

4.

PRODUCCIÓN DE PLANTAS A RAÍZ CUBIERTA



4.

PRODUCCIÓN DE PLANTAS A RAÍZ CUBIERTA

4.1 Producción

Para lograr un buen desarrollo, tanto morfológico como fisiológico, las plantas necesitan condiciones medio ambientales que les permitan absorber energía para que se transformen en alimento (fotosíntesis) y liberar energía para lograr el crecimiento (respiración). Si bien existen otros factores que inciden en estos procesos, tales como oxígeno, humedad relativa y luminosidad, el factor determinante es la temperatura. Dependiendo de la especie, la temperatura óptima para el desarrollo de las plántulas normalmente varía en un rango que va entre 18 y 21 °C (Morales *et al.*, 1998). Temperaturas por sobre los 30 °C afectan adversamente al crecimiento, deteniéndolo completamente en casi todas las especies sobre los 35 °C (Ocaña, 1995).

Las plantas necesitan además, protección contra factores abióticos. Entre ellos se pueden señalar temperaturas extremas, viento y lluvia, sobre todo porque durante los primeros estados de desarrollo, los tejidos aún son débiles. Por lo anterior, las condiciones ambientales se pueden regular en el interior de una infraestructura física (invernadero) o al aire libre con la ayuda de alguna cubierta de fácil manipulación y de bajo costo.

4.1.1 A cielo abierto

La producción de un vivero a cielo abierto, se refiere a la instalación de éste al aire libre, sin considerar una infraestructura mayor que lo resguarde principalmente de factores abióticos. Para los viveros que producen en contenedor, Landis *et al.* (1995) señalan que, estos deben estar localizados en áreas con una buena iluminación natural, tanto en el transcurso del día como

durante toda la estación de crecimiento (Foto 26). Muchas veces la cantidad de sombra puede reducir la productividad y aumentar los costos. Esta situación se vuelve más crítica en los lugares donde existen condiciones permanentes de nubosidad, pero también aplica en los lugares soleados, en éste caso es relativamente fácil solución y basta con proporcionar sombra si ésta es requerida. Escobar (2007) señala que, los viveros con menor demanda de energía son los que producen plantas a cielo abierto, y sus mayores requerimientos están relacionados con el proceso de riego, siembra y personal.

Los factores de riesgo asociados a la siembra a cielo abierto, están relacionados fundamentalmente con el clima. La insolación, las heladas y las lluvias



Foto 26: Producción de plantas de especies nativas a cielo abierto, Vivero CTPF-INFOR, Región del Bío Bío.

torrentosas pueden dañar seriamente los tejidos delicados de las plántulas recién emergidas (Arnold, 1996). Por ello lo recomendable, en una primera instancia, es realizar el proceso de germinación en un ambiente con mayor protección ya sea con mallas o en invernadero, para posteriormente trasladar o repicar las plántulas al área de producción definitiva.

4.1.2 A cielo cubierto

Se distinguen dos tipos bajo sombreadero y bajo o en invernadero.

4.1.2.1 Sombreadero

El control de condiciones ambientales al aire libre es muy difícil de lograr. Para ello normalmente se utilizan cobertores como mallas plásticas (malla Raschel) o telas finas de diferente grado de permeabilidad a la luz directa, ubicadas a diversas alturas sobre los contenedores (Foto 27).



Foto 27: Producción de plantas de especies nativas bajo sombreadero, Vivero La Huella, Región de los Ríos.

El uso de un grado de permeabilidad determinado de los cobertores varía según el tipo de clima donde se ubica el vivero y la tolerancia de las especies a la sombra. En climas más secos, al igual que para especies más tolerantes, se usan coberturas más densas, llegando hasta 50 y 80% de disminución de luminosidad.

Cuando se producen plantas a raíz cubierta con este sistema de control ambiental, las acciones se facilitan cuando el vivero se encuentra en un lugar plano y no existen condiciones climáticas extremas. Escobar (2007) señala que, la producción de plantas a raíz desnuda y dependiendo de la latitud donde se establezca el vivero, el uso de sombreadero debiera ser temporal, empleándolo sólo en periodos críticos de la fase de establecimiento de las plantas, principalmente para aquellas menos tolerantes a la sombra, ya que esta etapa se dificulta cuando no existe luz suficiente para conseguir el desarrollo.

4.1.2.2 Invernadero

Un invernadero es un área protegida de las lluvias mediante la construcción de una estructura forrada habitualmente con algún tipo de plástico, y que permite temperaturas internas más altas que favorecen los procesos de germinación, especialmente en clima frío. En ambientes cálidos se pueden construir con paredes de sombra y techo de plástico. Para evitar excesos de radiación en el interior de los invernaderos es aconsejable colocar sombreaderos bajo el plástico para que actúe como filtro. La ventaja del invernadero es que permite disponer de plantas que, debido a su dificultad o lentitud para germinar y producirse, o de las cuales no existe información precisa, no son posibles de establecerlas en viveros a cielo abierto (Foto 28).

En general, un invernadero permite un mejor crecimiento de las plantas, aunque tiende a producirlas menos resistentes a la intemperie, por lo que al menos la fase de endurecimiento de las mismas debe efectuarse preferentemente al

aire libre y previo a la venta o establecimiento en terreno (Montoya y Cámara, 1996).

Normalmente se prefiere el empleo de los invernaderos para lograr la producción de plantas en una temporada cuando en producción normal se demoran dos temporadas, a causa de que bajo este sistema es posible un mejor control de la temperatura y humedad relativa. En algunos casos, se dispone de mecanismos como calefactores, extractores de aire y sistemas de ventilación y de riego para controlar estas variables. Si no se cuenta con estos mecanismos, las condiciones de temperatura en un invernadero pueden ser relativas de acuerdo a la estación del año, pudiendo alcanzar en temporada de invierno temperaturas de 12 a 14 °C, en tanto que en el verano este rango puede oscilar entre 18 y 25 °C. A menudo, la cubierta lateral de los invernaderos es movable, precisamente para permitir la ventilación cuando se presentan altas temperaturas.



Foto 28: Producción de plantas de especies nativas bajo invernadero, Vivero CTPF-INFOR, Región del Bío Bío.

Para la construcción de invernaderos de características forestales se utilizan comúnmente materiales plásticos como el polietileno y el policarbonato (Foto 29). La duración de estos materiales está directamente relacionada con su resistencia mecánica y a la degradación o envejecimiento producido por el clima de la zona, intensidad de la radiación ultravioleta recibida y de la temperatura de la propia lámina.

El Polietileno retiene la radiación de onda larga infrarroja emitida por los cuerpos, y esto permite elevar las temperaturas mínimas absolutas en 2 ó 3 °C, más altas que las registradas en los films no térmicos, mejorando de esta forma el balance de la temperatura. Suma a sus cualidades una mayor difusión de la luz solar eliminando las zonas de sombra dentro de los invernaderos, aumentando la precocidad de los cultivos. El espesor recomendado es de 150 ó 200 micrones. Si se utilizan espesores más bajos, las propiedades térmicas y mecánicas serán menores.

El Policarbonato es un polímero termoplástico con buena resistencia y de alta durabilidad. La presentación de este material es en planchas alveolares, que consta de 2 ó 3 paredes paralelas unidades transversalmente por paredes del mismo material. El grosor de las placas, que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm. El policarbonato celular tiene una opacidad total a las radiaciones de longitud de onda larga. Es un material muy ligero, comparado con el grosor de la placa; aproximadamente es 10 a 12 veces menos que el vidrio, a igualdad de espesor. Además, estas placas pueden adaptarse en frío a estructuras con perfiles curvos de radio suave.

Estos invernaderos pueden ser construidos en bloques o individuales, siendo algunos factores climáticos como el viento los que inciden en la elección de estructuras individuales y factores económicos como costo de terreno, para elegir estructuras en bloques (Escobar, 2007).



Foto 29: Invernaderos de polietileno (izquierda) y policarbonato (derecha).

4.2 Sustrato

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta.

El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta dependiendo de las características que este posea. Es importante por tanto, conocer sus propiedades físicas, químicas y biológicas previas a su uso en la propagación de cualquier especie. Dentro de las propiedades físicas se encuentran la porosidad, densidad, estructura y granulometría, las que afectarán tanto en el flujo y movimiento de elementos líquidos y gaseosos en su interior, como en la resistencia en la elongación de los tejidos vegetales. En cuanto a las propiedades químicas, son importantes las reacciones químicas, físico – químicas y bioquímicas, las que pueden influir en la disponibilidad de nutrientes, humedad u otros compuestos para la planta. Por último, las propiedades biológicas son una herramienta

relevante que permiten inferir velocidad de descomposición, efectos de los productos de descomposición y, la actividad reguladora del crecimiento que pudiera presentarse.

Los sustratos se clasifican según sus propiedades en químicamente inertes y químicamente activos. Los sustratos químicamente inertes cumplen un rol de soporte para la planta, pero los químicamente activos, además actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias de la planta. Entre estos sustratos se cuentan corteza de pino compostada y vermiculita.

Por otro lado, los sustratos se pueden clasificar según el origen de los materiales, en orgánicos e inorgánicos. Entre los materiales orgánicos, se encuentran los de origen natural como las turbas; de síntesis, como polímeros orgánicos no biodegradables; y, subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas, entre los que se incluye la corteza

de árboles. Entre los materiales inorgánicos o minerales, se encuentran los de origen natural, como arena, grava y tierra volcánica; los transformados o tratados, como perlita, lana de roca y vermiculita; y, los residuos y subproductos industriales, como las escorias de horno alto y estériles del carbón, entre otros.

Existen diversos tipos de sustratos para la producción de plantas a raíz cubierta, los que se utilizan de acuerdo a la disponibilidad y las exigencias del productor. Entre los tipos más conocidos se encuentran la corteza de pino insigne compostada y la turba. Estos pueden ser mezclados con algún otro material como perlita, arena y piedra volcánica, para mejorar su intercambio gaseoso.

Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Al ser un material de origen natural posee una gran variabilidad. Las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas. Las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y de fitotoxicidad. Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas, y se recomienda que el 20 – 40% de dichas partículas sean con un tamaño inferior a los 0,8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0,1 a 0,45 g/cm³. La porosidad total es superior al 80 – 85%, la capacidad de retención de agua es de baja a media, siendo su capacidad de aireación muy elevada. El pH varía de medianamente ácido a neutro.

La corteza de pino compostada es el sustrato comercial más usado en Chile, debido a su disponibilidad y a sus buenos resultados en el desarrollo de las plantas. Como se trata de un desecho de aserraderos, se encuentra disponible y a bajo costo (US\$ 30-35 el m³). Por su alto contenido de taninos es necesario efectuar un lavado de estas sustancias tóxicas en la pila de compostaje, previo al inicio del proceso.

Las características propias de este sustrato son favorables a la producción de plantas, como son buena retención de agua, buena aireación y drenaje. Su pH ligeramente ácido, entre 4,5 y 6, idealmente 5,5, disminuye el ataque de hongos, bacterias y otros, debido a que afecta la actividad biológica dentro de las cavidades del contenedor y su poca fertilidad permite al viverista manejar la nutrición de la planta, regulando así el tamaño de ella o la condición que se pretende favorecer, es decir se puede retardar o acelerar su crecimiento en altura o su lignificación, según sean los requerimientos de plantas para las plantaciones (Sandoval y Stuardo, 2000; Escobar, 2007; Toro y Quiroz, 2007).

Por medio de la técnica de compostación aeróbica se transforma la corteza en un medio de cultivo que se caracteriza por ser aséptico, inerte, de bajo peso, de alta porosidad y de buena retención de humedad (Cabrera, 1995). A través de este proceso se pretende, entre otras cosas, llegar a eliminar las sustancias orgánicas que actúan como inhibidoras del crecimiento (Zötl, 1977, cit. por Huss, 1998). Requiere de cuatro elementos básicos para poder realizarse: material orgánico, microorganismos, humedad y oxígeno (Csiro, 1978, cit. por Cabrera, 1995).

El material orgánico es aportado por la corteza y basa su calidad en variables como el tamaño de las partículas y la razón carbono nitrógeno (C/N), siendo esta última la más importante. En general se recomienda un tamaño de partículas de la corteza menor a 1 cm y una razón C/N superior a 35:1, valores de 50:1 o mayores pueden producir problemas en la germinación de las semillas (Escobar, 2007). Al respecto la Norma Chilena de Compost NCh 2880 de 2004 (INN, 2004) señala que, la relación C/N debe ser menor o igual a 30 ó 25, dependiendo de la clase de compost analizado (tipo A o B). La relación C/N para dichos valores indicaría que su incorporación en el suelo no generaría problemas de inmovilización de nitrógeno (Varnero *et al.*, 2007).

En cuanto a los microorganismos, éstos son principalmente bacterias, hongos y actinomicetes (microflora), los cuales liberan dióxido de carbono, agua y energía, se reproducen y finalmente mueren.

El contenido de humedad en la pila de compostaje es muy importante. Si su valor es bajo (menor de 30 ó 40% base húmeda), implica una lenta descomposición. Si por el contrario es muy alto (sobre el 70 u 80% base húmeda) se impide la entrada de oxígeno, produciendo pérdidas de nitrógeno por lixiviación. El contenido óptimo de humedad se encuentra entre 55 y 60% base húmeda (Dalzell *et al.*, 1991; Csiro, 1978, cit. por Cabrera, 1995). No obstante, según indica la Norma NCh 2880, el compost debe presentar un contenido de humedad entre 30 y 45% de la masa del producto, en base húmeda (INN, 2004).

El abastecimiento adecuado de aire a todas partes de la pila en compostaje permite el abastecimiento de oxígeno a los organismos y sirve para eliminar el dióxido de carbono producido en el proceso (Dalzell *et al.*, 1991). Los niveles óptimos de oxígeno varían entre 5 y 12% (Hointink y Poole, 1980 cit. por Cabrera, 1995). La aireación se logra por el movimiento natural del aire hacia el interior de la pila, mediante el volteo periódico del material, manual o mecánicamente, o bien, insuflando aire al interior de la pila por medio de un ventilador. Sandoval y Stuardo (2000), indican que la aireación es posible mejorarla agregando material de mayor tamaño a la pila, que deje espacios suficientes, como por ejemplo ramas o partículas de corteza.

Además de estos elementos, normalmente se requiere la incorporación de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, entre otros, para tener tasas altas de descomposición, aumento de temperatura (llegando hasta 70°C) y mejoramiento en la calidad microbiana. Para este efecto se recomienda la incorporación de Urea en dosis de 3 kg/m³ de corteza.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es uno de los atributos más importantes relacionados con la fertilidad del medio de crecimiento, y se define como la capacidad del medio o sustrato para absorber iones cargados positivamente o cationes. En su evaluación se estima que mientras más alto es el valor de la CIC, mayor es la capacidad del sustrato para retener nutrientes (Landis *et al.*, 1989; Escobar, 2007). Toro y Quiroz (2007), indican que valores entre 40 a 60 cmol/kg, como deseables para la CIC de un sustrato.

Se recomienda efectuar una desinfección del sustrato previo a su uso para producción, con la finalidad de eliminar posibles factores de riesgo y a la ocurrencia de los mismos. Estos factores dicen relación con el daño por hongos, insectos, bacterias y nemátodos en las plantas (Vásquez, 2001). Generalmente se produce una menor germinación, *dumping off* pre y post germinación, incluso existe una predisposición al ataque de larvas subterráneas y *Agrobacterium tumefaciens*, por lo tanto se aconseja la aplicación de insecticidas, fungicidas, y/o herbicidas.

4.3 Contenedores

La obtención de plantas de calidad es una compleja tarea que se realiza en vivero conjugando diversas variables que contribuyen a obtener el producto deseado. Particularmente, una de las principales variables que maneja el viverista en la producción de plantas es el tipo de contenedor que será utilizado.

El sistema de contenedores se asocia a una fácil manipulación y ordenación de plantas, disminución de superficie y volumen de sustratos requeridos. Sin embargo, requiere de una fuerte inversión inicial que puede ser amortizada entre 3 a 4 años en un vivero de tipo permanente. El contenedor influye en atributos morfo-fisiológicos de las plantas tales como longitud y volumen radicular, altura y diámetro de cuello, área foliar, biomasa y estado nutricional de plantas.

Los contenedores son los envases donde crecen las plantas hasta el momento de ser llevadas a la plantación. Su principal función es sostener el sustrato, el cual aporta a las raíces agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico (Peñuelas, 1995; Dumroese *et al.*, 1998).

El tamaño del contenedor tiene una correlación directa con los parámetros morfológicos de las plantas a producir (Domínguez *et al.*, 1997; Domínguez *et al.*, 2000). A mayor volumen del contenedor se obtendrán valores superiores de altura y diámetro de cuello (DAC). El tamaño de la sección transversal del contenedor, expresado en número de celdas por metro cuadrado, determina la densidad del cultivo, variable que influye en el desarrollo de las plantas. Así, con alta densidad de cultivo normalmente se producen plantas de escaso diámetro, pudiendo manifestarse ahilamiento (fragilidad del tallo que se curva con facilidad con su propio peso); como contrapartida,

una baja densidad de cultivo puede generar plantas con poco crecimiento en altura.

Otra característica del contenedor es la profundidad del mismo. Contenedores de mayor profundidad y de sección estrecha pueden restringir la aireación del sustrato y las raíces, deteriorando la calidad de las plantas. Aún así, la mayor longitud o profundidad del contenedor puede ser una característica deseable en la producción de especies que desarrollan una fuerte raíz pivotante (Domínguez, 1997). Incluso el color del contenedor, así como el material que los conforma, influye en alguna medida sobre la desecación de las plantas, los colores oscuros provocan un aumento de temperatura y evaporación, sobre todo en las plantas expuestas directamente al sol, afectando a la supervivencia y desarrollo de éstas (Domínguez, 2000). Desde el punto de vista operativo, existen algunas ventajas e inconvenientes en el uso de contenedores que se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Principales ventajas e inconvenientes operativos en la producción de plantas en contenedores (Navarro y Pemán, 1997).

Actividades	Ventajas Inconvenientes
Necesidad de menor superficie y menos requerimientos para su instalación.	Costos de las infraestructuras, sobre todo si la producción se realiza en invernadero; Requiere un mejor diseño y una definición adecuada de los flujos.
Mejor control de las variables de cultivo, lo que permite adaptarlas a la planta tipo que se quiere obtener; Producción de plantas de características más uniformes; Aplicación más regulada y precisa del riego y la fertilización; Permite una mayor mecanización y reduce la mano de obra; Mejor control de las variables de calidad de planta; Único sistema de producción para especies que no toleran el repique convencional.	Sistema radical completo pero controlado en su crecimiento, lo que puede producir algunos problemas en las plantas; Dificultad para la producción de especies que necesitan volúmenes grandes de la raíz; Mayor costo de producción, para una misma especie y edad.
Reduce los problemas de desecación y daños durante el transporte; Facilita la mecanización del proceso.	Posibles problemas en la recuperación de los envases; Peso y volumen de los envases, lo que puede incrementar el costo de la operación.
Mayor resistencia de la planta al estrés de plantación, en particular en condiciones adversas; Facilita el proceso de plantación; Mayor posibilidad de arraigo al no tener mutilaciones el sistema radical; Permite alargar las campañas de plantación en climas con largos inviernos o sequías tempranas.	Problemas de reacción de la planta para crecer fuera del cepellón.

4.3.1 Tipos de envases

El tipo y tamaño del contenedor a emplear depende de diversos factores tales como el tamaño de la semilla, tamaño final de la planta, condiciones ambientales del sitio de plantación, comportamiento de la raíz al medio de crecimiento; del volumen de raíces, además de factores económicos como el precio del contenedor, disponibilidad y diseño de contenedores, volumen de sustrato y del espacio disponible en el vivero.

En la actualidad existen diversos tipos de envases, los que como principio general deben permitir un buen desarrollo de las raíces y evitar su espiralamiento (Lamprecht, 1990; Montoya y Cámara, 1996; Dumroese *et al.*, 1998).

Para la producción de plantas nativas a raíz cubierta se utilizan básicamente tres tipos de contenedores, según material y forma, los que se implementan, buscando un adecuado desarrollo radicular y mayores posibilidades de mecanizar su manejo.

Bolsas de polietileno: bolsas individuales de polietileno de sección circular ortogonal. Las más utilizadas son de color negro y tienen dimensiones, en largo y ancho, de 10 x 20 cm y de 8 x 15 cm, lo que representa volúmenes para el sustrato de 600 y 300 cm³, respectivamente. En general, su uso ha disminuido debido al elevado costo de producción, al emplear altos volúmenes de sustrato y un lento reordenamiento de las plantas; y a que las raíces tienden a formar un espiral, lo que en algunos casos produce el secamiento de la planta, una vez que ésta se establece en terreno (Foto 30 izquierda).

Tubetes insertados en bandejas: corresponden a envases plásticos individuales de sección cuadrada cónica, los cuales se insertan en bandejas o mallas de alambre (Foto 30 centro). Los volúmenes más utilizados fluctúan entre 80 y 300 cm³. Presentan facilidades para el reordenamiento de las plantas y son reutilizables (Cuadro 10).



Foto 30: Producción de plantas de Hualo en bolsas de polietileno (izquierda), plantas de Raulí en tubetes (centro) y plantas de Canelo en bandeja (derecha).

Cuadro 10. Características de contenedores (almacigueras y tubetes) más utilizados en viveros nacionales.

Tipo de contenedor	Almaciguera (Poliestireno expandido)						Tubete			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
cm ³ por Cavity	56	75	95	100	130	280	84	100	140	310
Cavidades por Almacigueras	104	135	112	84	84	60	135	126	188	24
Cavidades por m ²	416	540	448	336	336	240	336	336	336	336
Profundidad cavity (mm)	70	115	140	100	140	140	100	336	152	145
Diámetro Superior cavity (mm)	42	38	39	46	46	56	46	45	45	45
Largo (mm)	640	640	640	640	640	640	640	600	640	400
Ancho (mm)	390	390	390	390	390	390	390	38	56	63
Alto (mm)	70	115	140	100	160	140	100	120	140	45

Bandejas de poliestireno expandido (Styrobloks): son bandejas de poliestireno en forma de pirámide invertida, no separable ni biodegradable. Los volúmenes de las cavidades más utilizadas en las bandejas oscilan entre 56 y 100 cm³ para las especies exóticas más plantadas (Foto 30 derecha). Para especies nativas un volumen de contenedor de 130 cm³ ha permitido producir plantas de una temporada de buenas características. A nivel operacional son los contenedores más utilizados por sus facilidades de almacenaje, limpieza, llenado y transporte, y por la posibilidad de ser reutilizados.

4.3.2 Selección de envases

La selección del tipo de envase a emplear, puede estar determinada por la producción y la condición particular de plantación (Tinus y McDonald, 1979; Peñuelas, 1995). Generalmente la elección del tipo y tamaño de envase, se define por los costos operacionales en la producción de plantas y por los resultados de sobrevivencia y crecimiento de la plantación (Tinus y McDonald, 1979).

Las consideraciones más importantes desde el punto de vista operativo deben ser el costo del envase y disponibilidad, duración y reutilización, capacidad para examinar el medio de cultivo y el crecimiento de las raíces, capacidad de intercambiar y rellenar envase, manejo, transporte

y almacenamiento (Peñuelas, 1995). Con respecto al manejo, dependiendo del tipo y volumen del contenedor, se pueden considerar aspectos tales como: frecuencia de riego, fertilización y control de sustrato. Finalmente las características de las plantas a producir, en cuanto, a dimensiones y calidad.

Existe una relación directa entre el volumen del sustrato y el desarrollo inicial de las plántulas. Por lo general, envases con volúmenes mayores tienden a producir plantas más desarrolladas (Peñuelas y Ocaña, 1994). En esto puede influir que los contenedores más pequeños tienen una proporción más grande de su volumen en condiciones saturadas, por lo que normalmente requieren un sustrato con una mayor porosidad que los envases más grandes. A pesar de esto, experiencias con Raulí, demuestran que las plantas una vez establecidas en terreno tienden a uniformar sus dimensiones, independiente de su tamaño inicial (Grosse y Pincheira, 1998). Esto se da sólo si no se sobreponen otros factores como falta de agua y excesiva competencia, lo que perjudica mayormente a las plantas con menor desarrollo. En términos generales Escobar (2007) señala que, mientras más estrés hídrico presente el lugar a plantar, mayor debe ser la longitud del contenedor a utilizar, más gruesa y resistente a la flexión será la planta.

Arizaleta y Pire (2008) señalan que, la selección del contenedor más apropiado dependerá del balance entre la calidad de la planta producida y el costo de su producción.

La tendencia hoy en día es emplear contenedores de dimensiones pequeñas a medianas, de materiales livianos y forma cuadrada cónica, lo cual disminuye los costos de reposición, permite una mayor producción, facilita el transporte y evita deformaciones en las raíces de las plantas (Cuadro 10). Con respecto a esto último, Peñuelas (1995) y Dumroese *et al.* (1998) señalan que, las paredes verticales en los contenedores tienden a evitar el espiralamiento de las raíces, lo que es un problema normalmente detectado en la producción con bolsas de polietileno. Envases de bandejas de poliestireno expandido (Styrobloks) ofrecen estas características, por tal razón son utilizados mayoritariamente por los viveros comerciales que producen plantas nativas bajo este sistema.

4.3.3 Ubicación

La ubicación que tendrán los contenedores en un vivero instalado en la intemperie o a cielo abierto, debe asegurar que las plantas reciban la mayor cantidad de luz posible durante el día y periodo de crecimiento. Por ello se deben preferir las orientaciones norte y sur y si es en llano central, las orientaciones sureste-noroeste (Escobar, 2007).

Los contenedores con las plántulas en desarrollo deben ser ubicados en un lugar que permita facilitar su manipulación y acondicionamiento a través de las labores culturales, como riego, fertilización y, eventualmente, control de maleza. Para ello se pueden ubicar en el interior de un invernadero o a la intemperie, con un sistema de cobertura variable, sobre mesones especiales. Estos últimos pueden ser construidos con una malla metálica rígida que actúa como plataforma donde van colocadas las bandejas. No obstante, lo comúnmente construido por costos, rapidez y simpleza de instalación son los mesones de

madera, con postes impregnados y alambre. El alto de los mesones es variable y varía desde 30 cm sobre el suelo hasta aproximadamente 1 m, en función de la facilidad de operación del viverista, las horas de frío necesarias, el viento, entre otros factores.

4.3.4 Llenado

Una vez seleccionados los contenedores deben ser llenados con el sustrato especialmente preparado. Esta actividad puede realizarse en forma manual o mecánica dependiendo de la magnitud de la producción y de los recursos disponibles. El llenado se debe realizar hasta el borde superior del envase, cuidando de no compactarlo y no impedir la siembra de la semilla y posterior tapado de ellas (Dumroese *et al.*, 1998; Escobar, 2007).

Previo al llenado, se deben lavar los contenedores con agua, idealmente con algún sistema de presión que facilite la remoción del sustrato anterior adherido entre las paredes. Se recomienda además, bañarlos con una mezcla de látex y oxiclورو de cobre, lo que permite fijar el sustrato en el envase y actúa, al mismo tiempo, como podador químico de las raíces.

4.4 Siembra y Repique

La siembra se lleva a cabo inmediatamente después del tratamiento pre-germinativo (ver punto 2.8) de las semillas y puede ser en forma manual o mecanizada. Independientemente del tipo de siembra que se realice, Escobar (2007) menciona algunos pasos relacionados con el proceso de siembra, que corresponden a: marcación del punto de siembra, ubicación de las semillas sobre el sustrato, tapado de las semillas, y riego.

La siembra manual se puede efectuar en dos modalidades, siembra directa al contenedor y siembra en almácigo. Esta situación depende básicamente del tamaño de la semilla, de su

facilidad de manipulación y de su calidad (Navarro y Pemán, 1997). Este sistema requiere para una correcta ejecución y óptimos resultados, una gran cantidad de mano de obra del mismo nivel de especialización para que esta sea regular y homogénea.

Se recomienda sembrar a profundidad constante aproximadamente dos veces el diámetro de la semilla, cuando esta es pequeña. En el caso de semillas como Pitao, Avellano y Hualo es posible sembrarlas a una profundidad de una vez el diámetro.

La siembra manual directa consiste en colocar las semillas directamente en el contenedor con sustrato. Dependiendo de la viabilidad de la semilla, varía el número a depositar por envase, normalmente entre una a dos por cavidad. Previo a la siembra, se riegan las bandejas hasta que se comprueba el humedecimiento completo del sustrato. Como principio general se considera una profundidad de siembra igual al doble del diámetro de la semilla.

El orificio donde esta se ubica se puede realizar con un objeto pequeño como un lápiz, o bien, presionando levemente con el dedo anular. Posteriormente, se tapa completamente el orificio con el mismo sustrato y se identifica la bandeja con antecedentes tales como la especie, procedencia y fecha de siembra. El rendimiento de la siembra manual en contenedores puede alcanzar un promedio de 2.000 a 2.500 cavidades/jornada hombre.

Las almacigueras son cajones de tamaño y peso apropiado, que permiten un fácil manejo al operario. Esta siembra consiste en depositar una fina capa de semillas homogéneamente distribuidas en una almaciguera con sustrato (Navarro y Pemán, 1997), el cual puede ser el mismo preparado para los contenedores.

La siembra en almácigo es recomendable cuando la germinación es menor a un 40%, lo que ocurre

comúnmente con semillas de muy pequeño tamaño y con calidad deficiente. También, se utilizan las almacigueras cuando la germinación de algunas semillas es irregular.

Luego, las semillas son cubiertas con una capa de sustrato fino, como aserrín de pino hervido en agua, dándole una profundidad similar a una siembra directa normal. Finalmente la almaciguera se riega e identifica con los antecedentes ya señalados.

La siembra mecanizada a diferencia de la manual es rápida y de mayor precisión. Se realiza con una máquina eléctrica programada que va llenando y regando en forma sistemática las bandejas con los contenedores. Basa su funcionamiento en una bomba al vacío, que succiona una o dos semillas, las cuales coloca dentro de un orificio hecho con agujas en los envases que avanzan en sentido contrario y en forma perpendicular a través de una correa transportadora. Con este método se logran rendimientos de siembra que fluctúan entre 33.600 y 41.600 plantas por jornada de 8 h.

A diferencia del sistema de producción a raíz desnuda, la época de siembra en los contenedores corresponde a un período de tiempo más flexible, debido a que las condiciones ambientales pueden ser manejadas en el lugar donde se producen, principalmente las temperaturas a la cual germinan las especies (Dumroese *et al.*, 1998). Aún así, es necesario contar con un programa de producción que permita obtener la planta en el momento en que comience la época de plantación (por ejemplo en la zona central de nuestro país para junio o julio; más al sur puede ser hasta septiembre).

Con el sistema de producción en contenedores, bajo condiciones controladas en invernadero, es perfectamente posible producir plantas de especies nativas en un ciclo de producción de 9 a 10 meses y menos. Para ello, se recomienda realizar la siembra entre los meses de agosto y septiembre, con lo cual se asegura que las plantas

están preparadas para su plantación en el mes de junio del año siguiente. No obstante, algunos autores, recomiendan sembrar semillas como Avellano, Queule, Maitén y Pitao en otoño, o una vez que las semillas han sido colectadas (Donoso y Escobar, 1986a y 1986b; Cabello y Camelio, 1996).

El repique consiste en trasplantar las plántulas emergidas desde la almaciguera a los contenedores. Entre sus ventajas esta el aprovechar en su totalidad la capacidad de germinación de las semillas, selección de plántulas de mayor vigor e inducir una mejor formación radicular. Una de las desventajas de esta práctica se debe a que una planta trasplantada no logra alcanzar el desarrollo de una no trasplantada (Escobar, 2007). Normalmente se realiza luego de que las plántulas forman completamente sus dos primeros pares de hojas verdaderas, por ejemplo

para las especies forestales más utilizadas del género *Nothofagus* (Roble, Raulí y Coigüe), esto ocurre entre 3 y 4 semanas. Morales *et al.* (1998), aconsejan tener las siguientes consideraciones al momento de efectuar un repique:

- Se debe realizar en un lugar protegido de condiciones ambientales extremas, especialmente del viento y altas temperaturas.
- Como instrumento de ayuda se deben utilizar pinzas metálicas o plásticas, con las cuales se extrae la plántula de la almaciguera y se introduce la raíz en el sustrato del contenedor. La manipulación directa puede provocar quemaduras o deshidratación de las raíces.
- Una vez repicadas las plántulas deben ser regadas inmediatamente.