

LA PLANTA IDEAL: REVISION DEL CONCEPTO, PARAMETROS DEFINITORIOS E IMPLEMENTACION PRACTICA

T. BIRCHLER

R.W. ROSE

Nursery Technology Cooperative. Oregon State University
Forest Sciences Lab 020. Corvallis. Oregon 97331 - 7501. EE.UU.

A. ROYO

Dpto. de Silvopascicultura. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 - Madrid. ESPAÑA

M. PARDOS

Dpto. de Selvicultura. CIFOR-INIA.
Apdo. de Correos 8111. 28080-Madrid. ESPAÑA

RESUMEN

El objetivo de este artículo es examinar de una forma ordenada lo que constituye una planta ideal y cómo concretar este concepto en un programa operacional.

Con el fin de alcanzar estos objetivos se discuten, en primer lugar, varios conceptos: la influencia de las prácticas culturales en vivero sobre las características de la planta, la fenología de la misma, y los procesos implicados en la supervivencia y crecimiento en campo. A continuación, se pasa revista a algunos de los posibles atributos de estado y de comportamiento de la planta que pueden servir para definir la planta ideal.

Finalmente, se presentan las líneas maestras de lo que constituiría un programa operacional de planta ideal.

PALABRAS CLAVE: Planta ideal
Comportamiento en campo
Atributos morfológicos y fisiológicos

INTRODUCCION

El establecimiento con éxito de una plantación es el principal objetivo en el proceso de repoblación forestal. Dicho establecimiento puede definirse de varias maneras, pero los impedimentos encontrados en el cumplimiento de este objetivo son comunes: la existencia de factores microclimáticos específicos del lugar de plantación y potencialmente perjudiciales para la misma, la competencia vegetal, los daños producidos por animales, el uso de procedimientos de plantación incorrectos, o el empleo de planta fisiológicamente inadecuada.

Los viveros forestales tratan de producir planta de la mayor calidad de la forma más eficiente posible, desde un punto de vista económico. Esto implica la definición de la plan-

Recibido: 29-4-98

Aceptado para su publicación: 1-10-98

ta de calidad, así como la mejor manera de evaluarla, aspectos ambos que siguen siendo objeto de continuo debate e investigación (Sutton, 1979; Chavasse, 1980; Grossnickle, Folk, 1993; Colombo, Noland, 1997). Actualmente, los viveristas y gestores forestales tienen a su disposición una gran variedad de procedimientos de ensayo, que van desde los más simples y directos a los más complejos, con los que evaluar cualquiera de las distintas características de la planta.

Es difícil determinar qué es lo que se tiene que medir, teniendo en cuenta los numerosos atributos morfológicos y fisiológicos que afectan al comportamiento en campo; pero una vez identificados, permiten definir la *planta ideal*, que incluye todas las características morfológicas y fisiológicas que se pueden ligar cuantitativamente con el éxito de la plantación (Rose *et al.*, 1990).

OBJETIVOS

En este artículo se pretende examinar todas aquellas características de la planta que se consideran importantes y actúan en concierto para permitir su supervivencia y crecimiento, a la vez que se determina la importancia de cada una de ellas. El objetivo que se busca es, por tanto, examinar de una forma lógica lo que constituye una planta ideal.

REVISION DE CONCEPTOS

Operaciones en el cultivo en vivero

Durante la producción de la planta en el vivero se realizan varias operaciones de cultivo, que permiten al viverista la manipulación de algunas de las condiciones ambientales presentes en el mismo. Para ello se vale del riego y la fertilización, que influirán en la morfología y la fisiología de la planta. Por otra parte, puede modificar directamente las mencionadas morfología y fisiología de la planta mediante la realización de actividades como el repicado o el trasplante.

Se describen a continuación de forma breve todas estas operaciones y su influencia sobre la morfología y fisiología de la planta.

Siembra: el primer paso en la producción de planta de calidad es obtener una germinación uniforme. Se deben considerar la pureza, el potencial de germinación y el vigor (Tanaka, 1984) para calcular la tasa de siembra, la determinación de tratamientos de pregerminación, la profundidad y la fecha de siembra.

Espaciamiento y densidad de cultivo: un espaciamiento uniforme en las plantas a raíz desnuda es fundamental para el control de la variabilidad de dichas plantas. Muchas de las operaciones empleadas, como el riego, la fertilización o el repicado interaccionan con la densidad. En las plantas cultivadas en envase la densidad viene fijada por el número de alvéolos por bandeja, sin que exista competencia por el agua y los nutrientes entre raíces adyacentes.

Acolchado del suelo: reduce la transpiración, la temperatura en la superficie del suelo y protege frente a la lluvia intensa (Pancel, 1993).

Sombreo: también reduce la temperatura en la superficie del suelo y la evaporación.

Riego: mantiene la humedad necesaria en las semillas sembradas y germinadas y, posteriormente, en las plantas; promueve el crecimiento de la planta; protege a las plantas fren-

te a las heladas; favorece otras prácticas de cultivo, como la fertilización, el repicado, el arranque y el trasplante; y, por último, permite alcanzar un cierto grado de estrés hídrico que induzca la formación de yemas y el endurecimiento de las plantas (Blake, Zaerr, 1979).

Fertilización: la única forma de mantener los niveles de nutrientes tanto en el suelo del vivero como en el substrato de los envases es mediante una continua reposición de los mismos, lo que se realiza mediante diversos programas de fertilización.

Micorrización: la simbiosis entre hongos y plantas superiores, frecuente en la mayoría de las especies forestales, puede mejorar su crecimiento. Esta mejora se centra generalmente en una mayor eficiencia en la absorción de agua e iones (Shemakhanova, 1962).

Eliminación de malas hierbas: bien a mano, bien de forma mecanizada o con herbicidas, su función es evitar la competencia por la luz, humedad y nutrientes, que puede disminuir la productividad de las plantas e incrementar la mortalidad en vivero.

Endurecimiento de la planta: durante la fase de vivero se deben incluir actividades que promuevan el endurecimiento, tales como la reducción del riego y la fertilización, y la modificación de las raíces (Lavender, 1984) con el fin de mejorar su resistencia una vez en el campo.

Modificación de las raíces: los efectos de las modificaciones en la morfología de la raíz de las plantas a raíz desnuda dependen de la arquitectura radical de cada especie (Benson, Shepperd, 1977; Duryea, Lavender, 1982). Inicialmente, dichos efectos son negativos, debido a la pérdida de una parte del mecanismo de absorción de agua; sin embargo, el desarrollo de raíces nuevas más fibrosas, una vez reanudado el crecimiento, incrementará su capacidad de absorción (Bacon, Hawkins, 1977; Duryea, McClain, 1984).

Extracción: proceso de arrancar las plantas a raíz desnuda de las eras del vivero o de sacarlas de los envases de cultivo. Esta operación resulta muy estresante para la planta, por lo que se debe realizar en el momento en que éstas sean más resistentes.

Selección, embalaje y manejo: la selección habitualmente implica la medición de la altura y el diámetro de las plantas cultivadas en vivero. Cada especie tiene fijados unos rangos (en el caso de la altura) o un valor mínimo a superar (en el caso del diámetro) (Mexal, Landis, 1990), de tal forma que las plantas que no cumplan las especificaciones fijadas son rechazadas.

Durante el proceso de extracción de las plantas, para su posterior trasplante o almacenado y plantación en campo, su manejo es continuo, lo que puede aumentar el estrés hídrico si no se toman las suficientes precauciones (Mena *et al.*, 1997a; Mena *et al.*, 1997b).

Trasplante: aplicado en los viveros a raíz desnuda, se define como el proceso de arranque de las plantas de la era del vivero (o de un tipo de envase) para su posterior plantación en otra, con una densidad mucho menor, lo que afecta positivamente a distintos parámetros morfológicos de la planta (Hermann, Lavender, 1976).

Almacenamiento: tiene lugar desde el arranque de las plantas hasta el trasplante o plantación en campo. Se realiza en cámaras frigoríficas o en congeladores, según su duración.

Plantación: es muy importante un correcto conocimiento del momento de plantación, no sólo para asegurar el éxito de la misma, sino también para poder determinar aproximadamente las fechas de realización de algunas de las prácticas anteriores.

Fenología de la planta

Las plantas cultivadas en vivero pueden presentar un aspecto robusto y vigoroso y, sin embargo, no ser capaces de comportarse adecuadamente en el campo; ya que durante su cultivo las condiciones de humedad, luz y nutrientes son óptimas, situación raramente encontrada en su medio natural. Por tanto, es importante hacer coincidir el ciclo anual de crecimiento de las plantas con la ecología del lugar de plantación (Hobbs, 1992), ya que la ausencia de esta coordinación fenológica con el medio hace que la determinación de las características morfológicas y fisiológicas que definen la planta ideal pierda interés.

La fenología es una adaptación que hace posible la supervivencia y crecimiento de la planta bajo las condiciones ambientales y ecológicas existentes. El ciclo anual típico de una especie de climas templados (Lavender, 1985) incluye uno o varios períodos de crecimiento activo del tallo, que se entremezclan con otros de reposo vegetativo, en respuesta a situaciones de estrés. El período de reposo o dormición invernal consta generalmente de cuatro fases consecutivas: dormición impuesta o *quiescencia* → dormición profunda o *reposo* → nuevamente *quiescencia* → apertura de las yemas e inicio de un nuevo ciclo de crecimiento activo.

El conocimiento de este estado de dormición permitirá asegurar que las operaciones de extracción, manejo, almacenaje y trasplante (o plantación) se realizan en el momento en el que las plantas son menos sensibles al estrés.

Supervivencia y crecimiento

¿Qué procesos fisiológicos específicos se interrumpen cuando se extrae la planta y se deben reiniciar para asegurar su supervivencia en el campo? ¿Qué se necesita para crecer y qué influye en ese crecimiento tras la plantación?

En el vivero se produce la manipulación del estado hídrico de la planta para lograr un equilibrio entre la absorción y la pérdida de agua. Con ello se intenta minimizar el estrés, optimizar la producción y permitir que la planta continúe su ciclo anual de crecimiento, ininterrumpido hasta el momento. Los factores de la misma que influyen en la absorción de agua, tales como distribución y longitud de raíces, superficie, permeabilidad y viabilidad (Burdett, 1990), están en su máximo; sin embargo, después de los procesos de extracción, manejo, repicado, almacenaje y plantación, estos factores cambian drásticamente: la distribución de las raíces queda modificada, quedando confinadas en un pequeño agujero con escaso contacto directo con el suelo (Sands, 1984) y el sistema radical pierde sus elementos más permeables pero también más frágiles, que son las raicillas no suberizadas (Chung, Kramer, 1975). Por tanto, no resulta sorprendente que las plantas recién puestas sean susceptibles al estrés hídrico, siendo el restablecimiento del contacto entre raíz y suelo y el inicio de la absorción de agua los factores críticos que determinan la supervivencia a corto plazo; y para que esto se produzca, se debe reiniciar el crecimiento radical (Burdett, 1990).

En coníferas, para que se produzca el crecimiento de nuevas raíces es generalmente necesario que la fotosíntesis proporcione la energía necesaria para el mismo (Marshall, 1985; Van den Driessche, 1987), pero para que la fotosíntesis ocurra se debe disponer de la humedad adecuada en la proximidad de la planta, ya que durante el proceso de intercam-

bio gaseoso se produce una pérdida de agua a través de los estomas. La situación en las especies caducifolias de zonas templadas es diferente, ya que deben esperar a la casi total expansión de las hojas recién formadas para iniciar la fotosíntesis, recurriendo hasta ese momento a las reservas almacenadas en las raíces.

En cualquier caso, es importante que las plantas contengan suficiente humedad en el momento de la plantación y que ésta se realice en la época adecuada, normalmente justo antes de que se alcancen las condiciones favorables para el crecimiento.

LA PLANTA IDEAL

A continuación, se describen brevemente algunos de los posibles atributos que caracterizan la planta ideal. Además, en los casos en que sea posible se indicarán valores de referencia para dos de las especies españolas más utilizadas en repoblaciones forestales: *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*.

Estado hídrico

Existen numerosos períodos de tiempo en los que las plantas son especialmente sensibles al estrés hídrico: durante la elongación activa del tallo, durante los procesos de extracción del vivero y plantación, y una vez trasplantadas. Por ello, para obtener un óptimo crecimiento y desarrollo de la planta en vivero, al igual que una humedad adecuada para la plantación, es importante mantener el potencial hídrico de la planta por debajo de los límites de estrés durante la época de crecimiento, así como durante la extracción, selección, transporte y plantación (Lavender, Cleary, 1974). Sin embargo, no conviene olvidar que reducir el riego y provocar estrés hídrico es también una herramienta importante empleada para inducir la parada del crecimiento y la entrada en dormición de las plantas (Zaerr, Cleary, 1981). En *Pinus halepensis* no se ha encontrado un efecto significativo del preacondicionamiento por estrés hídrico en las últimas fases de vivero sobre el potencial osmótico, el módulo de elasticidad de las paredes celulares o el potencial de crecimiento radical, aunque sí que se observó una disminución de la transpiración cuticular (Villar *et al.*, 1996).

El estado hídrico ideal puede ser determinado para cada una de las fases comentadas anteriormente. Por ejemplo, Cleary, Zaer (1980) sugieren que el potencial hídrico de plantas de *Pseudotsuga menziesii* a raíz desnuda debe ser mayor de -1,0 MPa, y preferiblemente mayor de -0,5 MPa, tras la extracción.

Estado nutricional

Si los nutrientes necesarios no están disponibles cuando se necesitan en unas cantidades y proporciones adecuadas, el crecimiento y la productividad de la planta se verán afectados negativamente. Cada especie tiene unos requerimientos particulares de nutrientes que permitirán un crecimiento y un vigor óptimos; estos requerimientos no son constantes y cambian según las plantas crecen y se desarrollan (Timmer, Armstrong, 1987).

Esto conduce a la formulación de programas de fertilización en vivero, que se establecen mediante el análisis de nutrientes en las plantas, de modo que puedan ser fijados unos rangos típicos para cada época del año, y puedan estudiarse las curvas dosis-respuesta para determinar la eficiencia del programa.

La importancia que para la nutrición de la planta tiene la asociación de la raíz con hongos de micorrización es bien conocida desde hace tiempo, y hoy en día son numerosos los viveros que cuentan con programas de micorrización controlada (Landis *et al.*, 1989).

No es fácil tratar de relacionar la nutrición de la planta con su comportamiento en campo. Las correlaciones directas entre los niveles de nutrientes y la supervivencia probablemente sólo serán significativas en los casos en que aquéllos estén lejos de los valores recomendados, cuando se haya roto el equilibrio nutricional o cuando el lugar de plantación esté extremadamente agotado de nutrientes. A pesar de todo, Oliet *et al.* (1997) encontraron un efecto favorable del aporte de nitrógeno en vivero sobre la supervivencia en campo de *Pinus halepensis*, cuando la concentración en la parte aérea superaba el 2 p. 100. Para esta misma especie, Royo *et al.* (1997a) también propusieron una concentración ideal de nitrógeno foliar superior a 1,5 p. 100.

Los carbohidratos y la planta

El estado de las reservas de carbohidratos de la planta es un parámetro fisiológico que puede dar alguna indicación de la salud y el vigor de la misma y que también puede tener implicaciones en el comportamiento en campo. Los carbohidratos se pueden dividir en estructurales (celulosas y hemicelulosas), reservas (almidón) y azúcares (carbohidratos metabólicamente activos) (Marshall, 1985).

El contenido en carbohidratos de la planta, por su relación indirecta con la respuesta en campo de las plantaciones y la dificultad de su cuantificación, no es de mucha ayuda a la hora de definir unas características ideales. En *Pinus halepensis* la concentración de carbohidratos totales no estructurales debe superar los 70 mg/g (Royo *et al.*, 1997a).

Morfología

La morfología de la planta es la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero, y generalmente es fácil de cuantificar.

El número de posibles parámetros morfológicos a examinar es alto y como algunos de ellos están muy correlacionados, se deben elegir aquéllos que proporcionen una mayor información y sean de medición más sencilla. A continuación, se habla brevemente de algunos de los más empleados:

Altura. Es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola. Ofrece sólo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante, e ignora la arquitectura del tallo.

La altura puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización, el riego y el repicado. Es difícil —y puede inducir a error— correlacionar la altura de la planta con el com-

portamiento en campo excluyendo otros parámetros. Varios estudios han concluido que la altura inicial de las plantas no se correlaciona, o lo hace de forma negativa, con la supervivencia, aunque sí se correlaciona con el crecimiento en altura tras la plantación (Thompson, 1985). Sin embargo, en clima seco Cortina *et al.* (1997) encontraron que la altura de las plantas de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* fue directamente proporcional a su supervivencia, con unas alturas medias mínimas de 16 cm y 7,5 cm, respectivamente, para alcanzar supervivencias superiores al 80 p. 100; pero en plantaciones con el pino en clima semiárido la supervivencia descendía con una altura media superior a 17,5 cm. Por otro lado, algunos estudios han mostrado que la ventaja inicial en el tamaño de la planta permanece en el tiempo (Funk *et al.*, 1974).

Una planta ideal presenta una altura dentro de un rango que ha sido unido con el éxito en las plantaciones de una especie dada, para unas determinadas condiciones de estación.

Diámetro. Es también de fácil medición. Da una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo (Cleary, Greaves, 1977). El diámetro está influenciado por la densidad del cultivo en vivero y puede verse afectado por prácticas culturales como el repicado apical. El diámetro de la planta se puede también mejorar a través de un aumento en la velocidad y la uniformidad en la germinación (Boyer, South, 1987). Una planta ideal tiene un diámetro mayor que un mínimo dado.

El diámetro se ha correlacionado con la supervivencia en *Pinus palustris*, pero no en *P. taeda* o *P. echinata*; también se ha correlacionado mejor que la altura con el crecimiento en plantaciones de *P. taeda* y *P. echinata*, aunque no de *P. palustris* (McGilvray, Barnett, 1982). Las diferencias iniciales en diámetro también pueden mantenerse en el tiempo (Blair, Cech, 1974). El diámetro no se mostró correlacionado con la supervivencia en *Quercus ilex* pero sí en *Pinus halepensis* (Cortina *et al.*, 1997).

Indices morfológicos

Relación parte aérea/parte radical: es el balance entre la parte transpirante y la parte absorbente, y se calcula habitualmente a partir de la relación de los pesos secos de cada una de las partes. Gil, Pardos (1997) proponen un valor de la relación menor de 2 para *Pinus halepensis*.

Este parámetro puede ser de gran importancia cuando la plantación tiene lugar en estaciones difíciles, donde el factor más influyente sobre la supervivencia del primer año es una larga y cálida estación seca.

Cociente de esbeltez: es la relación entre la altura de la planta (en cm) y su diámetro (en mm), siendo un indicador de la densidad de cultivo. Es un parámetro importante en las plantas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas (Thompson, 1985). En *Pinus halepensis* este cociente se encuentra entre 1,5 y 2,2, y en *Quercus ilex* entre 0,7 y 1,0 (Domínguez *et al.*, 1997).

Índice de calidad de Dickson: este índice integra a los dos anteriores y se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/parte radical. Este índice se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Dickson *et al.*, 1960; Ritchie, 1984).

En la Figura 1, se puede ver un ejemplo de aplicación de parámetros morfológicos para la definición de la planta ideal.

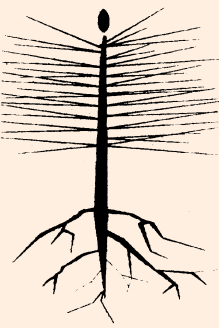

<i>Pinus taeda</i> 1 + 0	20-25 cm	Altura	30-50 cm	<i>Pseudotsuga menziesii</i> 1 + 1
	Terminal bien desarrollada	Yemas	Terminal y laterales bien desarrolladas	
	Unico, dominante	Tallo	Unico, dominante	
	0	Ramificaciones	> 8	
	> 4 mm	Diámetro	10-15 mm	
	> 6 laterales 1.er orden. Fibroso	Sist. radical	> 6 laterales 1.er orden. Fibroso	
	> 3,5 cm ³	Vol. raíz	> 30 cm ³	

Fig. 1.—Parámetros morfológicos que definen las plantas ideales de *Pinus taeda* y *Pseudotsuga menziesii*, según las especificaciones fijadas por la compañía norteamericana Weyerhaeuser para sus plantaciones (Rose *et al.*, 1990)

Morphological attributes which define Pinus taeda and Pseudotsuga menziesii target seedlings, following northamerican Weyerhaeuser specifications (Rose et al., 1990)

Evaluación del comportamiento

En los viveros de las zonas templadas se ha puesto mucho énfasis en tratar de predecir el resultado de las plantaciones mediante el uso de ensayos de comportamiento (Grossnickle, Folk, 1993). Estos ensayos dan una indicación puntual de cómo una planta se comportaría en un determinado ambiente.

Resistencia al frío

Este atributo es importante para los viveristas y los repobladores por dos razones: primero, por los graves daños que se producirían en el caso de exponer plantas no endurecidas a la helada (Warrington, Rook, 1980), y en segundo lugar, para determinar indirectamente el estado de dormición y de resistencia al estrés de las plantas (Lavender, 1985). Esta información es importante para establecer temperaturas límite que determinen cuándo extraer y almacenar determinados lotes de plantas (Faulconer, 1988), ya que el éxito en las operaciones de reforestación será mayor cuando el manejo se realice en los momentos de alta resistencia al estrés. En *Pinus halepensis* se recomienda que el índice de daño (Glerum, 1985) a -8° C no supere el 35 p. 100 (Royo *et al.*, 1997a).

Potencial de crecimiento radical (RGP)

Este ensayo es una medida de la capacidad de la planta para producir rápidamente nuevas raíces en un ambiente favorable. La capacidad de producir nuevas raíces es un indicador del estado fisiológico actual (integridad funcional) y en determinados casos puede predecir la supervivencia y el vigor de la planta tras la plantación (Ritchie, Tanaka, 1990). Las condiciones del ensayo (temperaturas y fotoperíodo), su duración (entre una y cuatro semanas) y los diferentes métodos empleados para cuantificar el nuevo crecimiento radical (medición directa, aumento de peso o volumen, empleo de índices) presentan gran variación en los diferentes trabajos (Ritchie, Dunlap, 1980; Burdett, 1987).

El procedimiento estándar se puede cambiar, ensayando las plantas en condiciones limitantes (sequía o bajas temperaturas de aire y de suelo), como forma de adquirir una idea más representativa de su posible respuesta en unas condiciones ambientales más realistas, lo que, además, permite detectar diferencias entre lotes con mayor facilidad (Grossnickle, Arnott, 1991).

Se pueden establecer valores ideales que indiquen el crecimiento radical mínimo necesario para unas condiciones determinadas, si se llegan a relacionar con el comportamiento en campo. En *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* se han encontrado correlaciones significativas del RGP con la supervivencia (Royo *et al.*, 1997b).

Parámetros de intercambio gaseoso

Las tasas de fotosíntesis, junto con la conductancia estomática y la transpiración, pueden ser medidas fácilmente y comparadas entre distintos lotes de plantas cultivados bajo diferentes regímenes, en condiciones ideales o en condiciones más frecuentes en campo (por ejemplo, sequía) (Folk *et al.*, 1995). Podría ser posible realizar investigaciones sobre cómo estas tasas se ven afectadas por unas determinadas prácticas culturales en vivero y establecer una línea de datos base. Sin embargo, dichas tasas fluctúan rápidamente con las condiciones ambientales, por lo que este tipo de test, al igual que el RGP, presenta limitadas posibilidades operacionales.

IMPLEMENTANDO EL PROGRAMA DE LA PLANTA IDEAL

La unión cuantitativa de características de la planta con el éxito de la plantación requiere un esfuerzo conjunto y concertado por parte de los repobladores, que fijarán los estándares de la planta, y de los viveristas. Este es un sistema cerrado, en el que el análisis de los resultados de campo se emplea para fijar nuevos estándares y buscar ensayos que permitan predecir el comportamiento de las plantas.

En la Figura 2 se presenta de manera esquemática cómo funciona el programa de la planta ideal. Como muestra el esquema, es crucial que ambas partes (viveristas y repobladores) estén de acuerdo sobre el tipo de planta que se puede producir y que funcionará mejor; si se deja al viverista a un lado de la decisión pueden crearse expectativas irrealizables.

Una vez que se ha acordado el tipo de planta y ésta se ha producido, el siguiente paso es plantarla y seguir su progreso en el campo durante al menos cinco años. La medición del

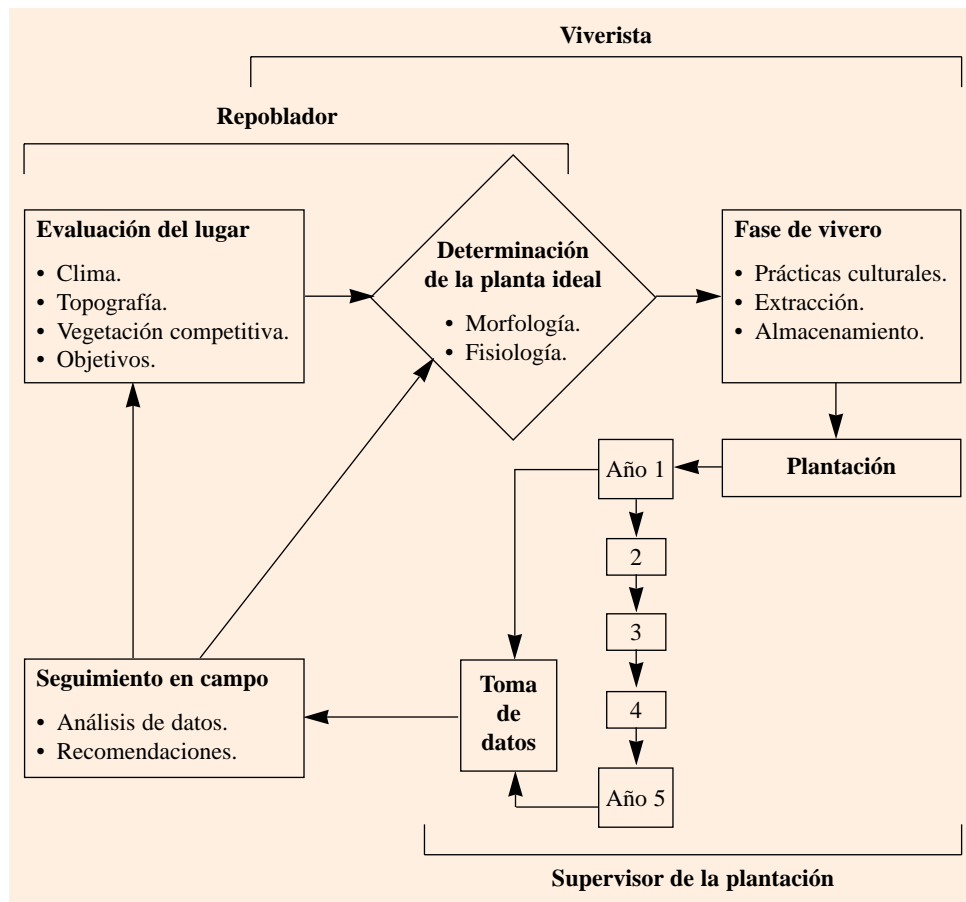


Fig. 2.—Esquema del funcionamiento de un programa de planta ideal
Schematic view of how a target seedling program works

primer año da una idea de la supervivencia y el crecimiento iniciales; el segundo año permite conocer la necesidad de replantar si el comportamiento de la plantación no ha sido bueno debido a una mala calidad de la planta, a una mayor competencia de la esperada por parte de la vegetación adventicia, o daños por animales, herbicidas u otros. Si todo ha ido bien, la medición del quinto año da una información excelente de cómo la nueva masa está ocupando el lugar.

Una vez que los datos han sido analizados, el proceso empieza de nuevo con la revisión conjunta de los resultados por repobladores y viveristas, de manera que el programa avance hacia nuevas mejoras.

Desde varios puntos de vista, un programa así puede ser visto como un programa de control de calidad diseñado para producir un producto con las mejores características (la planta), que consiga el máximo retorno (supervivencia y crecimiento). Ciertamente, no es

diferente de otros sistemas de gestión encaminados a afinar los detalles críticos que ahorran dinero y aumentan de forma efectiva la productividad.

SUMMARY

The target seedling: Review of concepts, attributes, and implementation of a working program

The purpose of this paper is to examine in a logical way what constitutes a target seedling and how to implement a target seedling program. The target seedling concept provides a working model of the knowledge required for reforestation success, and the target seedling program is the system by which people carry out the concept.

In order to accomplish this, several concepts are discussed first: the influence of nursery cultural practices on tree seedlings' attributes, seedling phenology and processes involved in successful seedling establishment and performance. Then, some of the possible material and performance attributes useful to define the target seedling are reviewed.

Finally, the guidelines for the implementation of a 'target seedling program' are presented.

KEY WORDS: Target seedling
Field performance
Morphological and physiological attributes

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BACON G.J., HAWKINS P.J., 1977. Studies on the establishment of open root caribbean pine planting stock in southern Queensland. *Australian Forestry*, 40: 173-191.
- BENSON A.D., SHEPHERD K.R., 1977. Effects of nursery cultural practice on *Pinus radiata* seedling characteristics and field performance: II Nursery root wrenching. *New Zealand J. of Forestry Sci.*, 7: 68-76.
- BLAIR R., CECH F., 1974. Morphological seedling grades compared after thirteen growing seasons. *Tree Planters' Notes*, 25: 5-7.
- BLAKE J., ZAERR J.B., *et al.*, 1979. Controlled moisture stress to improve cold hardiness and morphology of Douglas-fir seedlings. *Forest Science*, 25: 576-582.
- BOYER J.N., SOUTH D.B., 1987. Excessive seedling height, high shoot: root ratio, and Benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. *Tree Planters' Notes*, 38: 19-22.
- BURDETT A.N., 1987. Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth tests. *Can. J. For. Res.*, 17: 768-775.
- BURDETT A.N., 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Can. J. For. Res.*, 20: 415-427.
- CHAVASSE C.G.R., 1980. Planting stock quality: a review of factors affecting performance. *New Zealand J. of Forestry Sci.*, 25: 144-171.
- CHUNG H.H., KRAMER P. J., 1975. Absorption of water and ³²P through suberized and unsuberized roots of loblolly pine. *Can. J. For. Res.*, 5: 229-235.
- CLEARY B.D., GREAVES R., 1977. Determining planting stock needs. En: *Proc. Tree Planting in the Inland Northwest*. Baumgartner D. M., Boyd R., eds. Washington State University Cooperative Extension Service.
- CLEARY B.D., ZAERR J.B., 1980. Pressure chamber techniques for monitoring and evaluating seedling water status. *New Zealand J. Forestry Sci.*, 10: 133-141.
- COLOMBO S.J., NOLAND T.L., 1997. Making the grade. *New Forests*, 13 (1-3).
- CORTINA J., VALDECANTOS A., SEVA J.P., VILAGROSA A., BELLOT J., VALLEJO V.R., 1997. Relación tamaño-supervivencia en plantones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidos en vivero. En: *Actas II Congreso Forestal Español*, pp. 159-164.
- DICKSON A., LEAF A. L., HOSNERM J.F., 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.*, 36: 10-13.
- DOMINGUEZ S., HERRERO N., CARRASCO I., OCAÑA L., PEÑUELAS J., 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *P. pinea*: resultados de vivero. En: *Actas II Congreso Forestal Español*, pp. 189-194.
- DURYEA M.L., McCLAIN K.M., 1984. Altering seedling physiology to improve reforestation success. En: *Seedling Physiology and Reforestation Success*. Duryea M. L., Brown G. N., eds. Dordrecht, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 77-114.

- DURYEA M.L., LAVENDER D.P., 1982. Water relations, growth, and survival of root wrenched Douglas-fir seedlings. *Can. J. For. Res.*, 12: 545-555.
- FAULCONER J.R., 1988. Using frost hardiness as an indicator of seedling condition. En: *Proc. Western For. Nursery Council and Intermountain Nurseryman's Association*, pp. 89-95.
- FOLK R. S., GROSSNICKLE S.C., RUSSELL J.H., 1995. Gas exchange, water relations and morphology of yellow-cedar seedlings and stocklings before planting and during field establishment. *New Forests*, 9: 21-33.
- FUNK D.T., LIMSTROM G.A., 1974. Tall yellow-poplar seedlings still three years ahead of others. *Tree Planters' Notes*, 25: 8-9.
- GIL L., PARDOS J.A., 1997. Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. *Cuadernos de la SECF*, 4: 27-34.
- GLERUM C., 1985. Frost hardiness of coniferous seedlings: principles and applications. En: *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Duryea M. L., ed. Corvallis, Oregon, FRL. pp. 107-126.
- GROSSNICKLE S.C., ARNOTT J.T., 1991. Influence of dormancy induction treatments on western hemlock seedlings. I. Seedling development and stock quality assessment. *Can. J. For. Res.*, 21: 164-174.
- GROSSNICKLE S.C., FOLK R.S., 1993. Stock quality assessment: forecasting survival and performance on a reforestation site. *Tree Planters' Notes*, 44: 113-121.
- HERMANN R.K., LAVENDER D.P., 1976. Effect of length of pruned roots upon performance of Douglas-fir planting stock. En: *Proc. Western Forest Nursery Council and Intermountain Nurserymen's Association*, Richmond, B.C.
- HOBBS S.D., 1992. Seedling and site interactions. *Reforestation Practices in Southwest Oregon and Northern California*. Hobbs S. D., ed. Corvallis, Oregon, FRL, pp. 114-134.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., McDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol. 4. *Agric. Handbook 674*. USDA. Washington D.C., 119 pp.
- LAVENDER D. P., 1984. Plant physiology and nursery environment: interactions involving seedling growth. En: *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Duryea M. L., Landis T. D., eds. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 133-141.
- LAVENDER D.P., 1985. Bud dormancy. En: *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Duryea M. L., ed. Corvallis, Oregon, FRL. pp. 7-5.
- LAVENDER D.P., CLEARY B.D., 1974. Coniferous seedling production techniques to improve seedling establishment. En: *Proc. North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*, U.S.D.A. Forest Service.
- MARSHALL J.D., 1985. Carbohydrate status as a measure of seedling quality. En: *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Duryea M. L., ed. Corvallis, Oregon, FRL, pp. 49-58.
- McGILVRA Y J.M., BARNETT J.P., 1982. Relating seedling morphology to field performance of containerized southern pines. En: *Proc. Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference*. Guldin R. W., Barnett J. P., eds. USDA. Forest Service, General Technical Report SO-37. pp. 39-46.
- MENA A., HERNANDEZ J., GONZALEZ B., MUÑOZ A., LACUESTA M., 1997a. Efecto de las condiciones de almacenamiento en la fotosíntesis y fluorescencia de plántulas de *Pinus radiata* reimplantadas en riego y sequía. En: *Actas del II Congreso Forestal Español*, pp. 401-406.
- MENA A., LACUESTA M., DUÑABEITIA M. K., GONZALEZ B., MUÑOZ A., 1997b. Efecto de las condiciones de almacenamiento en las relaciones hídricas de plántulas de *Pinus radiata* reimplantadas en riego y sequía. En: *Actas del II Congreso Forestal Español*, pp. 407-412.
- MEXAL J.G., LANDIS T.D., 1990. Target seedling concepts: height and diameter. En: *Target Seedling Symposium: Proc., Combined Meeting Western Forest Nursery Associations*. Rose, R., Campbell S. J., Landis T. D., eds. U.S.D.A. Forest Service, GTR RM-200, pp. 17-36.
- OLIET J., PLANELLES R., LOPEZ ARIAS M., ARTERO F., 1997. Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en una plantación de *Pinus halepensis*. *Cuadernos de la SECF*, 4: 69-80.
- PANCEL L., 1993. Nursery management. En: *Tropical Forestry Handbook, Volume 1*. Pancel, L., ed. Springer-Verlag, Berlin, pp. 463-514.
- RITCHIE G.A., 1984. Assessing seedling quality. En: *Forest nursery manual: production of bareroot seedlings*. Duryea M. L., Landis T. D., ed. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 243-259.
- RITCHIE G.A., DUNLAP J.R., 1980. Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings. *New Zealand J. Forestry Sci.*, 10 (1): 218-248.
- RITCHIE G.A., TANAKA Y., 1990. Root growth potential and the target seedling. En: *Target Seedling Symposium: Proc., Combined Meeting Western Forest Nursery Associations*. Rose, R., Campbell S. J., Landis T. D., eds. U.S.D.A. Forest Service, GTR RM-200, pp. 37-52.

- ROSE R., CARLSON W.C., MORGAN P., 1990. The target seedling concept. En: Target Seedling Symposium: Proc., Combined Meeting Western Forest Nursery Associations. Rose, R., Campbell S. J., Landis T. D., eds. USDA. Forest Service, GTR RM-200, pp. 1-8.
- ROYO A., FERNANDEZ M., GIL L., GONZALEZ E., PUELLES A., RUANO R., PARDOS J.A., 1997a. La calidad de la planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. destinada a repoblacion forestal. Tres años de resultados en la Comunidad Valenciana. Revista Montes, 50: 29-39.
- ROYO A., GIL L., PARDOS J.A. 1997b. La resistencia al frío y el potencial de regeneración radical en plantas de *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Ait. y *Quercus ilex* L. cultivadas en contenedor. En: Actas del II Congreso Forestal Español, pp. 579-584.
- SANDS R., 1984. Transplanting stress in Radiata pine. Aust. For. Res., 14: 67-72.
- SHEMAKHANOVA N.M., 1962. Mycotrophy of woody plants. U.S. Department of Commerce [Transl. TT66-51073 (1967)], Washington, DC.
- SUTTON R.F., 1979. Planting stock quality and grading. Forest Ecology and Management, 2: 123-132.
- TANAKA Y., 1984. Assuring seed quality for seedling production: cone collection and seed processing, testing, storage, and stratification. En: Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Duryea M. L., Landis T. D., eds. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 27-39.
- THOMPSON B.E., 1985. Seedling morphology: what you can tell by looking. En: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Duryea M. L., ed. Corvallis, Oregon, FRL, pp. 59-71.
- TIMMER V.R., ARMSTRONG, G., 1987. Growth and nutrition of containerized *Pinus resinosa* at exponentially increasing nutrient additions. Can. J. For. Res., 17: 644-647.
- VAN DEN DRIESSCHE R., 1987. Importance of current photosynthate to new root growth in planted conifer seedlings. Can. J. For. Res., 17: 776-782.
- VILLAR P., OCAÑA L., PEÑUELAS J., CARRASCO I., 1996. Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántulas de *Pinus halepensis* Mill. sometidas a diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico. Cuadernos de la SECF, 4: 81-92.
- WARRINGTON I.J., ROOK D.A., 1980. Evaluation of techniques used in determining frost tolerance of forest planting stock: a review. New Zealand J. Forestry Sci., 10: 116-132.
- ZAERR J.B., CLEARY B.D., 1981. Scheduling irrigation to induce seedling dormancy. En: Proc. Intermountain Nurserymen's Association and Western Forest Nursery Association. U.S.D.A. Forest Service, GTR, INT-109, pp. 74-79.