



Extracción y manejo de poscosecha

René Escobar R.

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analizan los aspectos relacionados con la manipulación de las plantas durante el tiempo transcurrido entre la cosecha en vivero y la plantación en terreno. Además se refuerzan algunos aspectos relacionados con la calidad de las plantas y la determinación de algunas variables de mayor valor predictivo de su comportamiento futuro en terreno. Por último, de manera sucinta se analizan los principales factores limitantes del sitio de plantación, la forma de abordarlos y varios aspectos relacionados con la organización y manejo del personal involucrado en la faena de plantación.

COSECHA, SELECCIÓN, EMBALAJE, ALMACENAJE Y TRANSPORTE DE PLANTAS

Cosecha de plantas

La cosecha de las plantas es la última fase del proceso de viverización. Las plantas de un vivero están en condiciones de ser cosechadas una vez que han alcanzado los atributos morfológicos, fisiológicos y del comportamiento deseados y, además, se encuentran debidamente endurecidas. La duración del periodo o ventana de cosecha varía con la especie que se esté cultivando, las condiciones climáticas del vivero, el nivel de endurecimiento requerido por las plantas y la época de plantación. Mantener las plantas en el vivero, ya sea a raíz desnuda o en contenedor, más allá del tiempo necesario, generalmente produce daños fisiológicos que afectarán negativamente el comportamiento en terreno. En viveros que producen plantas en contenedores, es común ver que muchas veces éstas permanecen en los mismos hasta el fin del periodo invernal o inicios de la primavera siguiente, a la espera de que el sitio de plantación presente condiciones adecuadas para instalar las plantas. Esto, a menudo, implica que las plantas reinicien el crecimiento radical o

del tallo antes de ser llevadas a terreno, lo que redundará en menores tasas de supervivencia y crecimiento inicial en la plantación (Figura 1). En algunas especies, basta que reinicien el crecimiento unas pocas raíces en el cepellón, para comprometer significativamente las tasas de supervivencia y crecimiento inicial de las plantas. (Figura 2).



Figura 1. Plantas producidas en contenedores. A) Con crecimiento de raíces nuevas sobre el cepellón. B) Sin crecimiento de raíces.

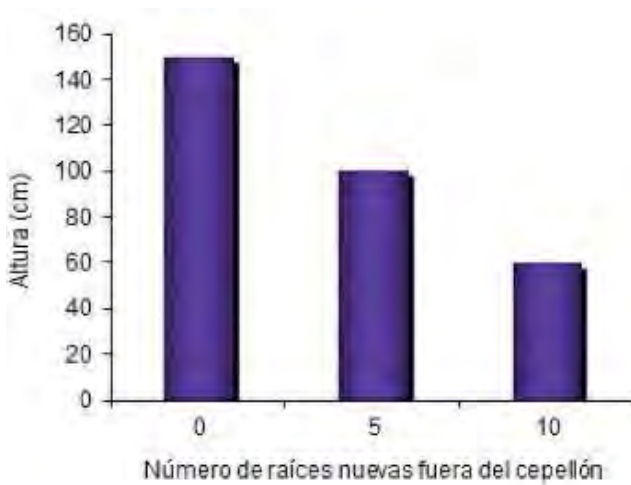


Figura 2. Efecto negativo del número de raíces nuevas fuera del cepellón en el momento de la plantación, sobre la tasa de crecimiento inicial en altura de plantas de eucalipto blanco o medicinal (*Eucalyptus globulus*).

Durante la cosecha o extracción de plantas se debe evitar la exposición de los sistemas radicales al sol y al viento, en algunas especies como eucalipto blanco o medicinal (*Eucalyptus globulus*), bastan 3 a 5 minutos de exposición para que se produzca oxidación de las raíces más finas. Por otra parte, exposiciones a vientos de más de 20 Km/h por periodos inferiores a 5 minutos, pueden provocar desecación de las plantas lo que afectará severamente su comportamiento en terreno.

Cosecha para plantación inmediata

La cosecha para plantación inmediata, llamada en el hemisferio norte plantación en caliente, es aquella en que las plantas son extraídas del vivero y enviadas al lugar de plantación en el menor tiempo posible, Generalmente se plantan antes de que transcurran 48 horas desde el momento en que fueron cosechadas para evitar eventuales problemas de deshidratación; tiempos superiores pueden producir daños por pérdida de agua en los distintos tejidos de las plantas. Se estima que el contenido ideal de agua en el tallo debe oscilar entre -0,2 y -0,5 Mega Pascales (MPa) para mantener el potencial de crecimiento radical (PCR) y lograr un rápido establecimiento, siempre y cuando el sitio de plantación proporcione condiciones adecuadas

para el crecimiento de la raíz (Peña 1996). La cosecha para plantación inmediata es un método que se utiliza en plantaciones realizadas en primavera e inicios de otoño. Por lo tanto las plantas no requieren de un programa de endurecimiento muy riguroso y basta que tengan la altura final deseada y se encuentren bien hidratadas.

Cosecha de plantas para almacenaje

La cosecha de plantas para almacenaje en frío requiere que éstas hayan acumulado una cantidad de horas de frío por debajo de cierto umbral para lo cual, normalmente, se utilizan como criterio temperaturas en base 10, 7 o 5 °C. Por ejemplo, en el noroeste de EE.UU. para almacenar a 1 °C plantas de coníferas cultivadas en contenedor por un periodo no mayor a 8 semanas, se recomiendan 300 horas de frío acumuladas en base 5 °C. Si el almacenaje es frigorizado, por ejemplo a -1 °C, por un periodo de 2 a 8 meses, se recomienda 350 horas de frío acumuladas. Para plantas producidas a raíz desnuda se recomienda 400 horas de frío acumuladas, en base 4,4 °C (Ritchie 2004). Para pino radiata (*Pinus radiata*) y eucalipto blanco o medicinal, se requieren al menos 300 horas en base 5 °C para almacenaje refrigerado y 500 horas de frío para almacenaje frigorizado. El pino radiata con más de 1500 horas de frío en base 10 °C, se comporta como si no tuviera horas de frío acumuladas (Escobar 2005).

Selección de plantas

No todas las plantas que se producen en el vivero están en condiciones de ser llevadas a plantación. Previo a la cosecha o junto con ella, se deben eliminar todas las plantas que no hayan logrado los valores de diámetro del cuello y altura establecidos como mínimos para los diferentes sitios de plantación. También se deben eliminar todas las plantas que presenten malformaciones en el tallo, daños bióticos en el follaje, pérdida severa de follaje o que hayan sufrido daños mecánicos durante la faena de extracción.

Los valores de las diferentes variables que se tienen en cuenta para calificar las plantas en el proceso de selección, se deben determinar en función del comportamiento de las mismas en los distintos tipos de sitio que

abastece o cubre el vivero. Al respecto, no es conveniente utilizar valores determinados en zonas, climas o países diferentes. Inicialmente, valores foráneos se podrían utilizar como valores referenciales, pero con el transcurso del tiempo cada vivero o área de plantación debería establecer los valores mínimos propios de cada variable para calificar a las plantas.

Cuando se producen plantas en contenedores, el proceso de selección normalmente se realiza con bastante anticipación al proceso de cosecha. Algunos viveristas lo hacen entre el inicio y la mitad del proceso de pleno crecimiento, lo que les permite intentar recuperar a las plantas de menor tamaño. Éstas se separan y reciben un manejo diferencial para que puedan alcanzar un crecimiento y desarrollo similar al del resto de los plantines. Para esta tarea, son especialmente convenientes los contenedores individuales. Con contenedores en bloque, las plantas pueden dañarse cuando se las traslada a otra bandeja en el caso de que no hayan formado aun un buen cepellón. Una buena y oportuna selección, además de permitir un aprovechamiento más eficiente de las cavidades, facilita una contabilidad más exacta del material disponible para la cosecha final.

Extracción y embalaje de plantas

Cuando se producen plantas en contenedores las bandejas deberían permanecer en el vivero. Esto implica que las plantas deben ser extraídas de los envases con su cepellón, ya sea en el lugar de cultivo, generalmente un invernáculo, o en otro lugar especialmente habilitado para ello. En algunas zonas los plantadores tienen la costumbre de trasladar las plantas dentro de los contenedores hasta el lugar de plantación. El argumento es que de esta manera las plantas sufren menos daño en su manipulación, pero no existe evidencia alguna al respecto. Llevar los envases al terreno determina que el plantador pueda ahorrarse la adquisición de envases para el traslado de las plantas. Sin embargo esta práctica puede presentar varios problemas, tanto para el vivero como para el plantador. En el caso del vivero puede causar: 1) destrucción y pérdida de cavidades por manipulación inadecuada, 2) aumento del riesgo de contaminación con agentes patógenos, 3) mayores costos de desinfección y, en definitiva, 4) menor vida útil de los contenedores. En el caso

del plantador puede ocasionar: 1) mayores costos de transporte, 2) mayor riesgo de daño por deshidratación durante el transporte desde el vivero al lugar de plantación, 3) mayor riesgo de daño durante la extracción de las plantas de las bandejas y, 4) mayor daño o destrucción de las cavidades de las bandejas.

La extracción de plantas en el vivero se debe hacer en el momento del día en el que el contenido interno de agua en las plantas es mayor. Esto tiene lugar antes de las 10 de la mañana y después de las 15 horas (Molina 1999), cuando los contenidos de agua en el tallo oscilan entre -0,2 y -0,5 MPa. En el momento de la extracción también se debe tener cuidado de proteger los tallos y sistemas radicales de los efectos directos del sol y del viento.

Cuando las plantas sean plantadas durante las primeras 48 horas después de cosechadas, pueden ser extraídas y embaladas directamente en las cajas de transporte. Si no se van a plantar inmediatamente, las plantas pueden depositarse y conservarse en cajas rígidas de manera tal que se puedan apilar (Figura 3). En ambos casos, el



Figura 3. Cajas utilizadas para transportar plantas desde el vivero a la plantación. A) Cajas no apilables que también suelen ser utilizadas por los plantadores dentro del predio. B) Cajas rígidas que pueden apilarse y permiten almacenar las plantas.

sistema radical debe ir suficientemente humedecido y protegido del viento para lo cual se recomienda regar a goteo antes de la cosecha, hacer paquetes de 25 plantas cada uno, aplicar gel hidratante o superabsorbente hidratado sobre el cepellón y cubrirlo o hacer el empaque con film plástico (Merino 1998). Posteriormente las plantas se depositan en la caja de transporte o empaque, según corresponda, debidamente hidratadas (López 1999). Si las plantas cosechadas están destinadas al almacenaje, se deben colocar en cajas construidas con materiales aislantes (Correa 1997).

Cuando exista duda sobre un eventual daño de las plantas provocado en alguna de las acciones realizadas entre la extracción y plantación, es recomendable evaluar la conductividad electrolítica relativa (CER). En coníferas valores de CER superiores a 10% son indicativos de eventuales problemas durante el establecimiento y el crecimiento inicial, y valores por sobre el 20%, además de lo anterior, indican problemas severos de supervivencia (Feijoo 1997, Molina 1999, Escobar 1999a). Medir la CER evita instalar en el terreno plantas que hayan sufrido daños irreversibles; es preferible perder solamente una partida de plantas y no sumarle la mano de obra, la preparación del sitio, etc. Es importante tener presente que distintas especies de árboles tienen diferentes valores críticos de CER. Por ejemplo, para una gran cantidad de coníferas un valor de CER de 20% es crítico, pero para algunas especies de *Eucalyptus* valores del 30% corresponden a plantas normales y recién con un valor de 50% se producen daños severos. Otra herramienta eficaz y rápida para evaluar daños en las plantas durante el proceso de extracción y plantación es la determinación del potencial hídrico en el tallo; potenciales entre -0,2 y -0,5 son ideales (Molina 1999).

Almacenaje de plantas

Muchas veces ocurre que el vivero está ubicado en un sitio con condiciones climáticas muy distintas al lugar de plantación. Por ejemplo, puede ser que en el vivero las plantas ya estén reiniciando el crecimiento radical, e incluso el del tallo, mientras que en el área a plantar el suelo esté aún cubierto con nieve. Cuando esto sucede, es recomendable recurrir al almacenaje de las plantas en un lugar frío, ya sea con temperaturas bajo cero (almace-

naje frigorizado) o sobre cero (almacenaje refrigerado). El objetivo es mantener las plantas sanas con la actividad fisiológica reducida al mínimo. Previo al almacenaje, las plantas deben recibir durante 24 hs un golpe de frío a 5 °C con una humedad ambiental de alrededor del 90% (Cea 1993, Bustos 1999, Escobar 1999a, Escobar 2005). Durante el tiempo de almacenaje, la humedad relativa debe estar siempre por sobre el 85%, e idealmente aún más alta, entre 90 y 95%. De esta manera aumenta la probabilidad de mantener el agua en el interior de las plantas en un valor cercano a -0,5 MPa. Otro aspecto importante y determinante para el almacenaje en frío, es que las plantas hayan acumulado una cantidad mínima de horas de frío a nivel del follaje en el vivero; ésto será determinante en la capacidad de las mismas para soportar las condiciones del almacenaje (Lazo 2001, Ritchie 2004, Escobar 2005).

Con el almacenaje refrigerado, las plantas pueden permanecer guardadas por periodos que van desde unos pocos días hasta alrededor de cuatro semanas; tiempos más prolongados son una excepción y se utilizan en plantas de hoja caduca o que formen yema apical. Se utiliza generalmente cuando se desea evitar que las plantas reinicien el crecimiento en vivero y/o prolongar el periodo de receso vegetativo. La temperatura se debe mantener entre 1 y 3 °C dependiendo de la especie y estado fisiológico de las plantas; temperaturas mayores, aumentan el riesgo de daño por hongos.

Con el almacenaje frigorizado las plantas pueden permanecer almacenadas entre 2 y 8 meses e incluso por mayor tiempo y la temperatura se debe mantener entre -1 y -3 °C. Una vez finalizado este tipo de almacenaje, las plantas necesitan volver gradualmente a la temperatura ambiente a la cual se plantarán, ya sea a inicios de la primavera o el verano. El almacenaje frigorizado requiere que las plantas hayan tenido un intenso proceso de endurecimiento en el vivero, especialmente en lo referido a la tolerancia al frío, debido a que durante el almacenaje sufren una disminución significativa de los carbohidratos (Escobar 1999a). Una forma de determinar la tolerancia al frío antes del almacenaje es a través de la conductividad electrolítica relativa.

Transporte de plantas y acondicionamiento en el sitio de plantación

Durante el transporte desde el vivero o desde la cámara de frío al sitio de plantación y dentro de éste, las plantas están expuestas a sufrir daños fisiológicos que pueden afectar severamente su comportamiento en terreno. El mayor riesgo que corren es el de la deshidratación; la planta debe tener un contenido de agua en el tallo no menor a $-0,5$ MPa. Por lo tanto, este eslabón de la cadena productiva debe estar enfocado a conservar el agua del interior de la planta. El transporte debe ser rápido y directo para evitar demasiada manipulación. Idealmente, las plantas no deben cambiar de medio de transporte y, si ello no fuera posible, jamás deben ser removidas de su embalaje hasta llegar al lugar de acopio en el terreno. En el transporte hasta el sitio de plantación, se debe tener especial cuidado en la temperatura a la cual viajen las plantas por el efecto que ésta tiene en la transpiración. Se estima que una buena temperatura de transporte es de 5 a 8 °C. Se deben utilizar vehículos cubiertos con carpas térmicas, carpas térmicas con anhídrido carbónico o carrocerías refrigeradas (Ramírez 1999). Estas últimas pueden servir como almacenaje temporal en el sitio de plantación (Figura 4). Lo ideal es que tanto la temperatura como la humedad a nivel de follaje, sean monitoreadas durante el viaje. De esta manera disminuye la posibilidad de instalar plantas en el terreno que hayan estado expuestas a temperaturas no deseadas y que hayan sido dañadas durante el transporte. El riesgo de pérdida de agua en las plantas, disminuye notablemente si se cubren las raíces con gel hidratado (López 1999) (Figura 5).



Figura 4. Carrocería refrigerada para almacenaje y transporte en frío de plantas.



Figura 5. Plantas producidas en contenedores con el cepellón protegido con gel hidratado.

En el lugar de plantación, si no es posible contar con unidades refrigeradas para guardar las plantas, es necesario hacer construcciones provisionarias que las mantengan a temperaturas bajas; donde hay nieve, pueden acondicionarse bajo la misma. Ante cualquier sospecha de un eventual daño durante el transporte, se debe evaluar el potencial hídrico y la conductividad electrolítica relativa de las plantas (Merino 1998).

En el terreno, las plantas generalmente son transportadas por los plantadores o por los abastecedores de éstos. Se debe cuidar que en las cajas de transporte los sistemas radicales se mantengan protegidos de los efectos directos del sol en todo momento (Merino 1998). Además, las cajas no deben contener una cantidad de plantas que demande más de dos horas de trabajo del plantador. El tiempo transcurrido entre el despacho desde el vivero hasta el momento de poner la planta en el terreno no debe superar las 48 horas y, preferentemente, se debería plantar en días nublados o lluviosos (Arriagada 1999).

ÉPOCA DE PLANTACION

Una planta se puede considerar establecida en el lugar de plantación cuando inicia el crecimiento radical. Mientras menos tiempo transcurra entre el momento de la plantación y el inicio del crecimiento de nuevas raíces, mayor será la tasa de supervivencia y de crecimiento inicial. Para que haya crecimiento radical en el lugar de plantación, el suelo debe tener a nivel de la rizófera una cantidad de oxígeno que oscile entre un 20 y 30%, una temperatura que esté en el rango en el cual crece el sistema radical de la especie, e, idealmente, un nivel de humedad cercano a la capacidad de campo (Barrientos 1999, Escobar et al. 2004). Cuando se establecen plantas en suelos saturados de agua, éstas mueren por asfixia de sus sistemas radicales en unos pocos días. Por otra parte, si las temperaturas están muy por debajo del óptimo, pueden transcurrir varias semanas sin que las plantas crezcan, en cuyo caso, vivirán de las reservas que acumularon en el vivero y las gastarán a expensas o en desmedro del crecimiento (Barrientos 1999). Por lo tanto, el viverista como el plantador, deben conocer los valores adecuados de los diferentes factores ambientales mencionados para la especie con la que estén trabajando.

Como el suelo a plantar debe estar húmedo, la mejor época para realizar esta faena es cuando se produzca la mayor pluviosidad. Hay sitios en los cuales ésta ocurre en verano y en otros, durante el otoño e invierno. En algunos lugares la precipitación ocurre en forma de nieve y en las épocas de temperaturas más bajas los suelos se congelan impidiendo con ello el establecimiento exitoso de la plantación. En esos sitios, es conveniente retrasar la época de plantación hasta que finalice el periodo de congelamiento, sobre todo si se están utilizando plantas producidas en contenedores. Si se decide instalar plantas en contenedores antes del congelamiento, una práctica que atenúa el fenómeno del descalce es eliminar cuidadosamente el sustrato del cepellón y depositar la planta en el suelo a raíz desnuda.

Plantación de otoño

En climas templados fríos, en donde las diferentes estaciones del año son muy marcadas, la plantación suele realizarse junto con las primeras lluvias importantes de

otoño. Así, la actividad de las raíces se ve beneficiada porque normalmente el suelo aún presenta temperaturas adecuadas para el crecimiento de las mismas y, por lo tanto, la fase de establecimiento es muy rápida. Por otra parte, para plantar en otoño a las plantas sólo se les ha realizado la primera fase del endurecimiento y aún, normalmente, están creciendo sus sistemas radicales y el diámetro del cuello. Se debe evitar plantar en sitios con heladas tempranas, especialmente si el drenaje del aire es deficitario, como en el fondo de un valle, o si los suelos son muy arenosos, porque el riesgo de mortalidad es alto. Una manera de evitar este tipo de riesgos es acelerar el proceso de endurecimiento tempranamente, para lo cual se debe recurrir a siembras muy tempranas, de manera de alcanzar el tamaño objetivo rápidamente. En especies de rápido crecimiento, al final del primer periodo vegetativo las plantaciones de otoño suelen alcanzar mayores alturas y diámetros del cuello que las realizadas en otras épocas del año.

Plantación de invierno

En climas fríos y templados fríos, el invierno es la época de mayor pluviosidad y cuando la mayoría de las especies se encuentran en receso vegetativo. Por lo tanto, es el periodo en el cual menos se estresan las plantas durante el proceso de plantación. Fisiológicamente, es el mejor momento para instalar las plantas en el terreno ya que están en reposo vegetativo y la humedad del suelo y ambiental son altas, lo que disminuye el riesgo de deshidratación por transpiración. El único aspecto negativo es que la temperatura del suelo puede estar muy por debajo del rango requerido para que crezcan las raíces. Otro aspecto, no menos importante, es que el invierno es la época más dura para los plantadores, ya que deben ejecutar sus tareas con condiciones climáticas adversas. Ello implica disponer de vestimenta que los proteja adecuadamente de la lluvia y el frío. También se debe tener presente que el consumo energético de un plantador es alto ya que, dependiendo de la herramienta que utilice, el mismo oscila entre 3500 y 4800 calorías al día; su dieta alimenticia debe considerar esta necesidad (Arrué y Escobar 1985).

Plantación de primavera

En sitios en los cuales la humedad ambiental es alta, como los cercanos al mar y con suelos que tienen una buena retención de humedad, es factible plantar en primavera. En este caso, las plantas se establecen en plena actividad fisiológica por lo cual son muy sensibles al estrés hídrico durante el transporte. Para plantar en primavera se utilizan plantas producidas en contenedores y especies cuya temperatura óptima para el inicio del crecimiento radical está entre los 17 y 22 °C, como es el caso de algunas especies del género *Eucalyptus*. También se puede plantar en primavera en sitios ubicados en áreas frías, cuando las condiciones entre el clima del vivero y el del lugar de plantación son muy disímiles. En este caso, generalmente se emplean plantas que han sido almacenadas en frío. Cuando se planta en primavera, el desarrollo en altura y diámetro durante el primer periodo vegetativo suele ser menor que si se plantara en otoño o invierno durante el periodo de receso vegetativo. En el caso de especies de crecimiento fijo, cuyo desarrollo está determinado en las yemas de la estación anterior, el efecto señalado no es tan importante.

Para mejorar las condiciones de humedad del suelo a nivel de la rizófera, se utilizan geles absorbentes, alguno de los cuales son capaces de absorber agua en una cantidad equivalente a varias decenas de veces su peso. El gel se puede poner previamente hidratado o hidratarse en el momento de la plantación y, en ambos casos, se debe mezclar homogéneamente con el suelo (Becerra 2001). Mientras mayor sea la humedad ambiental y del suelo, mayor será el efecto del gel utilizado. En sitios de baja humedad ambiental y en suelos que pierden rápidamente la humedad natural, el empleo de geles superabsorbentes suele resultar contraproducente (Mercado 2000). No se debe olvidar que las dosis de 2 a 4 g/planta que se suele prescribir, no permite un almacenamiento mayor a los 200 g de agua por planta o, en el mejor de los casos, 800 g por planta si se usa agua destilada, mientras que la evaporación por m² puede ser de 4 a 7 l por día (López 1999).

Plantación de verano

En el altiplano y en algunas áreas subtropicales de Sudamérica, la mayor pluviosidad ocurre durante el verano por lo que es la época de mayor humedad ambiental y

del suelo en la que se suele realizar la plantación. Allí, el método más apropiado de producción de plantas es en contenedores. En el verano hay una alta evapotranspiración, por lo cual las plantas se deben mantener en el cepellón con una humedad de capacidad de contenedor y transportarlas protegiéndolas del viento y el sol. Dado que las plantas se establecen en plena actividad fisiológica, es recomendable darles un "golpe de fertilización" de pleno crecimiento antes de cosecharlas y enviarlas a terreno (Venegas 2000).

CALIDAD DE PLANTAS

Independientemente de la época de plantación, un aspecto importante para obtener buenos resultados en la faena, es utilizar plantas de buena calidad. La calidad del material de plantación se refleja en su comportamiento; este implica la tasa de supervivencia y el crecimiento inicial en terreno. La tasa de supervivencia debe ser lo más cercana al 100% y se evalúa después de transcurrido el tercer a quinto período vegetativo en el terreno (Mellado y Soto 1974). Puede ocurrir que una misma partida de plantas instaladas en el terreno el mismo día por los mismos plantadores, logren un excelente comportamiento en un sitio y uno muy malo en otro. Cuando esto ocurre, es porque algún atributo de la planta, ya sea morfológico o fisiológico, no era el adecuado para el sitio con mayores limitantes. Por este motivo, hoy en día, los viveristas manejan el concepto de producir plantas para sitios específicos (Escobar y Peña 1985). Difícilmente un vivero podría producir plantas que puedan tener un buen comportamiento en situaciones edafoclimáticas muy diferentes. Lo normal, o aconsejable, es que se produzcan plantas con diferentes atributos morfofisiológicos y de comportamiento, de acuerdo con los factores limitantes de cada tipo de ambiente o sitio.

Atributos morfológicos

En plantas producidas en contenedores, los atributos morfológicos más importantes son la altura, el diámetro del cuello, la profundidad del contenedor y el desarrollo de las raíces sobre las paredes internas del mismo. La altura de las plantas está relacionada con los siguientes cuatro factores citados en orden de importancia:

- 1) La edad de la planta. Siembras más tempranas generan plantas más altas (Lema 1987).
- 2) El esquema de fertilización. Fertilizaciones nitrogenadas tienen efecto significativo positivo sobre la tasa de crecimiento en altura de las plantas (Monsalve 2006).
- 3) La frecuencia de riego. Hay que tener presente que el empleo de una mayor cantidad de agua de riego no necesariamente implica mayor crecimiento en altura. Las diferentes especies tienen distinta eficiencia respecto del uso del agua; cuando esta se aplica según el requerimiento de la especie cultivada, la tasa de crecimiento en altura es máxima (Urrutia 2007).
- 4) La densidad del cultivo. Ésta puede afectar el crecimiento en altura; plantas cultivadas a una densidad excesiva pueden incrementar el crecimiento en altura respecto de otras que crezcan a menor densidad, debido a la competencia por la luz.

El diámetro del cuello está íntimamente relacionado con el volumen del contenedor o densidad del cultivo. También es afectado por la fertilización nitrogenada (Monsalve 2006, Monsalve et al. 2009). La frecuencia de riego y su interacción con la fertilización nitrogenada, también pueden afectarlo (Bobadilla 2006). El diámetro del cuello es el atributo morfológico de mayor capacidad predictiva del comportamiento de las plantas en el terreno (Alzugaray 1997).

En zonas con estrés hídrico estival, la profundidad del contenedor es una variable preponderante en el comportamiento de las plantas en terreno. En este tipo de sitios se suelen utilizar contenedores con una profundidad de 16 a 20 cm, recomendándose plantar tempranamente (Salgado 1995).

En contenedores que no producen una poda química, las raíces secundarias de las plantas crecen pegadas a las paredes sobre la parte externa del cepellón, produciendo lo que se conoce como "efecto sauce" u "hombreras". Este tipo de raíz afecta la estabilidad de las plantas en el terreno, sobre todo en sitios con estrés hídrico, amenazando la supervivencia de las mismas (Quilodrán 1988).

También afecta negativamente el comportamiento de las plantas en terreno, la aparición de las raíces nuevas sobre la superficie del cepellón (Escobar 2007).

Atributos fisiológicos

Muchas plantas que cumplen con los atributos morfológicos prescritos por el vivero o los encargados de la plantación, pueden presentar problemas de supervivencia o falta de crecimiento a pesar de que el sitio no presente problemas limitantes. Esto, normalmente, ocurre cuando las plantas presentan problemas fisiológicos no siempre detectables a simple vista, tales como bajo contenido de agua en el tallo al momento de plantar, déficit nutricional, desequilibrios nutricionales, bajo contenido de carbohidratos solubles y mal estado sanitario, entre otros.

El potencial hídrico es una medición de energía libre del agua en un tejido vegetal, suelo o solución. El movimiento del agua a través del sistema suelo-planta-aire ocurre debido al gradiente de potencial hídrico. Termodinámicamente, se define como la capacidad del agua para realizar trabajo, en comparación con el agua pura libre a una presión y temperatura estándar, cuyo potencial hídrico es cero (Peña 1996). Se expresa comúnmente en unidades de presión, ya sea en bars o megapascales (MPa). En una planta plenamente túrgida o hidratada, el potencial hídrico es cero. El contenido de agua en la planta puede ser afectado por problemas de manipulación durante la cosecha, descuidos en el transporte y/o en el lugar de plantación. El contenido de agua en el tallo, como ya se mencionó anteriormente, debe oscilar entre -0,2 y -0,5 MPa para asegurar un buen potencial de crecimiento radical y, por lo tanto, un rápido establecimiento en terreno (Peña 1996).

El estatus nutricional del follaje en el momento de finalizar la fase de endurecimiento en el vivero, es muy importante. Si éste se encuentra en una situación de consumo de lujo, las plantas son muy sensibles al estrés hídrico y a un eventual daño por ramoneo de animales medianos y mayores. Si las plantas están bien nutridas, son resistentes al frío, al estrés hídrico y presentan un alto potencial de crecimiento radical. Si, en cambio, están en zona de hambre oculta, no muestran signos de deficiencias, pero una vez plantadas estos pueden aparecer en las hojas viejas (basales) debido a la movilidad de algunos elementos a zonas u

órganos de alta demanda. Estas plantas, en el futuro, tendrán tasas de crecimiento más bajas. Por último, si el estado nutricional es deficitario, las plantas suelen presentar en el follaje clorosis y tinciones propias de diferentes tipos de deficiencias. Esto, generalmente, produce paralización del crecimiento radical por períodos de 4 a 8 semanas y una baja tasa de crecimiento inicial (Escobar 1998 y 1999b).

El contenido de carbohidratos solubles totales es vital para el futuro crecimiento de las plantas (Mc Cracken 1979). Su contenido depende, en primer término, de las condiciones de manejo en el vivero; mientras más alta la tasa de fotosíntesis neta, más alto será el contenido de ellos en los distintos órganos de la planta. Contribuyen a disminuir el contenido de carbohidratos las malas condiciones de almacenaje en frío, el estrés hídrico excesivo, los problemas sanitarios en el follaje y el tiempo que transcurre entre la cosecha y el inicio del crecimiento radical en la plantación (Escobar 1999a).

La presencia de daños sanitarios en la parte aérea o el sistema radical de las plantas en el vivero puede afectar negativamente su comportamiento en terreno. Por lo tanto, es importante que durante la cosecha de las plantas se ponga especial cuidado en la detección de daños bióticos o abióticos que estén afectando a sus diferentes órganos. En esta fase son comunes los daños por hongos en el follaje y el tallo de las plantas. También es frecuente encontrar plantas que han estado expuestas a altas temperaturas y presentan daños de fermentación durante el transporte; en este caso es recomendable hacerles un test de conductividad electrolítica relativa (CER) para evitar plantar material severamente dañado (Merino 1998).

Atributos del comportamiento

Los atributos del comportamiento de las plantas son los que se expresan una vez que éstas se establecen en el terreno y se adquieren fundamentalmente en la última fase del proceso de viverización. Estos atributos son los que normalmente explican las diferencias de comportamiento en el terreno de plantas muy similares. Es frecuente ver que plantas de igual altura y diámetro de cuello, con un buen estatus nutricional y potencial hídrico, establecidas en diferentes sitios presentan comportamientos diferentes; mientras en un lugar muestran un

comportamiento muy exitoso, en otros fracasan al poco tiempo de haber sido plantadas. Ello ocurre porque los distintos lugares de plantación presentan diferentes factores limitantes al establecimiento y crecimiento de las plantas, que se traducen en diferentes condiciones de estrés que impiden que la planta exprese su potencial de establecimiento y crecimiento inicial. Por ello es que existe, como ya se mencionó anteriormente, el concepto de planta-sitio específica, es decir que las plantas se preparan de forma diferenciada para los factores limitantes de cada sitio. De esta manera, en el vivero se pueden preparar lotes de plantas más frío tolerantes que otras, para destinarlas a ambientes con bajas temperaturas o plantas que soporten más estrés hídrico en lugares con poca agua o en zonas con fuerte vientos. Para tener éxito con plantas sitio-específicas, se requiere una muy buena comunicación entre el viverista y el forestador. Es fundamental que el que produce las plantas sepa, con la debida anticipación, adonde irán éstas y que factores limitantes deberán vencer o soportar, ya que sólo así se podrá prepararlas adecuadamente. De otra manera, el plantador corre el riesgo de que las plantas que está comprando no estén preparadas para tener un buen comportamiento en su terreno.

Los atributos del comportamiento más importantes son el potencial de crecimiento radical (PCR) y la tolerancia al frío y la sequía. El PCR indica la capacidad de una planta para originar nuevas raíces, en un ambiente óptimo; para mayor detalle sobre este test ver el capítulo acerca de la fase de endurecimiento. Se debe determinar una vez finalizada la fase de endurecimiento en vivero. El PCR es un buen predictor del comportamiento de las plantas en terreno, básicamente respecto de la supervivencia y el crecimiento inicial (Decarli 1999).

Diferentes especies forestales tienen naturalmente distinta capacidad para soportar bajas temperaturas, fenómeno que se conoce como frío resistencia (Moraga et al 2006). En el vivero, manejando la interacción entre el desarrollo radical, el tallo, el riego y la nutrición, se puede aumentar en varios grados la tolerancia al frío. Por ejemplo, una especie que en forma natural soporta hasta -5 °C se le puede aumentar la tolerancia al frío hasta -10 y -12 °C (Escobar 2007). Por otra parte, una especie que en forma natural soporta hasta -15 °C, puede sufrir daño por frío con temperaturas de -3° C, si en el vivero se maneja

inapropiadamente la interacción de los factores señalados. Es importante tener presente que la inducción de la tolerancia al frío es una labor silvícola, por lo tanto, no perdurable en el tiempo; una vez que la planta reinicia su actividad fisiológica recupera su resistencia natural al frío.

Durante la fase de endurecimiento hay varias labores culturales que, según como se realicen, permiten aumentar la tolerancia al estrés hídrico de las plantas. Una de ellas es el manejo de la morfología del follaje y el tallo de las plantas. La aplicación de sucesivos y crecientes periodos de estrés hídrico durante la última fase de viverización, contribuyen a que las plantas soporten mejor la carencia temporal de agua. La fertilización y modificaciones sobre los equilibrios nutritivos, también permiten inducir mayor tolerancia a la sequía. Por último, un buen equilibrio entre la superficie de absorción y la pérdida de agua, hace que la planta pueda soportar mejor un eventual estrés hídrico en terreno (Villalobos 2006).

CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DEL SITIO A PLANTAR

Una plantación puede considerarse exitosa cuando se logran tasas de supervivencia superiores al 95% y el crecimiento en altura es igual o superior al 50% del máximo que puede alcanzar la especie en ese sitio. Si se cumple una sola de las condiciones la plantación no se considera exitosa. Para tener éxito se deben utilizar plantas de la mejor calidad posible para el sitio a plantar y ser cuidadosos con el manejo durante los procesos de cosecha, almacenaje y transporte. También se debe hacer una buena preparación del sitio para eliminar o disminuir los factores que limitan el establecimiento de las plantas. Por último, la plantación debe realizarse oportuna y adecuadamente. Los factores del sitio que limitan el éxito del establecimiento y comportamiento de una plantación pueden ser de diferente índole. Pueden estar relacionados con el clima, la fisiografía del terreno, la vegetación natural y los factores edáficos.

Aspectos climáticos

Como el clima es un factor que no se puede manejar, las plantas deben provenir de sitios con temperaturas y

pluviosidad similares al sitio donde se van a plantar. Se debe tener en cuenta la temperatura media, las máximas y mínimas absolutas, como así también los días con heladas y la duración del periodo vegetativo. En el caso de las especies nativas, como norma general, se recomienda no variar en más de 100 m la altitud y 150 km la latitud. Si la pluviosidad del lugar a plantar es menor que la del lugar de origen, se corre el riesgo de romper el equilibrio hídrico del sitio, lo que puede cambiar el comportamiento de micro y macro cuencas del área plantada. Además, con menos agua de la necesaria, la planta podrá vivir pero se estresará y aumentará su sensibilidad a daños por enfermedad, además de disminuir su potencial de crecimiento. Algo similar ocurre cuando la precipitación es muy superior a la del sitio de origen o tiene lugar en estaciones diferentes.

Factores fisiográficos

En áreas montañosas, la exposición y la posición en la pendiente, pueden afectar las tasas de supervivencia y crecimiento de algunas especies. Cuando en un área se planta más de una especie, los factores fisiográficos cobran especial relevancia para determinar qué y donde plantar, si se desea lograr un máximo aprovechamiento de la potencialidad de los sitios a repoblar. Si bien hay especies a las cuáles la posición en la pendiente o la exposición no las afecta, otras especies pueden crecer hasta un 50% más en cierta exposición o 30% más en la base de la pendiente que si son establecidas en la parte media o alta (Bassaber 1993, Escobar et al. 1993, Escobar et al. 2000). Debido a lo señalado, es recomendable que en los lugares que se hicieron ensayos de introducción de especies o procedencias, hoy se repitan utilizando todo el conocimiento disponible en propagación y establecimiento de plantas. Es muy probable que haya sorpresas importantes en los resultados porque mucho de lo sucedido en el pasado es consecuencia de la silvicultura aplicada y no de las especies establecidas.

Vegetación natural

La vegetación arbórea, arbustiva y herbácea de un sitio puede ser indicadora de la capacidad productiva de éste, de sus factores limitantes y, por lo tanto, de las labores

que se deben realizar antes de hacer la plantación. En lugares con baja pluviosidad (< 450 mm), la vegetación arbórea suele ser baja y hay poca diversidad de especies, generalmente de hojas caducas y follaje escaso, con una gran proporción del mismo transformado en espinas; las especies arbustivas características suelen ser de las familias *Fabáceae* y *Cactáceae*. En estos casos es importante modificar la estructura del suelo y controlar la vegetación herbácea antes de plantar; incluso algunas malezas deben ser controladas durante los dos primeros periodos vegetativos (González 1995, Salgado 1995). Dado que la vegetación herbácea suele ser escasa y nace en el invierno y muere tempranamente en la primavera, funciona bien el control mecánico realizado en surcos. A los suelos pesados se recomienda prepararlos en surcos y controlar químicamente las malezas herbáceas en el 100% de la superficie (Figura 6).



Figura 6. Control químico total de malezas y preparación del suelo en surcos, en una plantación de quillay (*Quillaja saponaria*) en un sitio con una precipitación de 600 mm anuales.

En lugares con pluviosidad media (500 - 1.200 mm), la diversidad de especies arbóreas y arbustivas es mayor; aparecen especies tolerantes a la sombra y normalmente hay mezcla de plantas siempre verdes y de hojas caducas. Los bosques son más densos alcanzando una cobertura del dosel del 100%. En suelos con alta humedad superficial, la vegetación herbácea está constituida por abundantes individuos de la familia *Ciperáceae* y en lugares con buen drenaje, por gramíneas y plantas de hoja ancha. En áreas con pluviosidad media la vegetación es el principal factor limitante para establecer plantaciones,

dada la alta competencia por el agua y los nutrientes. Esto puede afectar la tasa de crecimiento inicial y, si la precipitación está por debajo los 800 mm, puede afectar también la tasa de supervivencia, por lo cual, normalmente, el control de la vegetación debe ser total. En el pasado, en estas áreas, se solía utilizar el fuego para eliminar la vegetación competitiva. Básicamente se cortaban las especies arbóreas y arbustivas en primavera, se dejaban secar durante el verano y se quemaban a fines de la estación, después de las primeras lluvias de otoño. Esta práctica se ha dejado de lado dado que el fuego volatiliza los nutrientes y tiende a laterizar los suelos arcillosos. Hoy en día se recomienda cortar y picar o moler la vegetación leñosa del lugar para incorporarla al suelo durante la fase de modificación de la estructura y controlar las malezas herbáceas con herbicidas antes o después de realizar la plantación (González 1999, Mercado 2000).

En lugares con alta pluviosidad (> 1300 mm) la vegetación natural es abundante, de alta densidad y, normalmente, incluye una gran diversidad de especies. Con alta pluviosidad, la supervivencia no suele ser problema, pero la tasa de crecimiento inicial puede ser severamente afectada por la competencia con el pasto y las especies arbustivas (Escobar et al. 1992). El control y preparación del suelo habitualmente se hace en franjas y las malezas herbáceas se controlan químicamente con herbicidas no selectivos (González 1999).

Factores edáficos

El suelo es un factor importante en el comportamiento de cualquier plantación, sobre todo en lo concerniente a la profundidad, la textura, la pendiente y la fertilidad. Por este motivo, previo a la plantación, es recomendable realizar calicatas para conocer el perfil del suelo en los primeros 1,80 m de profundidad. Se deben cavar tantas calicatas como tipos de suelo se sospeche que existen, teniendo en cuenta que los cambios en la vegetación pueden ser buenos indicadores de los mismos. Generalmente las plantas no tienen problemas de establecimiento y crecimiento si las raíces pueden penetrar hasta 1,5 m de profundidad. Profundidades efectivas menores a la señalada, pueden afectar el comportamiento de la plantación. La profundidad de un suelo a plantar puede estar limitada por cinco factores:

- 1) Compactación por fluctuación de la napa freática. Si las capas compactadas se encuentran en el primer metro de profundidad, se deben romper antes de plantar a través de subsolado.
- 2) Compactación provocada por el uso. Cuando un suelo ha estado sometido a acciones de labranza con implementos agrícolas durante muchos años se suele producir el fenómeno conocido como pie de arado. Este implica la compactación del suelo a la profundidad donde llegan estos implementos. En suelos secos con bajo contenido de humedad natural, esto puede impedir la penetración de los sistemas radicales de las plantas. Un fenómeno análogo puede darse en suelos destinados al uso ganadero. Esta compactación puede solucionarse con subsolado usando una rastra savannah y en pendientes sobre el 30% con retroexcavadoras.
- 3) Presencia del material originario del suelo en la superficie. Algunos suelos, ya sea por efecto de la erosión o la posición en la pendiente, presentan el material originario (rocas) a baja profundidad. Esto limita la penetración radical y causa problemas de fertilidad, lo que afectará el desarrollo futuro de las plantas.
- 4) Presencia de napa freática superficial. En suelos arenosos cruzados por ríos, por sistemas de riego o, simplemente, con problemas de drenaje con lagunas o charcos, el agua puede encontrarse a no más de 1 m de profundidad. Esto limita la profundización de los sistemas radicales de los árboles, generándoles severos problemas de estabilidad frente al viento. El exceso de agua se puede solucionar mediante drenajes y subsolados.
- 5) Posición en la pendiente. Suelos con problemas de erosión y pendiente, tienden a ser más delgados en la parte alta de la misma, lo que puede afectar el crecimiento de algunas especies (Bassaber 1993).

Los suelos con textura arcillosa son los más sensibles a la compactación superficial dependiendo del uso anterior y, por lo tanto, son los que suelen requerir una modificación de su estructura antes de plantar. Estas labores se deben realizar en el momento en que el perfil del suelo tenga menos contenido de agua para lograr una mejor

aireación; si el suelo está muy húmedo no se alcanzará el objetivo (Fressard 1992, González 1995). Los suelos con textura limosa y arenosa, generalmente, no presentan problemas para la penetración y el crecimiento de las raíces, salvo por presencia de napas freáticas o escorias en los suelos provenientes de cenizas volcánicas. El problema que pueden presentar los suelos limosos y arenosos es la baja capacidad de retención de agua, por lo que suelen demandar un control más intensivo de las malezas. La pendiente del suelo influye sobre los métodos y equipos a utilizar para la preparación del sitio. Para pendientes entre 1 y 15% se pueden hacer surcos con rastras savannah, entre 15 y 30% con arados subsoladores, entre 30 y 50% con retroexcavadoras y para más de 50% con animales o en forma manual, construyendo casillas de 40 x 40 x 40 cm en el lugar en el que se depositará cada planta. En España, en la década del 90, se fabricó un tractor de alta estabilidad (TAE), que permite trabajar con todos los implementos anteriores, además de eliminar la vegetación en fajas con pendientes de hasta 60% (Figura 7). Una de las mayores virtudes de este tractor es que todos los implementos indicados trabajan en forma perpendicular a la pendiente, a diferencia de los tirados por tractores universales. En todos los casos, en la medida que la pendiente es mayor, los rendimientos de las faenas disminuyen. En suelos con



Figura 7. Tractor de alta estabilidad (arriba) y esquema mostrando como trabaja en suelos con mucha pendiente (abajo).

pendiente, tanto la preparación del sitio como la plantación se deben hacer siguiendo la dirección de las curvas de nivel. De esta manera se controla mejor la erosión y las labores de plantación y manejo silvícola son más "amistosas" con los operarios, especialmente en relación con su consumo energético.

La fertilidad natural de un suelo es muy variable porque está relacionada con su material de origen y con el clima del lugar. Generalmente los suelos que se forestan son aquellos que no son rentables para otro tipo de cultivo, como los que debido a malas prácticas agrícolas se han degradado y han perdido su fertilidad natural. Por lo tanto, los primeros centímetros de los suelos destinados a plantaciones forestales suelen ser nutricionalmente pobres en uno o varios de los elementos esenciales para las plantas. Esto ha determinado que en plantaciones manejadas intensivamente, la fertilización sea una herramienta silvícola de uso rutinario. La fertilización puede ser de apoyo, para prevenir deficiencias nutricionales, en plantaciones recién establecidas (Acuña 1993, Sánchez 1991) o correctiva, para solucionar deficiencias nutricionales que se han producido, en plantaciones jóvenes (Pereira 1991, Pereira et al. 1993). Para determinar que elementos aplicar se realizan, básicamente, dos análisis químicos: el de suelo y el foliar o fitoquímico. En general, la fertilización realizada sobre la base de los resultados del análisis del suelo no produce buenos resultados por cuanto este tipo de análisis no evalúa la acción de las micorrizas que juegan un rol importante en la nutrición de las plantas leñosas (González et al. 1983). Por este motivo, los especialistas en fertilización y nutrición de plantas leñosas prefieren realizar el análisis fitoquímico, específicamente el análisis foliar. Para realizarlo, es importante determinar los patrones nutricionales de la especie, la época e intensidad de muestreo y los protocolos de manipulación de las muestras a analizar (González et al. 1983).

CALIDAD DE LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE PLANTACIÓN

Una plantación realizada con plantas en contenedores se considera bien realizada cuando se logra el espaciamiento deseado y las plantas están firmes y rectas, enterradas hasta el cuello, uno a dos centímetros por sobre

la parte superior del cepellón. Se debe evitar enterrarlas demasiado ya que esto suele producir daños en el tallo que pueden afectar la supervivencia. Vale la pena mencionar que muy distinto es el caso de las plantas producidas a raíz desnuda, ya que lo normal es enterrarlas hasta un 25-30% de la longitud del tallo e, incluso, en algunos suelos hasta un 50% de la longitud del tallo; ésto se debe a que estas plantas tienen un tallo totalmente diferente a las producidas en contenedores. Además, se debe evitar que se formen bolsas de aire en el cepellón y que éstos se doblen en su parte inferior.

Los operarios que participan en el proceso de plantación deben estar debidamente capacitados en el uso ergonómico de las herramientas, la técnica de plantación propiamente dicha y los atributos morfológicos de las plantas (Arrué y Escobar, 1985). La calidad del trabajo de cada operario debe ser evaluada por lo menos una vez al día. El operario debe regresar a la caja de transporte aquellas plantas que no cumplan con los atributos deseados y depositarlas en sentido contrario al que llevaban desde el vivero. De esta manera, el jefe de cuadrilla podrá seguir más fácilmente el proceso de selección de las plantas y así determinar si es necesario realizar algún reclamo al vivero.

Las cuadrillas deben estar constituidas por un número impar de plantadores y por una cantidad que garantice un control eficiente por parte del encargado. Además se debe contar con una o más personas que cumplan la función de abastecedores de plantas, ya que los plantadores jamás deberían dejar de trabajar por falta de éstas. Mientras mayor sea la distancia entre el lugar de acopio de las plantas y el lugar en el que estén trabajando los plantadores, mayor deberá ser la cantidad de abastecedores.

Cada encargado de cuadrilla debería controlar unas cuatro veces al día el trabajo de cada plantador. Una manera de hacerlo sería la que se describe a continuación. Si una planta examinada está mal plantada, se deberá revisar la inmediata anterior y si ésta también está mal plantada, se deberá revisar la siguiente a la primera detectada como mal plantada. Si las tres están mal plantadas, se llama al plantador y se le solicita que revise toda la hilera y la plante correctamente. También, cada jefe de cuadrilla debería ser controlado por el encargado del predio al menos una vez al día y éste una vez a

la semana por el encargado de la plantación. Actuando de esta manera se pueden minimizar los defectos de la plantación. Los controles deben ser más frecuentes al inicio y término de cada faena y la primera y última semana de la plantación, por ser estos los momentos de más alto riesgo para cometer errores.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Acuña, E. 1993. Efectos de la fertilización de apoyo, con N P y K, en plantaciones de primavera de *Eucalyptus globulus* Labill.. Tesis Ingeniería Forestal. Depto. de Cs. Forestales. Fac. Cs. Agron., Veter., y Forestales, Universidad de Concepción. Chillán; Chile.
- Alzugaray, P. 1997. Efecto del diámetro de tallo y profundidad de plantación en la supervivencia y crecimiento inicial de plantas de *Pinus radiata* D. Don producidas con diferentes métodos en vivero. Dpto Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Arriagada, H. 1999. Efecto del tiempo de permanencia en manos del plantador sobre el potencial hídrico en plantas de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Arrué, E. y R. Escobar. 1985. Comportamiento de distintas herramientas de plantación en suelos de diferentes texturas de la VIII Región. I Simposio Investigación *Pinus radiata* en Chile. Vol.1(198-206). Universidad Austral de Chile.
- Barrientos, C. 1999. Crecimiento de raíces de plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* a distintas temperaturas. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Bássaber, C. 1993. Comportamiento de diferentes calidades de plantas de las especies *Eucalyptus globulus*; *Pseudotsuga menziessi* y *Pinus radiata* establecidas en diferentes posiciones fisiográficas y topográficas. Tesis Ingeniería Forestal. Depto. de Cs. Forestales. Fac. Cs. Agron., Veter., y Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Becerra, G. 2001. Crecimiento y supervivencia de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill. Bajo distintos tratamientos de aplicación de agua y superabsorbente en el secano interior de la VIII región. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Bobadilla, P. 2006. Efecto de la concentración de nitrógeno y esquemas de riego sobre el crecimiento y potencial de crecimiento radicular en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Cea, M.J. 1993. Almacenamiento en frío de plantas de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill.. Tesis Ingeniería Forestal. Depto. de Cs. Forestales. Fac. Cs. Agron., Veter., y Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Correa, P.M. 1997. Efecto del tiempo de almacenaje y el tipo de embalaje en el potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto Silvicultura. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Decarli, N. 1999. Efecto del potencial de crecimiento radicular en la tasa de supervivencia y crecimiento inicial de plantas de *Eucalyptus nitens*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Escobar, A. 1999a. Efecto del almacenaje en frío sobre atributos morfofisiológicos de *Pinus radiata* D. Don. Tesis ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Escobar, A. 2005. Efecto del almacenaje refrigerado y horas frío acumuladas sobre la época de cosecha y atributos morfofisiológicos y del comportamiento de plantas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis para optar al grado de Magíster. Escuela de graduados de Universidad de Concepción, Programa de Post Grado en Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Escobar, R. 1998. Nutrición y fertilización forestal en viveros Forestales. Agroanálisis 8: 6-10.

- Escobar, R. 1999b. Nutrición y fertilización en viveros Forestales (Parte II). *Agroanálisis* 9: 8-12.
- Escobar, R. 2007. Manual de viverización *Eucalyptus globulus* a raíz cubierta. CORFO, Innova Chile – INFOR, Centro Tecnológico de la Planta Forestal. 229 p.
- Escobar, R. y E. Peña. 1985. Supervivencia y crecimiento inicial de 6 tipos de plantas de pino radiata en suelos de distintas texturas. Primer Simposio Investigación *Pinus radiata* en Chile. Vol. 1:118-127. Universidad Austral. Valdivia, Chile.
- Escobar, R., Espinosa, M., Bassaber, C. y M. Sánchez. 1993. Efecto de la posición fisiográfica y calidad de plantas en la supervivencia y crecimiento inicial de *Eucalyptus globulus* Labill. después de tres años de plantación. "Simposio Los Eucalyptus en el desarrollo forestal de Chile". Pucón, Chile. 24-26 de Noviembre de 1993. INFOR/CORFO.
- Escobar, R., Ríos, D. y M. Sánchez. 2000. Efecto de la posición fisiográfica en el comportamiento de tres especies forestales de importancia para Chile. Primer Congreso Nacional Forestal "El papel de la reforestación en el desarrollo sustentable". 8 -10 Noviembre. Texcoco, México.
- Escobar, R., Escobar, A., Sánchez, M., Ríos, D., Pereira, G. y A. Mendoza. 2004 Utilización del Potencial de Crecimiento Radicular como método indirecto para determinar la mejor época de plantación de especies forestales. En: II Congreso Chileno de Ciencias Forestales. 10-12 noviembre, Valdivia, Chile.
- Feijoo, B.F. 1997 Medición del daño celular en plantas de Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) a través de conductividad electrolítica. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Fressard, P. 1992. Efectos de la preparación de suelos en el establecimiento y crecimiento inicial de especies del género *Eucalyptus* en la zona de Collipulli. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. de Cs. Forestales. Fac. Cs. Agron., Veter., y Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- González, G., González, C., Millán, J. y R. Escobar. 1983. Estudio de fertilización en plantaciones *Pinus radiata*. Primeros resultados. Documento de trabajo N°51. CONAF/PNUD/FAO CHI 003. 159 p. Co- Autor.
- González, C.L. 1999. Efecto de los esquemas de control de malezas en el comportamiento de plantaciones de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Lazo, C.R. 2001. Efecto del tiempo de almacenaje en el comportamiento de plantas de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Lema, M. 1987. Época de siembra y efecto de semisombra en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill 1-0 a raíz desnuda. Memoria de Título. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile.
- López, H. 1999. Efecto de la granulometría del superabsorbente en la protección de raíces en plantas producidas a raíz desnuda. Tesis de Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Mc Cracken, J. 1979. Changes in the carbohydrate concentration of pine seedlings alter cool storage. *Forest Science*. 9: 34 – 43.
- Mellado, C. y L. Soto. 1974. Efecto de la calidad de plantas y técnicas de plantación en el rendimiento y desarrollo del pino insigne en la zona de arenales. Memoria de Título. Carrera de Técnicos Forestales. Universidad de Concepción. Los Ángeles, Chile.
- Merino, S.C. 1998. Efecto del tiempo de extracción y tipo de embalaje en la conductividad electrolítica de plantas de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Mercado, E.G. 2000. Efecto del esquema de control de malezas y aplicación de superabsorbente en el comportamiento de plantas de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill en dos suelos diferentes. Tesis Ingeniería

- Forestal. Dpto.Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Molina, A. 1999. Efecto de la manipulación de plantas durante la cosecha en el potencial hídrico en plantas de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Monsalve, J. 2006. Fertilización nitrogenada en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. producidas a raíz cubierta. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Monsalve, J., Escobar, R., Acevedo, M., Sánchez, M. y R. Coopman. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radicular y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. Bosque 30 (2) 88 – 94
- Moraga, P., Escobar, R. y S. Valenzuela. 2006. Resitance to freezing in three *Eucalyptus globulus* Labial subspecies. Electronic Journal of Biotechnology 9 (3) 310 – 314 ISI.
- Peña, I. 1996. Potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D.Don con diferente potencial hídrico. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Pereira, G. 1991. Fertilización correctiva en plantaciones de *Eucalyptus globulus*. X Región. Tesis Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Fac. Agr., Cs Veterinarias y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Pereira, G., Escobar, R., Espinosa, M. y M. Sánchez. 1993. Fertilización correctiva con NPK en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus*, establecidas en suelos metamórficos de la X Región. Simposio "Los Eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile". INFOR/CORFO. 24-26 de Noviembre. Pucón, Chile.
- Ramírez, M. 1999. Efecto de la temperatura y tiempo de permanencia en el medio de transporte en el potencial hídrico y conductividad electrolítica en plantas de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Ritchie, G. 2004. Container seedling storage and handling in the Pacific North-West to some frequently asked questions. USDA Forest Service Procceding RMRS-P-33.
- Sánchez, O.M. 1991. Fertilización de apoyo en plantaciones *Eucalyptus globulus*. Tesis Ingeniería Forestal. Depto. de Ciencias Forestales. Fac. Agr., Cs Veterinarias y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Salgado, V.M. 1995. Supervivencia y crecimiento de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. plantadas en diferentes sectores de la VI Región. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Urrutia, C. 2007. Efecto de cuatro regímenes de riego en los atributos morfofisiológicos y del comportamiento en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. producidas a raíz cubierta. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción.
- Venegas, G. 2000. Efecto de la fertilización de pre cosecha sobre el potencial de crecimiento radicular de plantas de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Villalobos, M. 2006. Tolerancia a la sequía de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill en respuesta a diferentes regímenes de aclimatación a la sequía y poda de tallo en vivero. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.