ), manganeso ( $\text{Mn}_2^+$ ), Zinc ( $\text{Zn}_2^+$ ) y cobre ( $\text{Cu}_2^+$ ). Estos nutrientes están almacenados en los sitios de CIC, en las partículas del medio de crecimiento, hasta que son tomados por el sistema radical. La vermiculita y la turba de musgo tienen los mayores valores de CIC, mientras que materiales inorgánicos como la perlita y la arena, tienen valores de CIC muy bajos. La CIC también puede retener cationes en el sustrato, previniendo su lixiviación, la cual puede ser muy significativa, dadas las intensas tasas de riego usadas en muchos viveros forestales. Ciertos medios de crecimiento son más eficientes para resistir la lixiviación que otros, en términos generales, tanto mayor la CIC de un medio, mayor será su resistencia a la lixiviación.

**c.- Porosidad** adecuada que permita la difusión de gases (principalmente  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ ) y agua entre el sustrato y la planta. Una estructura de poros apropiadamente balanceada, representa un adecuado intercambio de gases para el sistema radical, lo cual afecta directamente todas las funciones de la raíz, como la absorción de nutrientes minerales y de agua.

**Porosidad total.** Es una medida del total de espacios porosos de un sustrato, expresada como el porcentaje del volumen que no está ocupado por partículas sólidas. Por ejemplo: 1000 ml de medio de crecimiento con una porosidad total de 40%, tienen 400 ml de poros y 600 ml de partículas sólidas. **Porosidad de aireación.** La porosidad de aireación es la medida de la parte del total de espacios porosos que están ocupados con aire luego de que el medio de crecimiento es saturado con agua y se facilita su libre drenaje. Los poros que contienen aire, son relativamente grandes y son denominados *macroporos*

**Porosidad de retención de humedad.** La porosidad de retención de humedad es la medida de la parte del total de espacio poroso que se mantiene llena de agua, luego de que el medio de crecimiento es saturado con agua y se facilita el libre drenaje de ésta. Los poros que contienen agua son relativamente pequeños y son denominados *microporos*. Existen cuatro factores que afectan las características de la porosidad: tamaño de las partículas individuales, características de las partículas, mezcla de tamaños de las partículas, y cambios en la porosidad a través del tiempo (sedimentación, descomposición de partículas orgánicas, etc.). La porosidad de aireación y la porosidad de retención de humedad tienen una relación complementaria: conforme el tamaño de las partículas incrementa, la porosidad de retención de humedad disminuye y la porosidad de aireación aumenta.

**d.- pH** ligeramente ácido, entre 5.0 y 6.0. El principal efecto del pH en los suelos minerales, radica en su influencia en la disponibilidad de nutrientes minerales, especialmente micronutrientes; varios nutrientes minerales pueden hacerse no disponibles o incluso tóxicos con valores extremos de pH. El control del pH es menos crítico en los viveros que utilizan tubetes, donde todos los nutrientes esenciales pueden ser proporcionados a través de la fertilización. Muchas plantas pueden crecer dentro de un intervalo de valores de pH relativamente amplio si los micronutrientes son provistos en la forma y proporción adecuadas. El pH también puede afectar el número y tipo de microorganismos del medio de crecimiento, incluyendo a los hongos fitopatógenos. El agua de riego está generalmente cercana a la neutralidad, o es ligeramente alcalina, así que un medio de crecimiento normalmente ácido puede incrementar típicamente de 0.5 a 1.0 unidades de pH (esto es, hacerse más alcalino), durante la etapa de crecimiento. Por tanto, sobre una base operativa, los viveristas forestales que producen en contenedor, deben tratar de mantener el pH de sus medios de crecimiento dentro del intervalo de 5.5, ligeramente ácido (Figura 9).

**e.- Libre de plagas y enfermedades.** Uno de los problemas más serios con los medios de crecimiento basados en suelo natural, es que éste puede contener toda una variedad de plagas y enfermedades, como hongos fitopatógenos, insectos y nemátodos, además de semillas de malas hierbas. A causa de estos problemas, el suelo necesita ser esterilizado con productos químicos antes de que sea utilizado como medio de crecimiento. Con la aparición de los sustratos artificiales, el uso de la pasteurización se ha reducido sustancialmente, ya que muchos de los componentes comúnmente usados están considerados libres de plagas y enfermedades. La vermiculita y la perlita son esterilizadas durante su manufactura, pues son expuestas a temperaturas tan elevadas como 1,000. El nivel de asepsia de la turba de musgo está sujeto a debate. Algunos productos de turba de musgo son anunciados como "estériles" o "libres de plagas," se ha encontrado que la turba contiene hongos fitopatógenos, semillas de malas hierbas y nemátodos.

**f.- Baja fertilidad inherente.** Esta característica puede parecer incongruente a primera vista, pero un nivel inicialmente bajo de fertilidad, es considerado un atributo deseable para los medios de crecimiento empleados en viveros que producen en contenedor. Manteniendo altos niveles de nutrientes minerales, especialmente nitrógeno, durante la germinación y la emergencia de las plántulas, no es recomendable porque aumenta la posibilidad de promover hongos del tipo "damping-off". Además, las plántulas de muchas especies forestales pueden no requerir fertilización alguna durante las primeras semanas de crecimiento (excepto quizá fósforo, el cual es proporcionado en mejor manera a través de un sistema de inyección de nutrientes). El principal beneficio de una baja fertilidad inherente, es que el viverista puede controlar completamente las concentraciones de nutrientes minerales en la solución del medio de crecimiento, a través de la fertilización. En un sustrato inherentemente fértil, o en un medio corregido a través de la incorporación de fertilizantes, es imposible controlar completamente la nutrición de la planta durante la etapa de crecimiento. Aunque muchos tipos de sustratos comerciales contienen una dosis inicial de fertilizante, su uso no debe ser recomendado. Una baja fertilidad inicial facilita fertilizar en cualquier momento durante la rotación y controlar el crecimiento y fenología de la planta. La capacidad para lixiviar completamente los nutrientes fuera del medio de crecimiento, y para cambiar las proporciones de nutrientes antes del período de endurecimiento, frecuentemente es usada para iniciar yemas y dureza ante el frío.

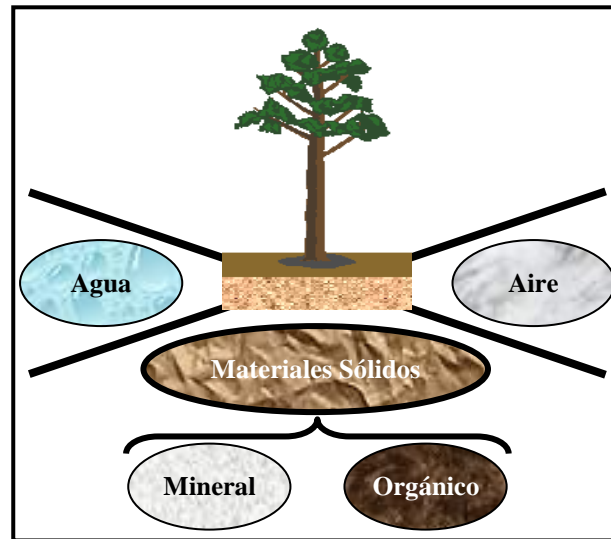


Figura 8.- Componentes indispensables que conforman los sustratos empleados para el crecimiento de plantas en viveros

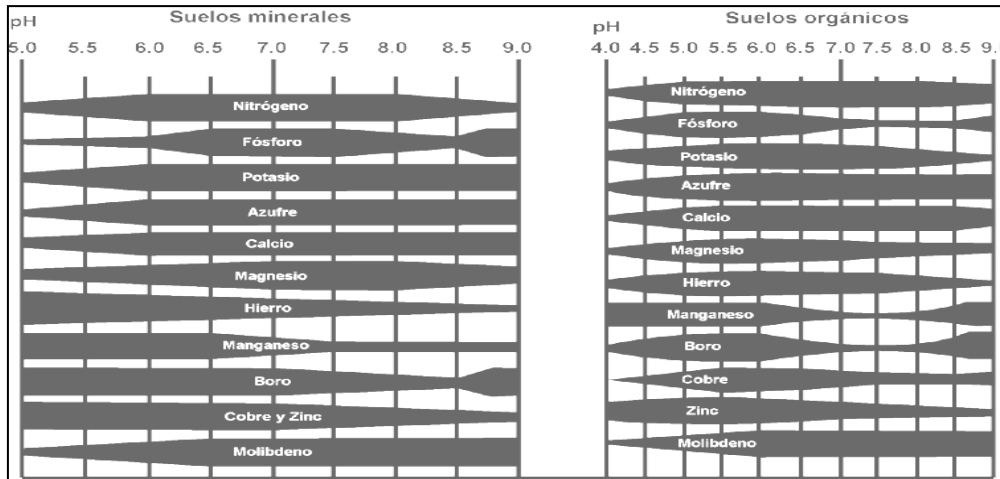


Figura 9.- Influencia del pH en la disponibilidad de nutrientes de acuerdo al tipo de suelos

**g.- Formación de un cepellón firme.** Esta característica operativa es única para los viveros forestales, ya que las plantas que van a ser embarcadas son extraídas del contenedor antes de ser plantadas. Las plantas producidas en contenedores deben mantener un firme cepellón durante su extracción, carga, embarque y plantación. Un cepellón cohesivo es especialmente importante cuando las plantas son plantadas con herramientas especiales, que hacen una cepa del mismo tamaño y forma que el contenedor. Los sustratos que no llenen uniformemente el contenedor o que inhiban la aireación, pueden implicar la pobre formación de un sistema radical, que no podrá ser fácilmente extraído del contenedor, y que no pueda mantener la integridad del cepellón durante la carga y el embarque. Otras características de interés que se deben considerar en la conformación de un sustrato se tienen: Estructura adecuada (buen soporte físico); Baja concentración de sales, (principalmente sodio), Bajo costo de obtención y Continúa disponibilidad.

**h.- Facilidad de manejo** (uniformidad, densidad, estabilidad dimensional, durabilidad, fácil mezclado y llenado de envase, capacidad de rehumedecimiento y para formar cepellón)

**i.- Factible de esterilizarse** con vapor o procedimientos químicos sin efectos negativos posteriores

**j.- Proveer nutrimentos**, especialmente cuando la planta va a permanecer largo tiempo en vivero

**1.11.3.- Materiales empleados en la elaboración de medios de crecimiento en viveros.** Existe toda una gama de materiales orgánicos e inorgánicos en el mercado, que según las necesidades de cada viverista pueden ser empleados como sustratos. Algunos de ellos se mencionan a continuación:

### **a.- Materiales orgánicos**

- Naturales: Sujetos a descomposición Biológica
- Sintéticos: Polímeros orgánicos no biodegradables (poliuretano, poliestireno expandido, etc.)
- Subproductos y residuos provenientes de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas (residuos de productos alimenticios, desperdicios forestales, residuos sólidos urbanos, etc.). La mayoría de ellos requieren de un proceso de composteo antes de su utilización.

**a.1.- Sustratos orgánicos Turbas (peat moss).** Después del suelo la turba es uno de los sustratos más utilizados en viveros tecnificados. Poseen alta capacidad de retención de humedad (de 6 a 15 veces su propio peso), pH ácido de 3 a 4,5 y cuenta con aproximadamente 1 % de nitrógeno. Tiene una densidad aparente de 0,06 a 0,50 g/cm<sup>3</sup>, de 95 a 80 % de espacio poroso total y CIC de 100 a 250 cmol/kg. El precio elevado de venta constituye una de sus principales limitantes.

**a.2.- Concha de coco.** Tiene excelentes propiedades físicas y no es repelente al agua como la turba u otros materiales orgánicos, mejor retención de humedad que algunas turbas. Una desventaja es su alto contenido en cloro. También contiene potasio, nutrimento esencial para las plantas, que es liberado lentamente. Presenta además la ventaja de poder ser reciclado y su vida útil puede ser hasta de 18 meses con muy buenos resultados.

**a.3.- Corteza de pino y aserrín.** La corteza de pino mejora la aireación de los sustratos. El aserrín, siempre y cuando sea grueso, ofrece esta función siempre, ya que una granulometría fina provocaría asfixia a la raíz. La utilización del aserrín requiere una aplicación de nitrógeno adicional al destinado al cultivo, debido a que durante el proceso de descomposición los microorganismos degradadores lo utilizan en sus actividades. Debido a que algunas especies maderables contienen fenoles, resinas, terpenos y taninos, que son tóxicos para las plantas, es recomendable compostearlo antes de su utilización.

**a.4.- Compost.** Son el producto obtenido después de la descomposición de los residuos orgánicos (estiércol, aserrín, podas de jardín, restos de comida, etc.) mediante el control de las condiciones ambientales. Se consideran de gran utilidad en los sustratos ya que al haber pasado por un proceso previo de descomposición no se inmovilizará el nitrógeno (no lo utilizarán los microorganismos) que se destine a la fertilización de las plantas. Aportan además nutrimentos de lenta liberación.

**a.5.- Vermicompos.** Son producto de la modificación de las compos. Para este caso se utilizan lombrices durante el proceso de composteo. La diferencia entre compos y vermicompostas está relacionada con la disponibilidad de nutrimentos útiles para las plantas y la presencia de sustancias promotoras del crecimiento contenidas en ellas.

### **b.- Sustratos inorgánicos**

**b.1. Arena.** Este material está compuesto de partículas minerales con tamaño aproximado entre 0.05 y 0.2 mm, generalmente es inerte, no aporta nutrimentos para la planta ni presenta CIC. Se mezcla con material orgánico para mejorar las características físicas de la mezcla (densidad aparente y retención de humedad).

**b.2.- Tezontle.** Es un sustrato muy poroso que mejora las propiedades físicas de los sustratos, especialmente la aireación. Generalmente carece de nutrimentos.

**b.3.- Piedra pómez.** Por su porosidad se utiliza como acondicionador físico de los sustratos. Contiene nutrimentos como potasio, sodio, además de trazas de calcio, magnesio y hierro.

**b.4.- Vermiculita.** Este material es de peso muy ligero (0.09 a 0.15 g cm<sup>-3</sup>) que presenta diferentes tamaños, pH de reacción neutro y con buenas propiedades amortiguadoras. Es insoluble en agua pero tiene amplia capacidad para absorberla (> 450 L m<sup>-3</sup>). Presenta alta CIC y aporta calcio y magnesio en cantidades suficientes para las plantas. Presenta la característica de ser estéril debido a que se obtiene con altas temperaturas

**b.5.- Perlita (Agrolita).** Es un material muy ligero (0.1 g/cm<sup>3</sup>, aprox.) con tamaño de partícula usualmente entre 1,6 y 3 mm. Atrapa de 3 a 4 veces su peso en agua. Es esencialmente un material neutro (pH: 6 a 8). Contiene algunos fluoruros. No tiene capacidad amortiguadora, CIC, ni nutrimentos para las plantas. Comúnmente se elaboran mezclas de este material con la vermiculita, lo cual confiere al sustrato mayor retención de humedad y mayor porosidad.

**b.6.- Mezclas.** Un sustrato adicional a los anteriores es la “tierra de monte” que es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos provenientes principalmente de los bosques.

Generalmente este sustrato se mezcla con otros medios de crecimiento (corteza de pino, tezontle, arena de río, etc.) con el fin de obtener las características adecuadas para crecer plantas en vivero. La ventaja adicional al utilizar la “tierra de monte”, es la presencia de propágulos de hongos micorrízicos que se asocian a la planta.

#### **1.11.4.- Características físicas, químicas y biológicas de los sustratos.**

**a.- Características físicas:** Una de las principales características de los sustratos, si no la principal, es la porosidad. Esta se encuentra íntimamente relacionada con el tamaño de partícula y tipo de material empleado en la elaboración del sustrato.

De esta característica dependerán otras también importantes como la retención de humedad y la aireación. Existen poros de diversos tamaños formados entre los espacios que dejan las partículas al agruparse unas con otras. Por ejemplo, materiales con partículas grandes como grava, perlita y corteza de pino sin moler forman macroporos que no son capaces de retener el agua mientras que las turbas, aserrín y otros materiales finos, provocan alta retención de humedad en los microporos, lo que ocasiona problemas de aireación y de intercambio de gases en la rizósfera (zona influenciada por las raíces de las plantas). Una mezcla de partículas de ambos tamaños mejorará las características físicas de aireación y retención de humedad, como resultado de una cantidad y distribución de poros adecuado. Se ha argumentado que una porosidad total de 75 a 90 % es la requerida para el desarrollo de las plantas en vivero; sin embargo, a través del tiempo la porosidad puede disminuir como consecuencia de:

- Compresión o compactación en el momento de llenado, movimiento de los recipientes e incluso durante el riego (humedecimiento y secado);
- Degradación microbiológica de los sustratos orgánicos, y sedimentación de partículas finas que obstaculizan el drenaje.

Como ya se mencionó anteriormente, la porosidad influye en la capacidad de retención de humedad del medio o sustrato.

En presencia de macroporos el agua es gravitacional, drena fácilmente y no está disponible para las plantas. Otro tipo de agua es la higroscópica que rodea a las partículas y que tampoco es aprovechada por las plantas. Entre esta última y la anterior se encuentra el agua capilar o pelicular, a la cual también se le conoce como solución del suelo y es la que realmente aprovechan las plantas. En la solución se encuentran algunos de los nutrientes solubles que la planta aprovecha. Es posible hablar aquí un poco del mecanismo de nutrición relacionado con una característica química muy importante, la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

**b.- Características químicas.** La CIC (expresada como equivalentes por metro cúbico de sustrato) es una característica indicadora de la capacidad del sustrato para retener algunos elementos químicos para la nutrición de la planta y aquellos adicionados en la fertilización. Esta propiedad la proporcionan algunas partículas inorgánicas (arcillas) y orgánicas cargadas negativamente en su superficie. Las cargas negativas generan una fuerza de atracción hacia los elementos de carga positiva, sin reaccionar químicamente. A este fenómeno se le conoce como adsorción. Los fertilizantes son sales que en la solución del suelo se disocian en iones positivos (cationes), por ejemplo  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $NH_4^+$ ,  $H^+$  y negativos (aniones) como  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{=}$ . Los aniones no son adsorbidos en las partículas, aunque el fosfato puede fijarse en algunos sustratos debido al pH.

Los nutrientes aplicados vía fertilizante que son retenidos en el sustrato se intercambian con los que de manera natural se encuentran en la solución del suelo (Figura 7) y de esta manera las plantas pueden disponer de ellos. Los sustratos poseen diferente capacidad de retención de cationes (CIC). Así por ejemplo se encuentra una gran CIC en sustratos como las compostas, vermicompostas y algunas turbas, mientras que otros carecen de ella como es el caso de la perlita, fibras minerales y arena, entre otros.

Anteriormente se hizo alusión a que el hidrógeno ( $H^+$ ) que se encuentra en la solución del sustrato es un catión por la carga positiva que posee (también se le conoce como protón, pues sólo posee un protón). Su presencia en la solución produce reacciones ácido-base lo que constituye el pH de los sustratos, ya que existe un balance entre los protones  $H^+$  adsorbidos a las partículas del sustrato y los disueltos en la solución. Esta característica de pH es de suma importancia, puesto que la mayoría de los elementos están disponibles para diferentes especies forestales, en pH entre 5.5 y 6.0. Así mismo, la salinidad de un sustrato se expresa como la concentración de sales disueltas en la solución (g L<sup>-1</sup>). La salinidad en sustratos orgánicos es alta debido a que se liberan los nutrientes durante el proceso de descomposición o mineralización de la materia orgánica.

**Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC).** La capacidad de un material para adsorber iones cargados positivamente, la CIC, es uno de los factores más importantes que afectan la fertilidad del medio de crecimiento y puede ser definida como la suma de los cationes intercambiables, medidos en unidades llamadas miliequivalentes (meq), que un material puede adsorber por unidad de peso o volumen (tanto mayor el número, mayor la capacidad para retener nutrientes). Los cationes primarios involucrados en la nutrición de la planta son: calcio ( $Ca_2^+$ ), magnesio ( $Mg_2^+$ ), potasio ( $K^+$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ), enlistados en orden de retención decreciente en los sitios CIC (Bunt, 1988). Muchos iones micronutrientes son también adsorbidos, incluyendo el hierro ( $Fe_2^+$  y  $Fe_3^+$ ), manganeso ( $Mn_2^+$ ), Zinc ( $Zn_2^+$ ) y cobre ( $Cu_2^+$ ). Estos nutrientes están almacenados en los sitios de CIC, en las partículas del medio de crecimiento, hasta que son tomados por el sistema radical.

**c.- Características biológicas:** Aunque generalmente poco se habla de las características biológicas de los sustratos éstas se deben considerar, ya que están relacionadas principalmente con la sanidad y descomposición del sustrato. La sanidad puede conseguirse mediante pasteurización o aplicaciones de insumos químicos, situación que se abordará con más detalle en el apartado de sanidad de vivero. En cuanto a la descomposición del sustrato es preferible utilizar materiales previamente composteados, de lo contrario se pueden tener los siguientes problemas:

- Incremento en la compactación, reducción de volumen y de la porosidad;
- Disminución del contenido de aire y aumento del contenido de agua;
- Alteraciones en el tamaño de partículas;
- Modificaciones en la composición de gases debido a un

incremento de CO<sub>2</sub>; • Aumento de pH y de CIC; • Incremento de la conductividad eléctrica (concentración de sales) por mineralización; • Síntesis de compuestos orgánicos que pueden ser tóxicos o promover efectos estimulantes.

Uno de los aspectos importantes a considerar en los sustratos de origen orgánico es conocer la relación C/N. Esta característica permite predecir una rápida descomposición de material ya que el sustrato orgánico de origen vegetal está compuesto de lignina (un compuesto químico de lenta descomposición) y de polisacáridos como el almidón, la hemicelulosa y la celulosa que son de más fácil descomposición que la primera. Es importante reiterar que si el sustrato a emplear tiene un alto contenido de compuestos de rápida biodegradación, tenderá a competir con la planta por el fenómeno de inmovilización de nitrógeno, siendo esto perjudicial para la planta. Por todo lo anterior, una combinación de materiales para formular el sustrato de crecimiento debe tener características de estabilidad en la degradación además de otras características físicas, químicas y biológicas ya mencionadas.

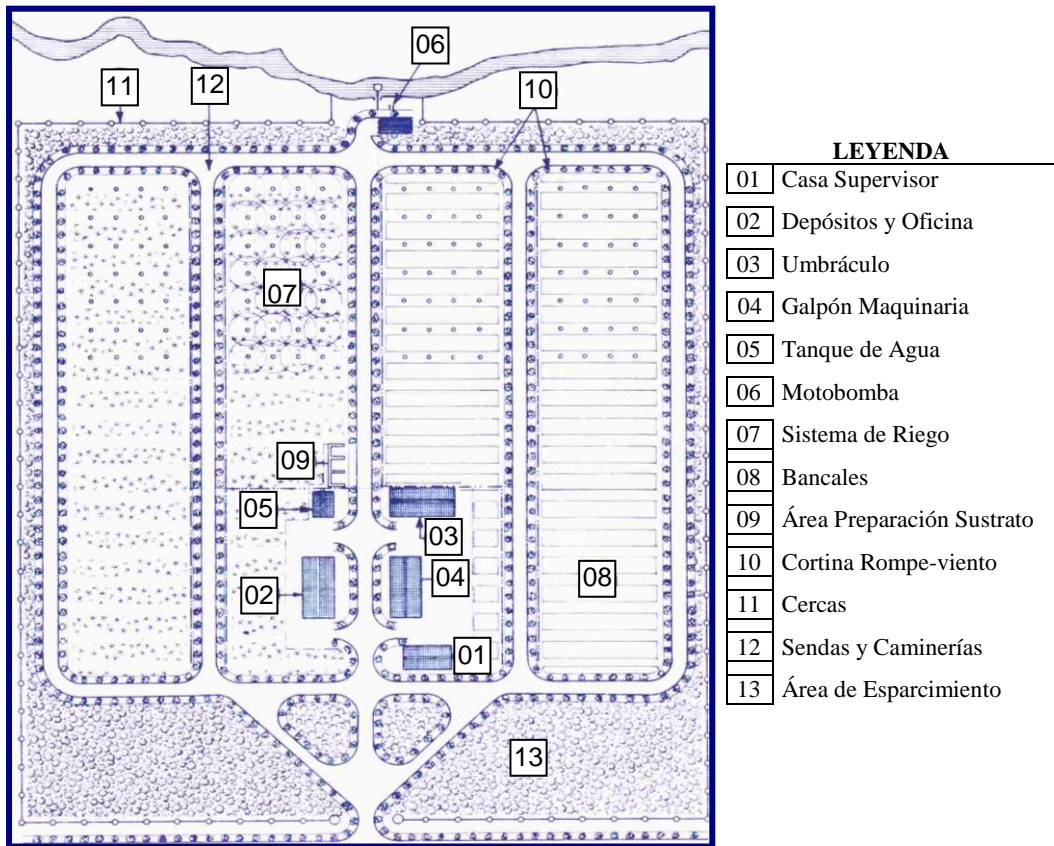
La capacidad de intercambio catiónico de las partículas del medio de crecimiento, provee una reserva fértil que suministra nutrientes minerales al sistema radical de la planta entre aplicaciones de fertilizante. La disponibilidad relativa (tanto más gruesa la banda, más disponible el nutriente) de los varios nutrientes minerales, es distinta para suelos con base mineral, y para suelos con base orgánica. La máxima disponibilidad de nutrientes para suelos minerales se da con pH de 6.5, comparado con pH 5.5 para suelos orgánicos.

Los valores elevados de CIC son deseables para los medios de crecimiento, puesto que mantienen una reserva de fertilidad que abastece al crecimiento de la planta entre aplicaciones de fertilizantes. La CIC también puede retener cationes en el sustrato, previniendo su lixiviación, la cual puede ser muy significativa, dadas las intensas tasas de riego usadas en muchos viveros forestales que producen en contenedor. Ciertos componentes de los medios de crecimiento son mejores para resistir la lixiviación que otros, y hablando en términos generales, tanto mayor la CIC de un medio, mayor será su resistencia a la lixiviación.

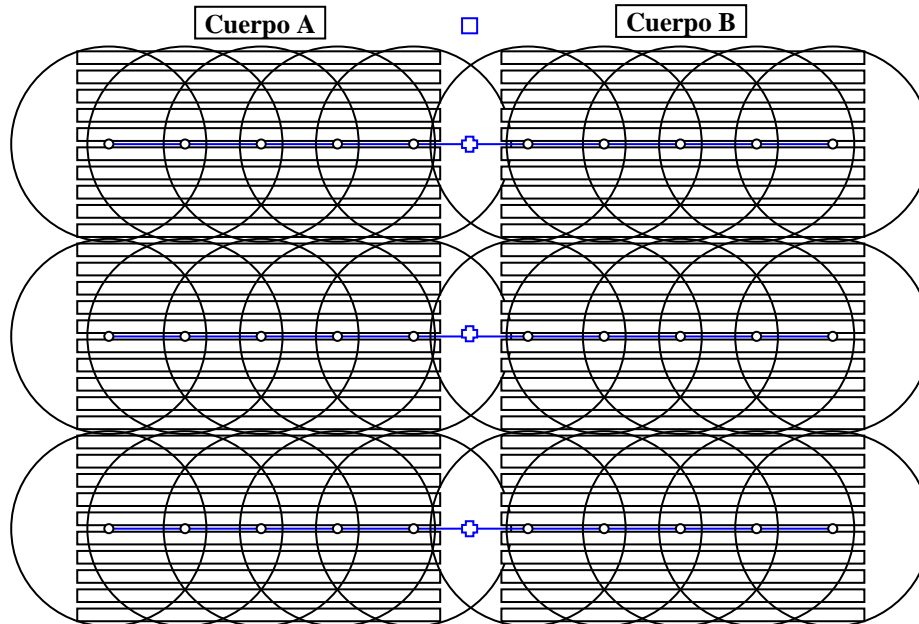
**1.11.5.- Mezcla de Sustratos:** El proceso de mezclado es una de las etapas más importantes en la formulación de sustratos los componentes de la mejor calidad no resultarán útiles si el medio de crecimiento es mezclado inadecuadamente. En caso de pequeñas cantidades, para mezclar los componentes, amontónelos uno encima de otro y agregue sobre el montón cualquier corrector que vaya a emplear (fertilizantes, cal, humectantes e inóculo micorrízico) A continuación trabaje alrededor del borde del montón con una pala grande de cuchara, tomando una palada de material a un tiempo y volteándola sobre la parte superior del montón. Conforme el material es agregado encima del montón, se derrumba a los lados de éste y es mezclado. Asegúrese que el centro del montón sea mezclado mediante un movimiento gradual hacia un lado durante el proceso. Hay que humedecer el montón con agua a intervalos frecuentes durante el proceso de mezclado, para hacer al medio menos hidrofóbico. Continúe con el procedimiento hasta que se obtengan muestras bien mezcladas de la pila.

El mezclado mecanizado, se usa en viveros que regularmente requieren de grandes cantidades de mezclas y emplea un mezclador o revoladora. Es conveniente que el equipo de mezclado sea modificado para que el sustrato pueda ser humedecido gradualmente, y con inyectores de aire vaporizado, para su pasteurización. La esterilización se refiere a la total eliminación de todo organismo viviente del medio, mientras que la pasteurización no es tan drástica. Un medio de crecimiento completamente estéril puede no resultar particularmente deseable, debido a que en el sustrato existen muchos microorganismos benéficos, como bacterias, actinomicetos y hongos, que pueden ser antagonistas a los fitopatógenos. El vapor de agua caliente puede ser usado para pasteurizar o para esterilizar el sustrato, dependiendo de la temperatura aplicada. La pasteurización con calor es considerada generalmente preferible, siempre y cuando se cuente con el equipo adecuado; la recomendación estándar es calentar el sustrato de 60 a 82 °C o a 177 °F, por un mínimo de 30 minutos. Aunque la fumigación química esteriliza por completo el medio, la fumigación con bromuro de metilo ha probado ser efectiva para el control de algunas enfermedades procedentes del suelo.

Anexo 1.- Esquema Ideal de la Distribución de las Diferentes Áreas de un Vivero convencional (Diseño)



Anexo 2. Conformación de los cuerpos de vivero y distribución del sistema de riego.



Nótese que dada cuerpo esta conformado por un número par de bancales (30), el cual es múltiplo del número de bancales que moja cada aspersor y o línea de aspersores (10).

Si una línea de aspersores moja 12 bancales, el número de bancales por cuerpo debería ser: 12, 24, 36, 48, etc.