

USO DE LAS ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL

Braulio Gutiérrez Caro¹

INTRODUCCIÓN

En términos generales el objetivo del mejoramiento genético forestal es aumentar la proporción de árboles deseables, en las sucesivas generaciones de plantaciones comerciales. En este sentido, el mejoramiento busca optimizar las ganancias genéticas en los caracteres de interés por unidad de tiempo. Para esto es fundamental poder propagar masivamente el mejor material disponible en cada etapa del programa de mejora.

Se pueden implementar diversas alternativas para producir en forma inmediata semilla con algún grado de mejoramiento. Entre otros se puede citar la cosecha desde rodales superiores, la cosecha desde árboles individuales seleccionados y la creación de áreas productoras de semillas.

Todos los métodos mencionados son de uso temporal, y normalmente se abandonan cuando se dispone de un huerto semillero permanente.

Generalmente, sobre estos huertos semilleros permanentes se concentran las esperanzas de obtención de ganancias genéticas, subestimándose o pasándose por alto las potencialidades que ofrecen los procedimientos provisorios.

Normalmente se afirma que los procedimientos de producción de semilla mejorada previos a los huertos, no permiten obtener beneficios importantes. Efectivamente las ganancias asociadas a estos procedimientos son menores que las derivadas del uso de semilla de huerto, pero aún así, el sólo hecho de cosechar en fenotipos seleccionados permite obtener ganancias en adaptabilidad que justifican su implementación, permitiendo a su vez cumplir con el objetivo del mejoramiento en las primeras etapas del programa, propagando el mejor material disponible en espera de la habilitación de los huertos semilleros.

En atención a estas consideraciones, en el presente documento se analizarán las características y potencialidades de la implementación de áreas productoras de semillas, como una fuente inicial de semilla mejorada, en espera de la instalación de los huertos semilleros de primera generación.

¹ Ingeniero Forestal. Instituto Forestal. Casilla 109-C, Concepción.
e-mail: bgutierr@infor.cl

DEFINICIÓN Y USO DE APS

Un área productora de semillas es un rodal natural o una plantación joven que contiene un grupo de árboles que se han identificado como superiores al resto y que se han conservado y manejado específicamente para la producción de semillas. En ellas se eliminan los fenotipos de poca calidad y se conservan sólo los mejores árboles para que se crucen entre sí y produzcan semilla con algún grado de mejora.

Estas estructuras de mejoramiento generalmente corresponden a los primeros esfuerzos realizados al iniciarse un programa de mejoramiento genético.

Su uso suele ser temporal, destinándose a satisfacer las necesidades inmediatas de semilla, en espera de la creación o entrada en producción de los huertos semilleros que generarán semilla con un grado mayor de mejoramiento.

En el caso de especies valiosas, de alto interés económico, y que justifican la implementación de un programa de mejoramiento genético, el uso de las APSs se constituye en una alternativa rápida para el abastecimiento de semillas. En estos casos su utilización será de carácter temporal mientras se desarrolla el programa de mejoramiento que garantizará la producción de material genético superior para el mediano y largo plazo.

Para las especies menores o de importancia económica secundaria, para las que no existe el interés por desarrollar un programa de mejoramiento complejo, las áreas productoras de semillas ofrecen una posibilidad práctica y operativa de controlar la calidad de la semilla, asegurando su adaptabilidad y garantizando algún nivel de mejora.

VENTAJAS DEL USO DE APS

Las ventajas asociadas al uso de las áreas productoras de semillas se pueden resumir de la siguiente forma:

- *Son de rápido y simple establecimiento.*
- *La producción de semillas se produce en forma inmediata, no siendo necesario esperar años para que el área entre en producción.*
- *La semilla generada posee mejores cualidades genéticas que la semilla comercial corriente, especialmente en lo que se refiere a la adaptabilidad, características del fuste y de la copa y resistencia a las plagas.*
- *Proporcionan semilla de un origen geográfico conocido.*

- Son de fácil acceso para la realización de los trabajos de cosecha y manejo.
- Son una fuente confiable de semilla bien adaptada a un costo moderado

GANANCIAS GENÉTICAS ASOCIADAS AL USO DE APS

El grado de mejoramiento genético, o nivel de ganancia, a obtener con un APS dependerá de varios factores, pero fundamentalmente del grado de selección que en ella se representa, y de la heredabilidad de las características que se evalúan o se pretenden mejorar.

A pesar de lo anterior, el grado de mejoramiento genético obtenido al usar semillas de APSs suele ser desconocido, pues los progenitores son seleccionados sólo por sus características fenotípicas y normalmente no se efectúan las pruebas de progenies correspondientes.

Aún así, en ocasiones estas pruebas se realizan y han permitido verificar que en las áreas semilleras de pino, en el sur de Estados Unidos, se conseguía sólo un limitado mejoramiento en el crecimiento en volumen (Zobel y Talbert, 1988). Este escaso mejoramiento en el crecimiento en volumen es consecuencia de la baja heredabilidad que normalmente exhibe este carácter, sin embargo se observan ganancias en la calidad de los árboles, su resistencia a las plagas y en general en características de adaptabilidad.

*Efectivamente, antecedentes derivados de ensayos con plantas provenientes de semillas generadas en áreas productoras de las especies *Pinus elliotii* y *P. taeda* confirman que estas muestran una escasa o nula superioridad sobre plantas producidas con semilla comercial corriente, en lo que se refiere a tasas de crecimiento, pero que si son claramente superiores en forma, uniformidad y resistencia a pestes. En estos tres últimos aspectos, las plantas provenientes del APS se comparan favorablemente con familias obtenidas por polinización controlada (Rudolf et al., 1974)*

A pesar de lo anterior, existen situaciones en que el mejoramiento en crecimiento ha sido razonablemente bueno en áreas productoras de semillas de plantaciones de especies exóticas, incluyendo pinos y eucaliptos. En este último caso, se obtiene una raza local introducida (Zobel y Talbert, 1988).

*Existen escasos antecedentes específicos relacionados con la ganancia en volumen asociada al uso de APSs. Muniswami (1977) señala que progenies de Teca (*Tectona grandis*) generadas con semillas provenientes de rodales naturales transformados en áreas productoras de semillas, exhiben en promedio un 10% más de volumen que los árboles producidos con semilla comercial sin mejoramiento. Por otra parte, en Finlandia, Oskarsson (1971) menciona ganancias en volumen de un 6% en árboles de*

Pinus sylvestris generados con semilla de APS, respecto a otros de semilla comercial.

Más antecedentes relacionados con las ganancias genéticas obtenidas como consecuencia del uso de APSs se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1
GANANCIAS GENÉTICAS ASOCIADAS AL USO DE SEMILLAS DE APS.

ESPECIE	LUGAR	CARÁCTER	GANANCIA	FUENTE
<i>Pinus radiata</i>	N. Zelanda	DAP	sobre 6%	Shelbourne (1969)
<i>Pinus radiata</i>	N. Zelanda	Rect Fuste	sobre 25%	Shelbourne (1969)
<i>Cupressus lusitanica</i>	Kenya	DAP	sobre 25%	Dyson (1969)
<i>Pinus sylvestris</i>	Finlandia	Volumen	sobre 6%	Oskarsson (1971)
<i>Tectona grandis</i>		Volumen	sobre 10%	Muniswami (1977)

Derivaciones teóricas, de carácter general, realizadas sobre algunos supuestos asociados al proceso de transformación de un rodal natural en un APS, indican que la ganancia genética en volumen, como consecuencia del uso de APSs puede fluctuar entre el 6 y 12% (UACH-INFOR, 1996).

En la práctica, la ganancia aumentará en la medida que la intensidad de selección sea mayor. En este sentido, en la creación de las APSs la selección se verifica en dos niveles; primero la selección de rodales y después la selección de árboles dentro del rodal. La selección de árboles dentro del rodal está limitada por la existencia inicial de árboles y el número mínimo de ellos que se debe conservar para que el área sea eficiente, de aquí la importancia que la selección de los rodales a convertir sea lo más rigurosa posible. Mayores detalles a este respecto se presentan en el punto ganancias genéticas en APSs de roble y raulí

ESTABLECIMIENTO DE APS

El establecimiento de un área productora de semillas es una actividad relativamente simple, que rendirá los mejores resultados en la medida que se respeten rigurosamente las siguientes consideraciones básicas:

Selección de rodales

Los rodales que en una primera inspección parecen apropiados para ser convertidos en APS frecuentemente resultan inconvenientes cuando se analizan con mayor detalle. En general, existen pocos rodales con edad y localización adecuada, y que además posean suficientes árboles de calidad para producción de semillas

El rodal que se transformará en APS debe ser el mejor de los rodales disponibles para ese sitio o localidad, y debe estar lo suficientemente alejado de otros de la misma especie y pobre características o de procedencias inadecuadas, de modo de evitar su contaminación con polen indeseable.

Idealmente el rodal debe ser puro, aunque se puede aceptar algún grado menor de mezcla con otras especies, siempre y cuando estas no hibriden con la especie principal, o compitan con ella afectando su crecimiento y desarrollo.

Otros factores a considerar en la selección del rodal son su superficie y forma, topografía, número de árboles y edad.

Superficie y forma:

El dimensionamiento de la superficie del APS, o del número de rodales a transformar en APSs, es función de consideraciones técnicas (características de la especie, posibilidades de endogamia, contaminación con polen indeseable, etc.); los requerimientos o demanda de semilla; y de factores económicos.

En general las áreas productoras de semillas deben tener una extensión mínima cercana a las cuatro hectáreas, debido a que el manejo de rodales pequeños es improductivo, y el riesgo de introducir polen extraño es grande.

Por otra parte, deben privilegiarse el uso de rodales de forma compacta y bordes simples, evitando en lo posible, rodales alargados o de contorno demasiado irregular. Estas consideraciones obedecen a la necesidad de favorecer la panmixia.

Topografía:

El rodal debe presentar una topografía que facilite el acceso y la realización de los trabajos de manejo y cosecha de semillas.

Idealmente debe ser un terreno plano y sin restricciones de acceso, lo que permite mecanizar algunas faenas y realizar visitas inspectivas durante todo el año.

Número de árboles:

No existen especificaciones rígidas respecto del número inicial de árboles que debe contener un rodal que se transformará en APS. Al respecto, la consideración fundamental es que debe contar con un número suficiente de árboles, de modo de permitir la selección de un número adecuado de individuos de alta calidad para conservarlos como productores de semilla.

Para que la colecta sea eficaz y se asegure una adecuada polinización, se deben conservar entre 40 y 400 árboles productores de semilla por hectárea. Zobel y Talbert (1988) señalan que es recomendable conservar del orden de 125 árboles por hectárea. Si esto no es posible, la conservación de 50 a 75 árboles por hectárea se considera apropiado para uso operativo (Zobel y Talbert, 1988). Por otra parte, si no se pueden obtener mas de 25 árboles por hectárea no es recomendable la transformación del rodal en un área productora de semillas. En el caso de coníferas norteamericanas, se señala que el número mínimo de árboles que deberían conservarse en un APS, fluctúa entre 35 y 70 árboles por hectárea (Rudolf et al., 1974).

Edad:

Los rodales que se transformaran en APS deben tener la edad suficiente como para producir semilla y para que sus árboles presenten copas con cobertura suficiente para generar cosechas abundantes.

Ellos deben ser lo suficientemente viejos como para haber demostrado su adaptación al sitio (especialmente en el caso de plantaciones), haber exhibido superioridad sobre los rodales promedio, y tener la capacidad de producir buenas cosechas de semillas. Por otra parte, deben ser lo suficientemente jóvenes como para asegurar la producción de semillas durante varios años en el futuro, antes de que esta decaiga por pérdida de vigor.

En el sur de estados Unidos la edad mínima para rodales de Picea que se transformarán en APS es de 30 años, mientras que la edad óptima se encuentra entre los 45 y 60 años (Rudolf et al., 1974). En esta misma región, Zobel (1988) indica que los rodales de especies de pino de entre 20 y 40 años de edad son apropiados para este fin.

En Gran Bretaña, Matthews (1962) señala que rodales de coníferas de 30 años, o de 40 en el caso de latifoliadas, son adecuados para constituir APSs.

Como antecedentes complementarios, en el cuadro 2 se señalan las edades más adecuadas para la creación de APS en algunas coníferas del hemisferio norte.

CUADRO 2
EDADES MÍNIMAS Y ÓPTIMAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE RODALES EN APS

ESPECIE	EDAD MÍNIMA (años)	EDAD PREFERIDA (años)
<i>Picea</i>		
<i>P. glauca</i>	30	45-60
<i>P. mariana</i>	30	45-60
<i>Pinus</i>		
<i>P. banksiana</i>	20	30 - 40
<i>P. elliotii</i>	20	30 - 40
<i>P. palustris</i>	25	30 - 50
<i>P. resinosa</i>	30	50 - 70
<i>P. strobus</i>	25	50 - 70
<i>P. taeda</i>	25	30 - 50

(FUENTE: Cole (1963) y Rudolf (1959), citados por Rudolf et al., (1974))

Transformación

Por transformación se entiende el conjunto de actividades que permite convertir al rodal seleccionado en un área productora de semillas. Esto se consigue fundamentalmente a través de la selección de los mejores árboles dentro del rodal, la eliminación mediante raleo de los demás, el establecimiento de una zona de aislación y la señalización del área.

Selección de árboles semilleros:

En los rodales seleccionados para su transformación en APSs, los mejores árboles deben mantenerse en condiciones que les permitan producir semillas y ser polinizados por otros individuos de una calidad comparable.

El primer paso consiste en seleccionar y marcar a los mejores árboles como productores de semilla. Dependiendo de la especie, la calidad de los árboles y la edad del rodal, se seleccionan entre 40 y 400 árboles por hectárea. Estos árboles productores de semilla deben presentar atributos similares, aunque menos rigurosos, que los árboles seleccionados como plus para ingresar a un programa intensivo de mejoramiento.

Los árboles que conformarán el área semillera deben presentar las siguientes características:

- Ser árboles vigorosos, fitosociológicamente dominantes o codominantes y libres de insectos y enfermedades.

- *Presentar un fuste recto y libre de defectos (acanaladuras, fibra espiralada, brotes epicórmicos, etc.)*
- *Las ramas deben ser pequeñas con relación al diámetro del fuste, y presentar un ángulo de inserción plano o cercano a 90° respecto al fuste.*
- *Las copas deben ser compactas, bien conformadas, con gran superficie foliar y buena poda natural.*
- *Debe haber antecedentes previos que indiquen que los árboles son capaces de producir semillas.*

Raleo:

El raleo que sigue a la selección de los árboles productores de semillas, tiene por objeto eliminar a los individuos inferiores y a la vez permitir que los fenotipos selectos permanezcan en condiciones que favorezcan el desarrollo de sus copas y la producción de semillas. En la medida que esta intervención se realice adecuadamente, se obtendrán los mejores resultados en términos de ganancia genética y de abundancia en la producción y cosecha de semilla.

El momento en que se realiza esta intervención determina la temporada a partir de la cual se puede comenzar la utilización del APS. Si el raleo se ejecuta después que los árboles han florecido, los árboles superiores remanente ya habrán sido contaminados por el polen de los individuos que se ralearon, y habrá que esperar hasta la próxima temporada para contar con semilla mejorada.

Como procedimiento, todos los árboles que no cumplan con las especificaciones indicadas anteriormente, o que sean capaces de hibridar o competir con la especie deseada, deben ser eliminados del APS mediante uno o más raleos. Esta consideración es de importancia fundamental, pues en la medida que se implemente rigurosamente, se podrá obtener el mejor resultado (ganancia) en la utilización del APS.

No se debe dejar ningún árbol que esté por debajo del estándar definido, ni siquiera por razones de espaciamiento. Inclusive, si en algunos sectores del rodal sólo existen fenotipos inferiores, todos ellos deben eliminarse, aún cuando esto origine grandes espacios en el rodal (Zobel y Talbert, 1988).

Por otra parte, para obtener una cosecha abundante de semilla, los árboles seleccionados como productores deben tener su copa expuesta a plena luz solar por lo menos en tres de sus costados. Si en sectores del rodal se encuentran varios fenotipos superiores juntos, algunos de ellos deberán sacrificarse de modo de permitir que los remanentes reciban suficiente luz para responder a la intervención.

Como regla general, se sugiere que el espaciamiento promedio entre los árboles que permanecerán como productores de semilla, sea igual a la mitad de la altura de los árboles dominantes y codominantes del rodal (Rudolf et al., 1974). Un espaciamiento de tal magnitud puede producir un incremento de hasta treinta veces en la producción de semillas de algunas coníferas (Cooley, 1970), pero a su vez conlleva el riesgo real de caída de árboles por efecto del viento.

Los daños causados por el viento en los árboles remanentes, se pueden controlar efectuando intervenciones más suaves y frecuentes, de modo de acondicionar gradualmente al rodal a la mayor exposición al viento.

Ipinza (1997) señala que un rodal que ha sido intervenido silvícolamente y que presenta una baja densidad, puede ser transformado en APS con una o dos intervenciones de raleo. Esta situación corresponde a la de los rodales de roble y raulí seleccionados como candidatos a APS en el marco del proyecto FONDEF TMMejoramiento Genético para Especies de Nothofagus de Interés Económico". Por otra parte, si el rodal es denso y los árboles muestran una fuerte competencia, será necesario realizar más de dos intervenciones para liberar paulatinamente las copas de los árboles que conformarán el APS.

En el cuadro 3, se entrega un esquema de raleos aplicable en rodales semilleros jóvenes.

CUADRO 3
PLANIFICACIÓN DE RALEO EN RODAL SEMILLERO JOVEN.

NUM ARB/HA	RALEO (%)	AÑO DE INTERVENCIÓN
1600	50	1 año después de cerrar las copas.
800	50	2 años después del primer raleo
400	75	2 años después del segundo raleo
100		

(FUENTE: Ipinza, 1997)

Otra consideración que debe observarse al realizar el raleo del rodal que se convertirá en APS, es que esta actividad debe ejecutarse con un cuidado extremo, de modo de minimizar el daño que puedan sufrir los árboles remanentes. Los residuos de esta operación deben eliminarse del rodal, de esta forma se disminuyen los riesgos de problemas sanitarios o incendios, y se facilitan las operaciones posteriores de manejo y cosecha de semillas.

Aislación:

Para minimizar la contaminación de los árboles seleccionados como productores de semillas, con polen de árboles indeseables de zonas aledañas al APS, esta debe rodearse por una franja de aislación, también llamada franja de dilución de polen. Aún así, debe considerarse que el aislamiento total es virtualmente imposible de obtener, debido a que el polen puede ser movilizado por distintos agentes a distancias considerables; por lo mismo el objetivo de la franja de dilución no es eliminar totalmente la contaminación, sino reducirla a niveles mínimos.

En este aspecto recobran importancia las consideraciones mencionadas para la selección de rodales, especialmente las referentes a la distancia que este debe conservar de las fuentes de polen contaminante.

Como regla general Ipinza (1997) menciona que el APS debe estar separado de plantaciones u otras fuentes de polen en un radio de un kilómetro. Si esto no es posible, se deben intervenir las plantaciones cercanas al APS con un criterio similar al utilizado para el establecimiento del área productora de semillas, vale decir, eliminando a los fenotipos indeseables.

El área productora de semillas debe estar rodeada completamente por una franja de dilución de polen de un ancho variable según características de la especie. Ella se compone de árboles de las mismas características que los del APS, pero desde los cuales no se efectuará cosecha de semillas.

En la práctica, en los rodales que se han raleado para transformarlos en APS, se define una zona de cosecha constituida por los árboles ubicados en la zona central del rodal, de este modo la zona de dilución queda definida en forma automática por los árboles ubicados en la franja periférica, desde los cuales no se cosechará semilla. El ancho de esta franja es variable, definiéndose que el valor mínimo debería estar entre 60 y 100 metros (Ipinza, 1997). Estudios de dispersión de polen realizados en algunas coníferas de la costa este de Estados Unidos permiten afirmar a sus autores que una franja de aislación de 150 metros es suficiente.

Monumentación

La monumentación del área productora de semillas corresponde al establecimiento en terreno de señales que permitan su identificación. Para estos efectos suele ser suficiente un letrero que indique que el rodal es un APS, y algunas marcas que permitan identificar claramente la zona de cosecha de la zona de dilución de polen. Para esto último existen diversas alternativas, entre las más simples está la marcación con un anillo de pintura a la altura del dap y un número correlativo en los árboles que componen la zona de cosecha. Ipinza (1997) propone demarcar las zonas de cosecha y dilución con zanjas y postes enterrados en el suelo.

MANEJO DE LAS APS

El manejo del área productora de semillas está orientado a asegurar la obtención de cosechas abundantes de semilla. Para estos efectos existen diversos tratamientos culturales, aunque su aplicación no es tan común en las APS como en los huertos semilleros.

Consideraciones tales como el riego, o la inducción de floración por medios hormonales, u otros, no son comunes en las APS y se reservan principalmente para los huertos semilleros.

Entre las principales consideraciones para el manejo de un APS deben considerarse la fertilización, el control de plagas y enfermedades, y las medidas de protección del rodal.

Fertilización

Las aplicaciones de fertilizantes, junto con la apertura del rodal aumentan el vigor de los árboles, permitiendo obtener copas más densas y fuertes que producirán más frutos.

No obstante que la aplicación de fertilizantes puede mejorar la producción de semillas, en este aspecto hace falta información sobre dosis, compuestos a aplicar, épocas, y relación beneficio-costos de la aplicación.

Una prescripción efectiva de fertilización dependerá del conocimiento que se tenga de los requerimientos nutritivos de la especie y de la disponibilidad de nutrientes minerales en el suelo. Esta prescripción idealmente deberá estar basada en al menos dos años de ensayos en un rodal específico, donde al menos un año haya sido de buena producción de semilla. Mientras no se cuente con esa información, se puede utilizar una prescripción de carácter general, como usar fertilización balanceada de NPK a razón de 450 kilos por hectárea, aplicado al rededor de cada árbol, una vez al año. La época de dicha aplicación también es crítica, pero si no se cuenta con información específica es recomendable efectuarla justo antes de la diferenciación de las yemas florales.

Protección contra pestes y enfermedades

El control de insectos debe tener una alta prioridad en los rodales manejados para producción de semillas debido a que las cosechas de frutos y semillas son anualmente arrasadas por una gran diversidad de insectos. Las pérdidas por este concepto varían de año en año, pero rara vez son menores al 10% y pueden fácilmente llegar a constituir más del 50% de la producción.

Una adecuada medida de control preventivo que debe implementarse en las APS la constituyen las inspecciones periódicas para detectar la presencia de plagas o de enfermedades que puedan afectar a la producción de semillas. Una temprana

detección de estos problemas, asociado al conocimiento de los agentes facilita su control y erradicación.

Las aspersiones con insecticidas para controlar a los insectos que dañan las semillas pueden hacerse en forma aérea o terrestre. Su eficiencia como medida de control suscita discusiones, pues es difícil conseguir aspersiones que cubran totalmente a grandes árboles, es costosa y pueden tener efectos ambientales secundarios. Particularmente compleja resulta su aplicación en el caso de especies cuyo vector de polinización lo constituyen precisamente los insectos.

A pesar de lo anterior, muchos agentes de pérdida de semillas pueden ser efectiva y económicamente controlados mediante aspersiones de insecticidas, especialmente cuando estos se aplican en forma aérea.

En el caso de los Nothofagus, particularmente en raulí, el principal agente de pérdida de semillas lo constituye el microlepidóptero Perzelia spp. El daño causado por este insecto consiste en la perforación de la semilla como consecuencia de la movilización de la larva por su interior. El daño puede ser total o parcial. En el primer caso se observan dos agujeros uno de entrada y otro de salida de la larva, en este caso el insecto se alimenta de todo el embrión dejando sólo la testa de la semilla. En el segundo caso sólo se destruye una fracción del embrión quedando la mayor parte de él en la semilla. Una forma de daño secundario asociado a este insecto consiste en la defoliación o esqueletización de las hojas más próximas a la cúpula (Schmidt et al., 1979 citado por Loewe et al., 1996).

Registros y evaluación de producción

El manejo del APS debe considerar la realización de evaluaciones de producción. Estas deberán realizarse en registros diseñados especialmente para este fin y deberán incluir todas las actividades que se han realizado en el rodal. Con esta información se puede evaluar la eficiencia del APS para producir semilla; el momento en que debe efectuarse la cosecha; y decidir si el volumen de producción de semillas justifica o no la cosecha de un año determinado.

Una forma de realizar tales evaluaciones es inventariar en forma visual cada árbol, o una muestra de ellos, para determinar si existe una cantidad suficiente de semillas que garantice la colecta. Un procedimiento adecuado para estos efectos consiste en analizar, con la ayuda de binoculares, un sector específico de la copa y posteriormente extrapolar el número total de frutos en el árbol, a partir de la observación del sector determinado. En esta operación se debe tener en consideración que desde el suelo normalmente sólo se puede ver menos de la mitad del número total de frutos.

Otras medidas de manejo

Después del raleo para conformar las APSs se deben remover los desechos y los árboles volteados. Esta operación facilita el acceso al área, reduce el riesgo de incendios, enfermedades y plagas, y facilita la ejecución de otras labores de manejo y cosecha de semilla.

Idealmente el APS se debe manejar libre de malezas y sotobosque en general. Esta consideración es especialmente válida cuando se pretende recoger la semilla con lonas extendidas en el suelo.

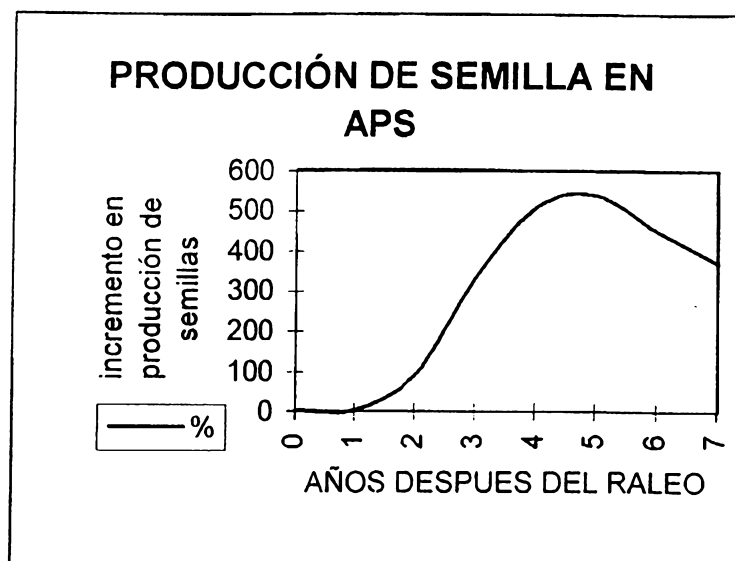
El APS debe estar rodeada, especialmente durante la temporada estival, de un cortafuego cuyas características aseguren su protección ante eventuales incendios.

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN LAS APS

Existen pocos antecedentes de producción de semillas en APS, observándose que generalmente los árboles de un área productora de semillas producen más semilla que los de un rodal normal, esto como consecuencia del mayor espacio individual con que ellos cuentan y de las medidas de manejo tendientes a favorecer la producción de semillas.

Inmediatamente después del raleo que permite conformar el APS se puede observar una disminución en la producción de frutos y semillas como consecuencia del menor número de árboles por unidad de superficie. Posteriormente, en la medida que los árboles remanentes reaccionan a la intervención, la producción de semilla comienza a aumentar considerablemente. Por esta razón, la producción de semillas en el APS normalmente experimenta un desfase respecto al momento de la intervención.

*En la figura 1 se representa esta situación, mostrándose el porcentaje de incremento en la producción de semillas en un APS de la especie *Pinus taeda*, respecto del mismo rodal antes de la intervención. En él se observa que la producción de semillas se incrementa violentamente entre el segundo y tercer año después de la intervención, llegando a quintuplicarse y más alrededor del cuarto año. También se hace evidente que el efecto de la intervención comienza a decrecer después del sexto año.*



(FUENTE: Zobel y Talbert, 1988)

FIGURA 1
PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN APS DE *Pinus taeda* DESPUÉS DE RALEO.

El incremento en la producción de semillas es muy variable, Cooley (1970) señala que en las condiciones de un APS la producción de conos en algunas coníferas puede aumentar en más de treinta veces. En el caso de áreas productoras de picea el aumento en la producción de semillas después del raleo que conformó el APS fue de 63%, mientras que en *Pinus taeda* hay antecedentes que la producción de las APS es entre 25 y 75% mayor que en cosechas corrientes.

Independiente de la magnitud de este incremento, no se debe olvidar que la ventaja del uso de semilla de APS está determinada por la calidad de la semilla, que es lo que en definitiva permite obtener algún grado de ganancia genética en las características que se pretende mejorar.

COSECHA DE SEMILLAS EN APS

Existen básicamente dos formas de cosechar un APS, dependiendo de si esta es temporal o semipermanente. La primera de ellas se utiliza cuando abundan los rodales de buena calidad para constituir APS. En este caso, los árboles que conforman el área productora son talados para efectuar la cosecha, actividad que se realiza en un año de buena producción de semilla. La ventaja de este método es que la semilla se obtiene a un bajo costo, pero no es aplicable a la situación de los rodales de roble y raulí en Chile, por cuanto existen pocos rodales de características compatibles con la creación de APSs y estos deberían generar semillas hasta que esté disponible aquella proveniente de huerto semillero.

En las áreas semilleras semipermanentes se opera bajo el principio de que se obtendrán varias cosechas de semillas antes de talar los árboles. En este caso la obtención de la semilla involucra un costo mayor.

En este segundo caso, la cosecha de semillas debe efectuarse tomando las precauciones necesarias para minimizar los daños a los árboles, que puedan afectar a las cosechas de los años venideros.

La cosecha propiamente tal puede efectuarse de distintas formas, una de ellas es la recolección de semillas sobre telas extendidas en el suelo. En estos casos la semilla puede haber caído en forma natural o haber sido desprendida del árbol usando sacudidores mecánicos. Esta opción en general presenta riesgos fitosanitarios para la semilla y extiende el período de colecta a toda la temporada de dispersión de semillas.

El método preferentemente usado para cosechar las APSs de coníferas lo constituye el uso de escaladores profesionales. De esta forma se puede colectar la semilla en el momento más oportuno y en un período de tiempo relativamente breve.

La trepa de árboles es una actividad cara que debe ser efectuada por personal capacitado y con experiencia. Aún así, en la medida que se hallan realizado apropiada evaluaciones de producción antes de la cosecha, el costo puede ser minimizado al efectuar la cosecha sólo en años de buena producción de semilla, y descartando a los árboles con producción escasa.

*Estudios realizados en APSs de *Pinus elliottii* indican que si se considera para la cosecha sólo a los árboles que en una evaluación preliminar demuestran tener más de 100 conos en la copa, el 91% de la producción de semillas se puede obtener a un 58% del costo que hubiese significado escalar todos los árboles del APS. En forma análoga, si la colecta se realiza sólo en árboles con más de 200 conos, se consigue el 61% de la cosecha a un 38% del costo total. Resultados similares se señalan para *P. taeda* y *P. echinata* (Rudolf et al., 1974).*

APS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *Nothofagus*

*Atendiendo a las ventajas que brinda el uso de áreas productoras de semillas, especialmente en los inicios de un programa de mejoramiento genético, ellas están siendo utilizadas en dos programas de mejoramiento para especies del género *Nothofagus* en Chile. El primero de ellos, conducido por la Universidad Austral de Chile y el Instituto Forestal, contempla a las especies roble (*N. Obliqua*) y raulí (*N. alpina*), mientras que el segundo, dirigido por el Instituto Forestal, se concentra en la especie lenga (*N. pumilio*). Ambos programas son recientes y cuentan con el financiamiento de FONDEF y el apoyo de la Corporación Nacional Forestal y Empresas Forestales.*

Selección de rodales

En el marco de estos proyectos, los rodales a transformar en APSs fueron seleccionados en base a antecedentes generales recabados en investigaciones anteriores, información de empresas y experiencias personales, las cuales permitieron determinar zonas de prospección donde la calidad del bosque existente podría permitir la creación de un APS.

Estos rodales candidatos a APS fueron caracterizados de acuerdo al procedimiento que se indica más adelante. Posteriormente, la evaluación de los antecedentes recopilados en la caracterización de cada rodal, sumado a la información obtenida de su propietario en cuanto a su disposición para transformarlo en un APS, determina cuales de los rodales candidatos serán definitivamente convertidos en áreas productoras de semillas.

Caracterización de los rodales candidatos

Para efectos de comparar entre sí a los rodales candidatos, y poder seleccionar en forma más objetiva a aquellos que se transformarán en APS, se procedió a caracterizar a cada uno de ellos mediante el planteamiento de parcelas de muestreo.

Para tales efectos se construyeron parcelas circulares de 1/20 de hectárea (radio = 12,61 m), las que se distribuyeron al azar, con una intensidad de muestreo del 5% (1 parcela por hectárea de rodal candidato). En ellas se evaluó a todos los árboles, registrándose antecedentes dasométricos y fundamentalmente variables relacionadas con la calidad y forma de los árboles.

Las variables consideradas en la evaluación fueron las siguientes: DAP, altura total, altura comercial, posición social, rectitud de fuste, tipo de copa, ángulo de ramas, diámetro de ramas, bifurcaciones y sanidad. La puntuación utilizada para evaluar estas variables se presenta en el cuadro 4.

CUADRO 4
PAUTA DE EVALUACIÓN DE ÁRBOLES PARA CARACTERIZACIÓN DE
RODALES CANDIDATOS A APS

VARIABLE	DESCRIPCION
Diámetro a 1,3 m de altura (DAP)	cm
Altura total (H)	m
Posición social	1= Suprimido o Intermedio 2= Dominante o Codominante
Bifurcaciones	1= Bifurcaciones en la altura comercial 2= Sin bifurcaciones o sobre la altura comercial
Sanidad	1= Daños generalizados 2= Signos locales de daño 3= Aparentemente sano
Altura comercial (Hc)	m
Rectitud de Fuste (RF)	1= No se puede proyectar una línea recta sobre el fuste 2= Más que una leve curvatura 3= Curvatura leve 4= Fuste perfectamente recto
Copa (C)	1= Muy inferior al promedio 2= Inferior al promedio 3= Promedio 4= Superior al promedio 5= Muy superior al promedio
Ángulo de ramas (AR)	
Diámetro de ramas (DR)	

Con la información de estas parcelas se procedió a calcular los parámetros descriptivos del rodal. Para estos efectos se construyó un índice de calidad de cada árbol, el cual se definió como la suma lineal de los puntajes obtenidos en las variables rectitud de fuste, copa, ángulo de ramas y diámetro de ramas. Posteriormente se simuló la conformación del APS mediante la eliminación de los datos de los individuos menos deseables y se procedió a recalcular los parámetros de rodal y coeficiente de calidad en base a los individuos superiores remanentes.

Transformación de los rodales en APS

Una vez determinados los rodales más apropiados para ser transformados en APS, se define la estrategia de intervención para transformar al rodal en un área productora de semillas. Para estos efectos, en una etapa posterior se procede a marcar en terreno un raleo utilizando el mismo criterio que se usó para simular la transformación del rodal utilizando los datos generados en sus parcelas de muestreo. El paso siguiente lo constituye la ejecución del raleo, el manejo de los desechos; la identificación de las zonas de cosecha y aislación. El raleo mencionado se realiza con la suficiente anticipación, antes de la época de floración de los árboles, de modo que la semilla se forme sólo por el cruzamiento de progenitores seleccionados.

Ganancias Genéticas Esperadas por el uso de APS de Nothofagus

El cálculo de las ganancias genéticas esperadas se realizó de la forma tradicional, empleando la ecuación del mejorador (1) que define a la ganancia (G) como una función de la heredabilidad (h^2) y del diferencial de selección (S).

$$(1) \quad G = h^2 \quad S$$

Los datos utilizados para la evaluación de las ganancias genéticas por este concepto corresponden a dos renovals de roble, tres de raulí y cuatro de lenga, cada uno de ellos con una superficie promedio cercana a las 5 hectáreas.

La información recopilada en las parcelas de caracterización de los rodales y la situación de ellos después de efectuado el raleo que los transforma en APS permite definir diferenciales de selección, que representan la diferencia entre las medias de la población original y la de la población seleccionada. En este caso las medias de la población original y de la población seleccionada, para todas las características evaluadas, corresponden respectivamente a la situación del rodal antes y después de efectuar el raleo.

Posteriormente, para la estimación de la ganancia esperada en cada rasgo, se sensibilizó el valor de la heredabilidad, asumiendo valores probables entre 0,1 y 0,4.

Los valores de ganancia genética esperada para las variables, DAP, altura comercial y rectitud de fuste se presentan en los cuadros 5, 6 y 7, para las especies roble, raulí y lenga respectivamente.

CUADRO 5
GANANCIAS GENÉTICAS ESPERADAS POR USO DE APS DE ROBLE

Carácter	Orig.	Selecc.	(S)	Ganancia Esperada (G)				Ganancia Esperada (%)			
				heredabilidades				heredabilidades			
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4
DAP (cm)	29,15	30,70	1,55	0,16	0,31	0,47	0,62	0,53	1,06	1,60	2,13
Hc (m)	19,15	21,50	2,35	0,24	0,47	0,71	0,94	1,23	2,45	3,68	4,91
RF	1,49	2,46	0,98	0,10	0,20	0,29	0,39	6,57	13,13	19,70	26,26

CUADRO 6
GANANCIAS GENÉTICAS ESPERADAS POR USO DE APS DE RAULÍ

Carácter	Pob Orig.	Pob. Selecc.	(S)	Ganancia Esperada (G)				Ganancia Esperada (%)			
				heredabilidades				heredabilidades			
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4
DAP (cm)	32,23	33,43	1,20	0,12	0,24	0,36	0,48	0,37	0,74	1,12	1,49
Hc (m)	16,90	17,67	0,77	0,08	0,15	0,23	0,31	0,45	0,91	1,36	1,81
RF	1,57	2,60	1,03	0,10	0,21	0,31	0,41	6,56	13,12	19,68	26,24

CUADRO 7
GANANCIAS GENÉTICAS ESPERADAS POR EL USO DE APS DE LENGA

Carácter	Pob Orig.	Pob. Selecc.	(S)	Ganancia Esperada (G)				Ganancia Esperada (%)			
				heredabilidades				heredabilidades			
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4
DAP (cm)	42.40	46.55	4.15	0.41	0.83	1.24	1.66	0.97	1.96	2.92	3.91
Hc (m)	4.87	7.92	3.05	0.30	0.61	0.91	1.22	6.16	12.52	18.68	25.05
RF	1.42	2.27	0.85	0.08	0.17	0.25	0.34	5.63	11.97	17.6	23.94

Tanto para roble como para raulí los valores de ganancia exhiben un comportamiento similar, observándose en ambos casos ganancias mayores en la variable rectitud de fuste que en altura y diámetro. En el caso de lenga las magnitudes de las ganancias son similares a las de roble y raulí en diámetro y rectitud de fuste, sin embargo en altura comercial se esperan ganancias significativamente mayores.

Los valores de ganancia en DAP, como resultado del uso de áreas productoras de semillas, resultan menores que los señalados para pino radiata y ciprés. Los cuales según Shelbourne (1969) y Dyson (1969) pueden llegar a 6 y 25%, respectivamente. En cuanto a las ganancias en rectitud de fuste Shelbourne menciona valores cercanos a 25% para pino radiata, cifra que coincide con las mayores ganancias estimadas para roble, raulí y lenga.

En general los valores de ganancias genéticas esperadas, están sujetos a una subestimación como consecuencia de haber caracterizado a la población original utilizando los rodales que se transformarían en áreas productoras de semillas. Estos son rodales de características superiores al resto y por lo mismo reducen el diferencial de selección utilizado para efectuar las estimaciones de ganancias.

CONCLUSIONES

Durante los inicios de un programa de mejoramiento genético, las características de las APS y las ventajas asociadas a su utilización, las convierten en excelentes herramientas al servicio de la producción operacional de plantas con algún grado de mejoramiento.

La transformación de un rodal en un área productora de semillas, no impide que estas superficies sean destinadas finalmente a la producción maderera.

En compensación a la falta de información específica para APSs de Nothofagus, existe suficiente información para otras especies, particularmente coníferas, así como también antecedentes de carácter general, los cuales combinados con la experiencia práctica permitirán dimensionar eficientemente la creación y operación de APSs de las especies contempladas en los programas de mejora.

La selección de los rodales a transformar no puede basarse exclusivamente en las características iniciales de éste, por cuanto al tener distinto número de árboles no es posible una comparación directa entre candidatos, debido a que cada uno puede soportar un diferencial de selección diferente para constituir el APS. Por lo mismo la selección debe considerar fundamentalmente las características de las APS resultantes de intervenir cada rodal, y en definitiva transformar a aquel que genere la mejor APS.

En la medida en que se implemente un esquema riguroso para seleccionar los rodales a transformar y los árboles a conservar como productores de semillas dentro del APS, mayor serán las ganancias genéticas que ellas podrán generar.

REFERENCIAS

- Cooley, J. 1970. *Thinning and fertilizing red pine to increase growth and cone production*. USDA Forest Service. Research Paper Nº 42. 5 p.
- Dyson, G. 1969. *Improvement of stem form and branching characteristics in Kenyan cypresses*. En: *World Consultation on Forest Tree Breeding*. V. 1. FAO, Documentos. Roma, Italia. pp 303 - 315.
- Gutiérrez, B. 1997. *El uso de las áreas productoras de semillas en el mejoramiento genético forestal*. En: 1er Taller del Proyecto FONDEF D-1052 "Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico". Valdivia, 3 de julio de 1997.
- Hoffmann, A. 1982. *Flora Silvestre de Chile, Zona Austral*. Ed. Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile 248 p.
- Ipinza, R. 1997. *Establecimiento y Manejo de Rodales Semilleros de Especies Forestales*. Borrador de Documento en Preparación. 22 p.
- Ipinza, R.; Emhart, V. y Gutiérrez, B. 1997. *Áreas productoras de semillas de roble y raulí: Ganancias genéticas en el corto plazo*. Chile Forestal nº 252. Agosto, 1997.
- Ipinza, R.; Gutiérrez, B. y Emhart, V. 1997. *Áreas productoras de semillas de roble y raulí: estrategia probada y rápida*. Chile Forestal nº 253. Septiembre, 1997.
- Loewe, V.; Toral, M.; Freitte, G.; Camelio, M.; Mery, A. y López, C. 1996. *Monografía de raulí *Nothofagus alpina**. Instituto Forestal. Santiago. 61 p +8 anexos.
- Mascareño, A. 1988. *Evaluación de ensayo de semillación y regeneración de lenga bajo diferentes tratamientos a la cama de semillas en la Reserva Forestal Trapananda, Coyhaique, XI Región*. Tesis Fac. Cs. Forestales UACH, Valdivia. 95 p.
- Matthews, J. 1962. *Seed selection and tree breeding in Britain*. For. Comm., 8th Brit. Common. For Conf. 1962. East Africa. 5 p.
- Muniswami, K. 1977. *Population improvement and hibridization of teak*. En: *Third World Consultation on Forest Tree Breeding*. Camberra, Australia, 21- 26 March, 1977. pp 507 - 544
- Muñoz, M. 1988. *Algunos antecedentes sobre propagación de *Nothofagus**. Ciencia e Investigación Forestal Vol 7 (2): 377-389
- Nienstaedt, H. y Snyder, B. 1974. *Principles of genetic improvement of seed*. En: *Seeds of woody plants in the United States*. Agriculture Handbook nº 450. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Washington D.C., USA. pp. 41- 52.

Oskarsson, O. 1971. *Selection diferencial and the estimate of genetic gain in plus stands. Folia Forestalia.* 104 p.

Rudolf, P.; Dorman, K.; Hitt, R. y Plummer, P. 1974. *Production of genetically improved seed. En: Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook nº 450. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Washington D.C., USA. pp. 53 - 74.*

Schmidt, H; Ipinza, R. y Vial, L. 1979. *Regeneración en bosque nativo de raulí. Estudio bibliográfico. Proyecto FO:DP/CHI/76/003. Documento de Trabajo nº 24. 124 p.*

Shelbourne, C. 1969. *Provenance seed stands and provenance conservation stands. Danida. Technical Note nº 14. 42 p.*

UACH-INFOR. 1996. *Mejoramiento Genético para Especies de Nothofagus de Interés Económico. Documento de formulación de proyectos. Tercer Concurso Nacional de Proyectos de Investigación y Desarrollo. FONDEF.*

Zobel, B. y Talbert, J. 1988. *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.*