

MÉTODOS DE SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS

Roberto Ipinza Carmona¹

INTRODUCCION

Un árbol plus, es un árbol fenotípicamente sobresaliente en una o varias características de interés económico. El objetivo de la selección de árboles plus es usarlos como progenitores en las poblaciones de mejoramiento y de producción. En este capítulo se excluirá la selección de árboles a partir de pruebas genéticas, es decir, la selección de árboles élite o genéticamente superiores.

La selección de árboles plus, especialmente en el primer ciclo de mejora puede hacerse en plantaciones y en bosques naturales. Esto no quiere decir que en ciclos de generación avanzada no puedan incorporarse árboles plus.

Existe una variada literatura sobre la selección de árboles plus y son autores suecos, finlandeses, norteamericanos, australianos, neozelandeses y chilenos, los que han perfeccionado esta fundamental tecnología. En el Anexo 1, se presenta una pauta para la selección de árboles plus de **Pinus taeda**, similar a la analizada en el presente capítulo.

La selección de árboles plus comienza con establecer cuidadosamente las características que definirán un árbol plus. Estas deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Presentar variación genética.
- Tener importancia económica.
- Presentar niveles aceptables de control genético.

La mayoría de las poblaciones de árboles forestales está conformada de numerosos genotipos heterocigóticos. La condición de heterocigotidad es especialmente pronunciada en especies anemófilas, es decir, polinizadas por el viento. Las gimnospermas y los **Nothofagus** entre otras presentan esta condición; los eucalipto presentan un sistema mixto de reproducción, es decir, su progenie puede ser de origen exogámico y endogámico, por lo que es necesario considerar estos elementos en la selección de árboles.

Las características que se elijan para la selección deben ser aquellas que estén directamente relacionadas con el objetivo del programa de mejora genética. Una vez definidas éstas, se estima la ponderación económica de cada variable, es decir, su efecto en el producto económico. Por ejemplo, en un proceso de producción de pulpa, las variables que exhiben mayor importancia económica son el rendimiento pulpable, la densidad de la madera y finalmente el volumen. Esto implica que desde el punto de vista práctico la densidad de la madera y el volumen no puede quedar fuera del proceso de selección. Posteriormente, si no se dispone de valores de heredabilidad de la especie y de la localidad en estudio, se pueden estimar a base de valores estándar, en este caso se recomienda utilizar valores conservadores.

Una vez estimada la posible ganancia genética, también se puede estimar su efecto económico en cada una de las características y determinar así su ponderación.

¹ Ingeniero Forestal, Dr. Ingeniero de Montes, Instituto de Silvicultura. Universidad Austral de Chile. Casilla # 567. Valdivia, Chile.
e-mail: ripinza@valdivia.uca.uach.cl

Las características con un bajo valor relativo pueden ser eliminadas y seleccionar sólo para aquellas que sean realmente importantes. Generalmente es recomendable seleccionar para un máximo de dos o tres características a la vez (Zobel y Talbert, 1988), ya que a medida que se consideran más variables, menores serán las ganancias genéticas. Para las características más importantes se puede fijar un valor mínimo debajo del cual el candidato se rechaza. Es decir, se pueden definir características "descalificadoras", en donde el árbol se elimina inmediatamente. Por ejemplo, ataque de plagas y enfermedades, árboles bifurcados y presencia de cola de zorro en pino. Las características "descalificadoras" no se incluyen en los métodos de puntaje ya que el árbol por lo general es eliminado automáticamente, independientemente del valor de las otras características.

Se debe definir una edad mínima de selección conocida también como edad base. Esta debe ser la edad en la que el efecto del genotipo se ha manifestado sobre la característica de interés. Por ejemplo, para la densidad de la madera en **E. globulus**, la edad mínima está alrededor de los 8 años. Para características de crecimiento y de forma generalmente se usa la mitad del período de rotación, pudiendo bajar hasta un cuarto de la rotación, siempre y cuando se tenga más información. Cuando la edad no es conocida se puede definir una altura mínima del árbol.

CONSIDERACIONES GENERALES

Es necesario tener en cuenta siempre que los factores que controlan el éxito del mejoramiento genético son: cantidad de variación presente en las especies, carácter a mejorar, intensidad de selección, método de selección, heredabilidad del carácter bajo selección y método de propagación.

De acuerdo a esto, para la selección de los árboles plus se deben realizar los siguientes pasos:

- Definir el método de selección, el carácter o rasgo que se considerará y los requisitos mínimos de los árboles candidatos.
- Elegir las áreas y poblaciones donde se efectuará la selección. Es deseable que éstas sean de las mejores procedencias conocidas y que se encuentren plantadas en el área donde se utilizará el material mejorado, para evitar reducciones en la ganancia genética por efecto de la interacción genotipo - ambiente.
- Prospeccionar sistemáticamente las áreas elegidas y seleccionar los árboles candidatos. Por lo general este trabajo lo efectúan cuadrillas o brigadas de campo previamente entrenadas. Preferiblemente, cuando se selecciona en plantaciones o en rodales naturales coetáneos, los árboles candidatos no deben ser árboles de borde. Si un árbol de borde es excepcionalmente bueno podría compararse con los árboles de borde vecinos.
- Visitar los árboles candidatos y eliminar los que no cumplan con los requisitos mínimos preestablecidos. A los restantes se les aplica el formulario de evaluación de campo, según el método de selección que se haya definido.
- Calcular el puntaje total final de cada árbol candidato y seleccionar los que superan el puntaje mínimo preestablecido para árboles plus o, en su defecto, los mejores hasta completar el número deseado o el diferencial de selección requerido.
- Por último, sancionar si es o no un árbol plus, esta actividad la realiza el mejorador del más alto nivel posible.

Existen varios métodos para seleccionar árboles plus y por lo general cada empresa o programa de mejoramiento desarrolla el suyo propio dependiendo de la especie, las características del rodal o de la población, de los objetivos particulares y de los recursos disponibles. Sin embargo, casi todos los métodos son variaciones, modificaciones o combinaciones de dos o tres métodos generales. En muchas ocasiones el método es secundario, lo importante es la selección se realice con un mismo método, para poder tener árboles medidos con un mismo criterio, esto significa que en los trabajos asociativos o cooperativos el árbol plus seleccionado y sancionado con un método estándar se transforma en una unidad monetaria o de intercambio.

Los principales métodos generales que se utilizan para la selección de árboles plus se describen brevemente a continuación.

Método de árboles de comparación.

La aplicación de este método consiste en la comparación del árbol candidato con los árboles vecinos para las características que son objeto de mejoramiento. Frecuentemente, la comparación se efectúa con respecto de los cinco mejores árboles que existen dentro de una vecindad, la cual normalmente se define como un círculo de 10 a 20 metros de radio, con el árbol candidato como centro. Para la aplicación del método se utiliza un formulario de campo donde se anotan las medidas o puntajes asignados a los árboles de comparación y al árbol candidato. Posteriormente se efectúan los cálculos para obtener el diferencial de selección o el puntaje final del árbol candidato, el cual depende de la superioridad del candidato con respecto a los de comparación.

El método de árboles de comparación tiene la ventaja de que a través de la comparación se elimina el efecto de las diferencias de edad (compara árboles de la misma edad) y minimiza el efecto de las diferencias de sitio (compara árboles vecinos), lo que, como se explicó en el capítulo anterior, aumenta la heredabilidad y por tanto, la ganancia genética.

Este método se aplica normalmente en rodales naturales coetáneos o en plantaciones (Zobel y Talbert, 1988), en donde generalmente es posible encontrar suficientes árboles vecinos para poder hacer una comparación fenotípica adecuada, especialmente de las características que son más afectadas por la edad. El método también se puede aplicar en rodales multietáneos puros para características que no sean afectadas por la edad.

Cuando se aplica este método y se calcula el diferencial de selección con respecto a la media de los cinco mejores vecinos más el árbol candidato, se puede interpretar que se ha definido como población base sólo aquella parte del rodal que formará parte de la cosecha al final del turno. En este caso, el diferencial de selección es una estimación de la diferencia entre la media de los árboles seleccionados y la media del rodal final una vez hechos todos los raleos. La ganancia genética que se estime usando este diferencial de selección es la ganancia con respecto al rodal final y no de todo el rodal.

Cuando el árbol candidato se compara con el promedio de todos los árboles vecinos (incluyendo el candidato) se puede obtener una estimación del diferencial de selección con respecto de todo el rodal, tal como se encuentra en el momento en que se efectúa la selección.

Método de selección por regresión o de la línea base .

Se aplica en rodales naturales multietáneos pie a pie o disetáneos. Para aplicarlo es necesario conocer con seguridad la edad de cada árbol, por ejemplo, mediante un taladro de incremento se extrae un tarugo y se cuentan los anillos de crecimiento en sitios con estaciones climáticas bien definidas.

El método consiste en el desarrollo de curvas (regresiones) para las variables de interés que dependen de la edad o de algún otro factor (Zobel y Talbert, 1988). Por ejemplo, si el árbol candidato es de edad conocida y su volumen supera el predicho por la regresión edad - volumen, entonces el árbol puede ser seleccionado. En general, se puede fijar la superioridad del valor real sobre el valor de regresión en un mínimo para aceptar al árbol candidato como árbol plus. Este mínimo puede ser expresado en términos absolutos, porcentaje o en relación a la desviación estándar.

Para aplicar este método se deben elaborar curvas para las diferentes calidades de sitio donde se pretende efectuar la selección.

Método de valoración individual.

Se usa cuando se selecciona en bosques disetáneos o heterogéneos donde los árboles se encuentran generalmente dispersos y son de edades distintas y desconocidas y/o cuando la población está formada por árboles aislados. En estas situaciones el método de árboles de comparación no es aplicable. Debido a la alta variación ambiental y a las diferencias de edad entre árboles, en este tipo de poblaciones la heredabilidad es generalmente baja.

Para aplicar la valoración individual el seleccionador debe conocer muy bien el ámbito de variabilidad de la especie para saber exactamente cuál es un árbol superior. Para ello es recomendable efectuar un recorrido previo por la población y así tener una buena idea de la variación existente.

Para algunas características cuantitativas que no son afectadas por la edad se puede fijar un valor mínimo. Por ejemplo, se puede fijar una altura mínima de la primera bifurcación.

PAUTA PARA LA SELECCION DE ARBOLES PLUS DE PRIMERA GENERACION DE PINUS RADIATA

La búsqueda de estos árboles debe hacerse en forma sistemática en los mejores rodales, mayores de 15 a 20 años ó 3 a 4 años después del último raleo (lo que sea mayor), que estén disponibles en la región de operaciones.

En general, los árboles deben cumplir los siguientes requisitos

- 1.- Encontrarse en rodales coetáneos de densidad uniforme
- 2.- Ser dominantes (sólo excepcionalmente codominantes)
- 3.- Diámetro superior al promedio del rodal
- 4.- Fuste recto y cilíndrico.
- 5.- Copa de diámetro pequeño y balanceada.
- 6.- Poseer ramas cortas, de poco diámetro y de ángulo de inserción en el fuste lo más cercano a 90 grados.
- 7.- Poseer pocos conos en el fuste.
- 8.- Presentar una buena tolerancia a enfermedades, deficiencias y plagas.
- 9.- Propiedades tecnológicas de la madera adecuadas, según sean las necesidades.
- 10.- No debe ser un árbol de borde.

Una vez localizado un árbol que reúna estos requisitos, debe ser comparado con los cinco mejores árboles que se encuentren dentro de un radio aproximado de entre 10 a 20 metros del árbol candidato. Estos valores pueden ser excepcionalmente mayores dependiendo de la configuración topográfica: si el sitio es más plano se podrá extender el área de búsqueda de los árboles de comparación.

Se debe considerar que en rodales manejados la variación fenotípica entre el árbol candidato y los de comparación es menor, por esta razón los esfuerzos se deben concentrar en el criterio de superioridad en volumen. Dentro de este razonamiento lo más importante es evitar la selección en los bordes del rodal.

Como normalmente este método se utiliza en plantaciones de edad conocida, la variación en edad es igual a cero ($\sigma_T^2 = 0$), pero si existen dudas referentes a la edad del candidato y/o de los árboles de comparación se deben extraer tarugos para su determinación.

Las variables cualitativas más los promedios obtenidos de las mediciones hechas en los cinco "árboles de comparación", son confrontadas con los valores del "candidato" y se asigna el puntaje a cada característica para la cual se está seleccionando, como lo indica el **Formulario para Selección de Arboles Plus** adjunto.

En caso que se esté trabajando en terrenos de fuerte pendiente, los árboles de comparación deben localizarse de preferencia en la curva de nivel o donde el suelo sea de mejor calidad, lo cual generalmente ocurre cuesta abajo. Con esto se evita sobrestimar el valor del árbol candidato debido a la calidad del sitio.

La intensidad de selección normal que se utiliza es sobre 1:100.000, ya que se ha comprobado que intensidades masales altas tienen una influencia real sobre las ganancias genéticas, en especial en rasgos de baja heredabilidad como el volumen. En Nueva Zelanda la primera selección masal se realizó con 1:25.000; en cambio, la segunda selección masal se realizó con 1:1000. Las ganancias en volumen para ambas intensidades alcanzaron el 10% y 4% respectivamente sobre las plantaciones no mejoradas (Ipinza et al., 1994). Con estas intensidades en plantaciones es muy poco probable tener problemas de parentesco, pero de presentarse el caso de tener 2 ó más candidatos en

un sector reducido del mismo rodal, se deberán tomar todas las medidas posibles para aclarar esta duda, como comparaciones morfológicas (conos, ángulo de inserción de ramas, etc.) o análisis isoenzimáticos.

Si finalmente se decide evaluar la superioridad de estos candidatos cercanos, se deberá evitar las comparaciones recíprocas. En todo caso, de presentarse una situación en que un área reducida presente muchos individuos sobresalientes con respecto a la media del rodal, es muy probable que se deba a un efecto ambiental.

Como la selección se basa en el fenotipo de los árboles, para la selección de ciertos caracteres, especialmente los relacionados con la calidad, se debe ser lo más objetivo y crítico posible de acuerdo a pautas preestablecidas.

Una vez que un árbol candidato ha sido definitivamente seleccionado, se le asignará un código el que se deberá marcar con pintura en una cara del tronco a una altura visible. Del mismo modo, se deberán marcar los árboles de comparación con números correlativos definitivos del 1 a 5 correspondientes a los anotados en el Formulario. Después de realizada la sanción del árbol candidato a plus, éste puede colocarse en las siguientes categorías: simplemente "plus", árbol de banco o lisa y llanamente ser rechazado. Los árboles plus conforman las poblaciones de producción y de mejoramiento, y los árboles de banco sólo la población de mejoramiento a la espera de ser probados. En algunas situaciones con otras especies surge la categoría de conservación para asegurar un tamaño mínimo de la población efectiva.

A los árboles sancionados se le asigna luego un código único que los identificará para siempre a ellos y a su descendencia, ya sea material de semillas o de estaquillas obtenido de estos árboles. También el código estará presente en todo el sistema de cruzamiento en que intervengan.

Referente al uso del formulario adjunto, es conveniente anotar toda la información que en él se detalla -incluido el croquis de localización del candidato y árboles de comparación-, para más tarde poder elaborar los datos de cada árbol y encontrarlo nuevamente en el terreno con facilidad y rapidez.

Los árboles "plus" seleccionados deberán permanecer en pie, junto con los de comparación y algunos otros (para evitar derribos por viento), por el tiempo necesario para que de éstos se colecte las semillas y púas necesarias.

FORMULARIO ARBOLES PLUS DE *Pinus radiata*

ANTECEDENTES GENERALES

Código

UACH2001

EMPRESA	Universidad Austral
SELECCIONADOR	Felipe Rioseco
FECHA	01-01-74
PROVINCIA	Valdivia
COMUNA	Mafil
LOCALIDAD	Ñake
PREDIO	Hacienda Nome olvides
RODAL	74-100
EDAD	118 años



DESTINO	<input checked="" type="checkbox"/>	HUERTO SEMILLERO CLONAL
	<input type="checkbox"/>	BANCO CLONAL

SANCIONADOR	Roberto Ipinza
FECHA	01-01-94

PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL



PARAMETROS DASOMETRICOS

Código

UACH2001

ARBOL	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOL. (m ³ ssc)	P. ESPECÍFICO
1	41	51,4	2,9172	
2	40	50,3	2,7256	
3	34,7	54,4	2,7656	
4	37	53,3	2,8308	
5	40,6	47	2,4156	
MEDIA	38,66	51,28	2,73096	
CANDIDATO	42,5	53,2	3,2392	

TABLA RESUMEN

VARIABLES	ARBOLES DE COMPARACIÓN			CANDIDATO
	MIN	MAX	MEDIA	
ALTURA	34,70	41	38,66	42,5
DAP	47,00	54,4	51,28	53,2
VOLUMEN	2,4156	2,9172	2,7310	3,2392
P.ESPECIFICO				

ASIGNACIÓN DE PUNTAJE: ÁRBOL CANDIDATO Y DE COMPARACIÓN

VARIABLES	CANDIDATO	COMP. 1	COMP. 2	COMP. 3	COMP. 4	COMP. 5
ALTURA	1					
VOLUMEN	2					
P.ESPECIFICO						
RECITUD	3	1	2	1	2	2
COPA	1	-1	0	0	0	0
DIAMRAMA	1	0	1	1	0	0
ANGRAMA	0	0	0	1	0	-1
TOTAL	8					

OBSERVACIONES

GPS=Código 345

El árbol de comparación 2 y 3 presentan bifurcación

PUNTAJE

Variables cuantitativas

Estas características son las que muestran la superioridad en crecimiento del individuo. A través de la altura y del diámetro reflejan exactamente el potencial volumétrico del candidato. Estas deben ser medidas, tanto en el árbol candidato como en los de comparación.

Altura

Determinar la razón de altura mediante la siguiente fórmula:

$$A = (H_s / H_c) * 100 - 100$$

donde: **H_s**: Altura candidato.

H_c: Altura media 5 árboles de comparación.

La razón de las alturas es luego convertida a puntaje mediante la siguiente tabla, la cual debe revizarse para los índices de sitios específicos:

SUPERIORIDAD EN ALTURA	EDAD (*) HASTA 20 AÑOS	EDAD 20 a 30 AÑOS
Menos de 10%	0	0
10 % - 11%	1	2
12 % - 13%	2	3
14 % - 15%	3	4
16 % - 17%	4	5
18% - 19%	5	7
20 %	6	8
Mayor a 20%	7	9

(*) Edad mínima: 3-4 años después último raleo ó 15-20 años.

Se debe optar por la mayor edad.

INFERIORIDAD: Si el árbol candidato es peor que el promedio de los árboles de comparación, se deducirán puntos con la misma escala como ellos son designados cuando el candidato es superior.

Volumen

Determinar la razón de volúmenes por las fórmulas:

$$V = (V_s / V_c) * 100 - 100$$

donde: **V_s**: Volumen candidato (según función o D²H).

V_c: Volumen medio 5 árboles de comparación.

SUPERIORIDAD: Por cada 10% de exceso de volumen del candidato sobre los 5 árboles de comparación se asigna 1 punto extra.

INFERIORIDAD: Por cada 10% de inferioridad en volumen del candidato respecto de los 5 árboles de comparación se restan 3 puntos.

Peso específico

Cuando el interés sea la densidad de la madera, se deben extraer muestras con taladros incrementales de 12 mm al DAP, en dos puntos opuestos del fuste, tanto en el candidato como en los árboles de comparación.

El puntaje se asignará en forma similar y con los mismos valores que en el caso de volumen. La razón de esto es que el rendimiento pulpable es producto del volumen y de la densidad ($R_p = Vol * Db$).

Variables cualitativas

Copa

Para ser juzgada subjetivamente desde el punto de vista del candidato con los 5 árboles, considerando radio de la copa, tamaño del tronco, competencia bajo la cual ha crecido el árbol, conformación de la copa y dominancia balanceada.

Rango de calificación: De -3 a 3 puntos.

El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 3: Copa mucho más grande y desbalanceada que el promedio
- 2: Copa mucho más grande que el promedio
- 1: Copa más grande que el promedio.
- 0: Copa promedio.
- 1: Copa más pequeña que el promedio.
- 2: Copa mucho más pequeña que el promedio.
- 3: Copa mucho más pequeña y balanceada que el promedio.

Rectitud

Siendo una de las variables cualitativas de importancia en la toma de decisiones, se debe tener claridad al definir si un árbol es o no recto y verificar que esto no haya sido alterado por efectos externos como daños durante el control de malezas, daño mecánico producto del viento en etapas juveniles, etcétera. Cualquiera sea el caso, bajo estas circunstancias se aceptará una torcedura basal leve hasta 1.0 metro desde el suelo.

Restricciones:

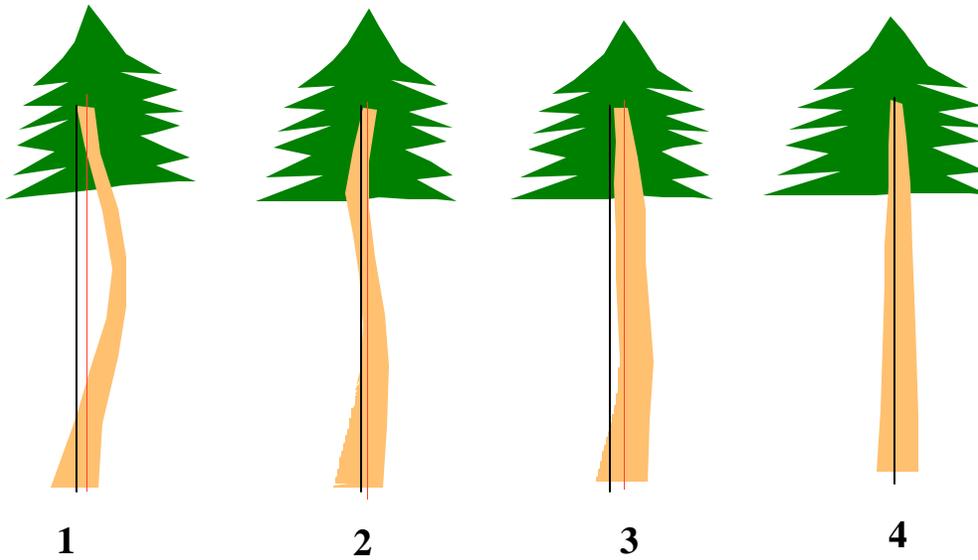
- No se aceptarán árboles torcidos en dos planos.
- Tampoco se aceptarán árboles torcidos en un plano que no permita una proyección del punto más alto del tronco comercializable a la base del árbol.

Rango de calificación: De 1 a 4 puntos.

El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 1: Arbol con torceduras más que leves que impiden proyectarse hasta su ápice a través del fuste.
- 2: Arbol recto, con más de una leve torcedura.
- 3: Arbol recto, con una leve torcedura.
- 4: Arbol perfectamente recto.

C A T E G O R I A S D E R E C T I T U D



Diámetro de ramas

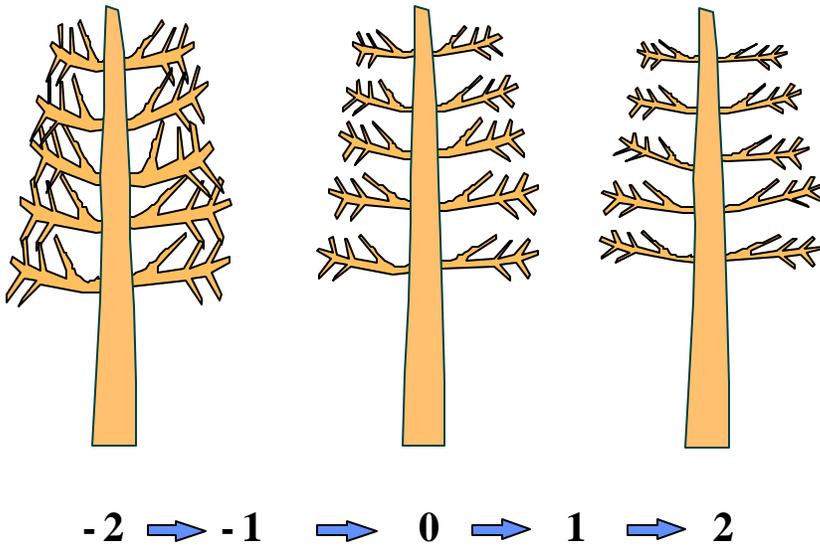
Rango de calificación: De -2 a 2 puntos.

La medición se hace con respecto a los árboles de comparación. El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 2: Diámetro muy superior al promedio.
- 1: Diámetro moderadamente superior al promedio.
- 0: Diámetro promedio.
- 1: Diámetro moderadamente inferior al promedio.
- 2: Diámetro muy inferior al promedio.

Nota: Si los DAP de los árboles de comparación son similares a los del candidato, entonces la comparación de esta característica es directa. En caso contrario la comparación debe realizarse en términos relativos al DAP, vale decir, la relación entre el diámetro de ramas y el DAP, en términos generales es proporcional, por lo tanto debemos ser muy cuidadosos al momento de asignar la calificación de la característica.

CATEGORIAS DE DIÁMETRO DE RAMAS



Angulo de ramas

Para ser calificada respecto de los árboles de comparación.

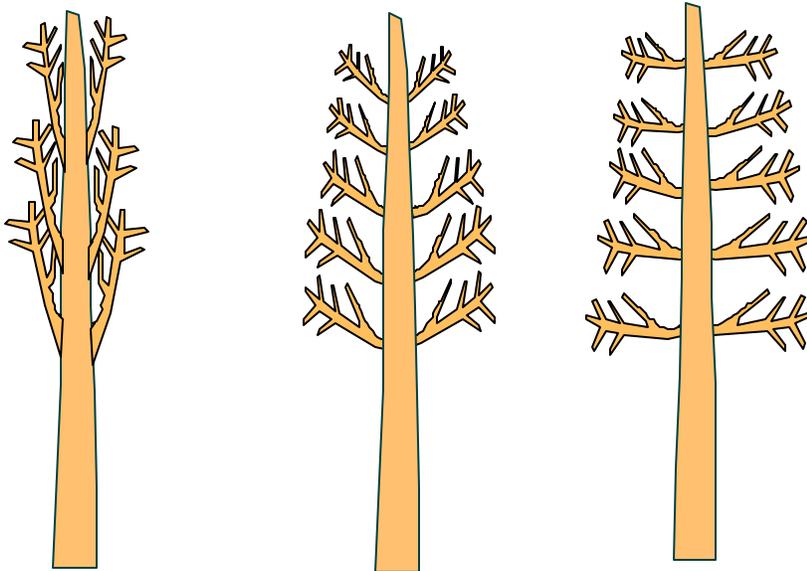
Rango de calificación: De -2 a 2 puntos.

El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 2: Angulo muy cercano a 0 grados
- 1: Angulo cercano a 0 grados
- 0: Angulo promedio.
- 1: Angulo cercano a 90 grados
- 2: Angulo muy cercano o igual a 90 grados

Nota: De contemplarse podas en el manejo, estas características no deben ser relevantes en la decisión.

CATEGORIAS DE ÁNGULO DE INSERCIÓN DE RAMAS



-2 → -1 → 0 → 1 → 2

TOMA DE DECISIÓN

Una vez que se ha completado la pauta con la totalidad de la información, se procede a la sanción definitiva del árbol candidato. Para esto se considera cada una de las variables ponderadas según sea el objetivo del programa. Por ejemplo, si el interés es madera aserrada, lo principal será el volumen, que a su vez deberá ser asociado a la calidad de ramas y rectitud o forma del árbol.

La decisión se toma en terreno de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Verificar durante la presanción que las mediciones sean correctas y los árboles de comparación sean los adecuados. Se entenderá por presanción la recepción de faena que realiza el encargado de programa y donde se decidirá cual material pasa a la fase de sanción.
2. Tener registros completos y claros durante la sanción. La sanción se refiere al destino final que se dará al material.
3. Cuantificar la superioridad real del individuo selecto de acuerdo a la situación en la que se encuentre. Se debe evitar comparaciones con otros candidatos visitados con anterioridad para no sesgar la decisión.
4. Tener claro los objetivos que la empresa tiene respecto del material que está seleccionando (Por ejemplo madera aserrada o pulpa).
5. Decidir con respecto a la superioridad de un candidato, para esto se requiere ver los datos en su conjunto, ponderando la variable volumen en primer lugar, pero sin descuidar otras, como rectitud o eficiencia de copa..
6. Para que un candidato sea considerado sobresaliente deberá como mínimo tener sobre 15% de superioridad en volumen, complementado con una forma y aspecto lo más uniforme posible.
7. Cuidar que el candidato o los árboles de comparación no se encuentren en una situación de privilegio, como por ejemplo mayor espaciamiento, cercano a una fuente de agua o en la parte baja de una ladera.

PROGRAMAS ESPECIALES

Los programas especiales son aquellos en los que el énfasis recae sobre otras características o rasgos, como por ejemplo la forma y la resistencia a enfermedades. En este contexto se muestran a modo de ejemplo los matices que sufre la pauta general antes discutida en relación a estos nuevos objetivos de mejoramiento.

Enfasis en la variable forma

En este tipo de programa la forma es la característica principal a mejorar, por tanto se acepta que el volumen sea al menos igual al promedio de los árboles de comparación. Por lo tanto el resto de características o variables consideradas para la selección se mantendrán según la pauta general.

Enfasis en la resistencia a *Dothistroma septospora*

Los programas de mejoramiento para acumular resistencia a una enfermedad son programas en constante revisión y perfeccionamiento. No obstante, poseen una serie de modificaciones radicales que definirán pautas especiales, debido fundamentalmente a la biología reproductiva de los organismos agresores y a la fenología del hospedante. En términos generales el plan a seguir en esta materia se detalla a continuación:

- Objetivo

Seleccionar a edades juveniles individuos fenotípicamente resistentes al ataque del patógeno foliar **D. septospora** en plantaciones de **Pinus radiata**.

- Procedimiento

Establecer una cartografía en la que se indique la relación clase de edad y nivel de incidencia de la enfermedad.

Establecer un procedimiento de selección de árboles candidatos.

Capacitar al personal sobre el procedimiento de selección.

Realizar la actividad de selección.

Sanción inmediata.

Injertación.

Formalizar una estrategia de mejora que considere un programa de cruzamientos controlados, pruebas de progenie en localidades de alta incidencia de la enfermedad con pruebas de resistencia bajo condiciones controladas.

1.- Establecer una cartografía en la que se indique la relación clase de edad y nivel de incidencia (%) de la enfermedad. Localizar rodales de entre 4 a 8 años de edad, con un 80% de ataque y más.

2.- Establecer un procedimiento de selección de árboles candidatos. Este procedimiento se debe llevar a cabo en dos fases:

Primera fase: Preselección fenotípica

Recorrer en forma sistemática los rodales prospectables para identificar en su interior árboles que visualmente exhiban menos de un 25% de enfermedad en comparación al promedio del entorno.

Para la preselección el operario debe llevar una vara con la que pueda medir la longitud de copa verde y la altura total de acuerdo al método de la vara.

El árbol candidato debe cumplir además con las siguientes condiciones:

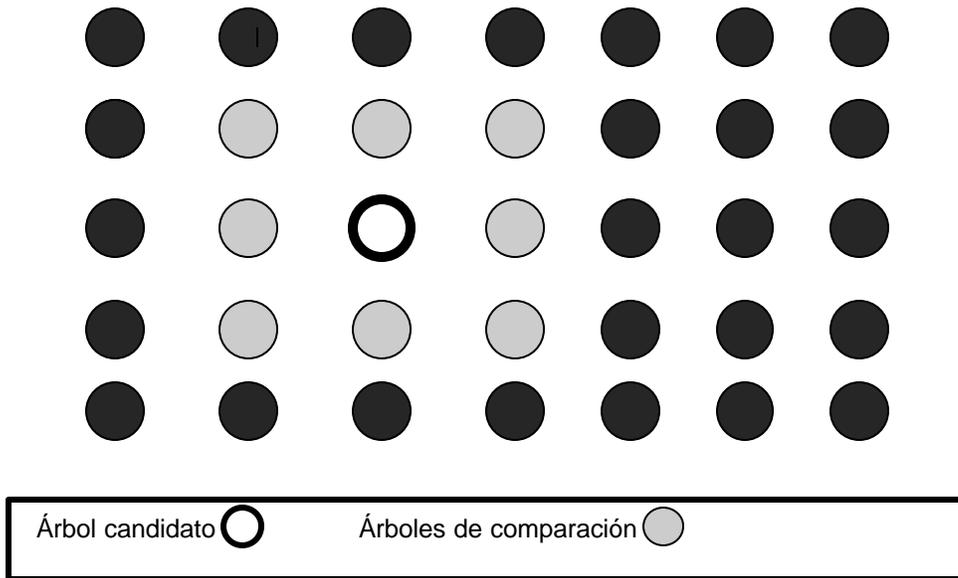
- tener buena forma
- estar dentro del estrato social superior
- estar libre de otras enfermedades y plagas, excepto de polilla del brote.
- presentar la coloración normal de la especie.

Segunda fase: Selección fenotípica

Una vez realizada la preselección se establecerá el siguiente procedimiento:

Identificación y localización

El árbol preseleccionado se denominará candidato y los ocho árboles en su vecindad más cercana se denominarán árboles de comparación tal como lo indica la siguiente figura.



En el caso de no encontrarse un árbol de comparación se debe elegir el más cercano al punto.

La localización de los árboles candidatos y los árboles de comparación se hará de la siguiente manera:

El árbol candidato se marcará con dos líneas amarillas alrededor del DAP y un número entre ellas en la cara norte, que será correlativo de acuerdo a los candidatos encontrados.

Los árboles de comparación se marcarán con una línea amarilla en el DAP, y un número correlativo del 1 al 8 en la cara norte.

La zona donde se localiza el árbol candidato se indicará desde el camino más próximo con dos rayas amarillas a la altura de los ojos, siguiendo el sendero que se despejará para acceder al lugar, lo que quedará marcado en un plano del predio o finca.

Medición y toma de muestras.

En cada árbol candidato y de comparación se mide el DAP y la altura. La toma de muestras se debe realizar en el tercio medio de la copa, que presenta una exposición este u oeste y aproximadamente entre 1,5 a 3 metros de altura. Se debe tomar una muestra por árbol, que corresponda a un puñado de acículas que permita seleccionar al azar una submuestra de 20 acículas efectivas por muestra, las que deben ser analizadas en laboratorio. Es decir, para que un árbol sea seleccionado se requiere analizar en forma efectiva 180 acículas.

Las muestras serán embolsadas, rotuladas y luego enviadas a un laboratorio de patología forestal para su evaluación.

Todos los años se deberá repetir el análisis de acuerdo al siguiente calendario:

Edad Actual (años)	Evaluaciones futuras (años)			
	5	6	7	8
4	x	x	x	x
5		x	x	x
6			x	x
7				x

Sanción

Una vez establecida la intensidad del ataque por el análisis de las muestras en condiciones de laboratorio, se sancionarán los árboles candidatos en las siguientes categorías:

- Candidatos para ser incorporados en el programa de cruzamientos controlados.
- Candidato en observación.

c) Capacitación

Se debe realizar un programa de capacitación permanente y sistemático para mejorar la precisión en la selección.

REFERENCIAS

Crespell, P. 1994. Modificación pauta selección árboles plus. Circular No. 298. UACH/CONAF/EMPRESAS FORESTALES. 2 p.

Delmastro, R. 1976. Pauta para la selección de árboles plus. Circular No. 5. UACH/CONAF/EMPRESAS FORESTALES. 7 p.

Droppelmann, F. 1988. Pauta para la selección de árboles plus en bosques de **Eucalyptus**. Circular No. 125. Cooperativa de Mejoramiento Genético. UACH/CONAF/EMPRESAS FORESTALES. 7 p.

Gutiérrez, B. y Emhart, V. 1997. Bases de mejoramiento genético. Selección de árboles plus de roble y raulí. Chile Forestal. Año XXII - No 255, Noviembre. pp. 38-39

Ipinza, R., Apiolaza, L., Pérez, E., Morales, E., Vergara, R. y Alvear, C. 1995. Curso: Aspectos cuantitativos para el mejoramiento genético. Concepción, 24 al 26 de abril de 1995. UACH/CONAF/EMPRESAS FORESTALES. 188 p..

Ipinza, R. 1998. Mejoramiento Genético Forestal. Serie Técnica No. 42. Santafé de Bogotá, Agosto de 1998. Programa CONIF - Miniagricultura. 162 p.

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

ANEXO 1

Página de evaluación de árboles plus utilizada por los programas cooperativos de mejoramiento genético de la Universidad de Carolina del Norte, EE.UU.

El sistema descrito abajo reemplaza al sistema original desarrollado en 1956.

Empresa:	N. C. Ascen No.
Estado:	Código de la Empresa:
Condado:	Especies:
Grado:	Plantación: Natural:
Fecha:	Edad:

Resumen de los 5 mejores árboles

	Altura	DAP	Forma	Edad
1				
2				
3				
4				
5				
Total				
Promedio				

	Arboles seleccionados (s)	Promedio de la población (c)
DAP ² * ALTURA		
ALTURA		
DAP		
CLASE DE FORMA		
GRADO DE ESPIRAL		

Puntajes del árbol seleccionado

1. Altura:
2. Volumen:
3. Copa:
4. Clase de forma:
5. Rectitud:

6. Capacidad de poda:
7. Diámetro ramas:
8. Angulo ramas:
9. Edad aproximada:
10. Densidad de la madera

PUNTAJE TOTAL:

NOTAS:

LOCALIDAD:

INSTRUCCIONES PARA LA ASIGNACION DE PUNTAJE

1. **Fórmula de altura:** $(H_s/H_c \times 100) - 100$

donde s = seleccionado

c = promedio de los 5 controles

La razón de altura de la fórmula anterior, luego es convertida a puntaje para el árbol por la siguiente escala:

Indice de Sitio 75 e inferiores

	< 30 años	30 - 50 años	>50 años
< 10%	0 pto.	0 pto.	0 pto.
10 - 11%	1	2	2
12 - 13%	2	3	4
14 - 15%	3	4	5
16 - 17%	4	5	7
18 - 19%	5	7	9
20%	6	8	10
> 20%	7	9	12

Indice de Sitio 75 y superiores

	< 30 años	30 - 50 años	>50 años
< 10%	0 pto.	0 pto.	0 pto.
10 - 11%	1	1	2
12 - 13%	2	2	3
14 - 15%	2	3	4
16 - 17%	3	4	5
18 - 19%	3	5	7
20%	4	6	8
> 20%	5	7	9

2. **Fórmula de volumen:** V_s/V_c

donde s = seleccionado

c = promedio de los 5 controles

Al árbol seleccionado se le da un punto por cada 10% de exceso en volumen por sobre los controles.

3. **Copa:** Debe ser juzgada subjetivamente desde el punto de vista del individuo seleccionado en comparación a los 5 controles y darle el siguiente puntaje:

- a. En base al radio promedio de la copa: 0 a 5 puntos, dependiendo de su superioridad. El juicio debe estar basado en el tamaño relativo del fuste y la competencia en la que se desarrolla el árbol, además de la conformación de la copa, la densidad del follaje y la dominancia.

4. **Clases de forma:** Las clases de forma están determinadas por el método de puntuación usado. Al árbol seleccionado se le dará 1 punto por cada clase de forma que exceda al promedio de los 5 controles, menos 1. Por ejemplo, el árbol tiene 3 clase de forma por sobre los controles, por lo tanto su puntaje será de 2 pts.

5. **Rectitud:** Juzgada subjetivamente para el árbol seleccionado y no comparada con los controles. No se acepta ningún árbol con exceso de espiral, cualquier torcedura en dos planos o una torcedura en un plano que no permita a una línea, desde la altura comercial hasta la base, permanecer dentro de los límites del fuste. El puntaje subjetivo será de 0 a 5 puntos; de este modo un árbol con espiral y torcedura tendrá un puntaje igual a cero, mientras que un individuo perfectamente recto en un plano recibe 5 puntos.

6. **Capacidad de poda:** es la capacidad del árbol para deshacerse de sus ramas bajas (vivas y muertas) en comparación a los controles.

- a. Promedio de los controles: 0 puntos
- b. Promedio por sobre los controles: 1 a 3 puntos dependiendo de la superioridad juzgada subjetivamente.

7. **Diámetro de ramas:** Juzgado subjetivamente, entre el árbol seleccionado y los controles.

- a. Diámetro de ramas promedio: 0 puntos
- b. Diámetro de ramas relativamente pequeño: 1 ó 2 puntos

8. **Angulo de ramas:** Juzgado subjetivamente, entre el árbol seleccionado y los controles.

- a. Angulo de ramas promedio: 0 puntos
- b. Angulo de ramas plano o recto: 1 ó 2 puntos

Si en cualquiera de las 8 categorías anteriores, exceptuando la rectitud, el árbol seleccionado es inferior a los controles, los puntos son restados en la misma escala en que ellos son sumados cuando son superiores. Normalmente un árbol con un puntaje menor en más de una característica, no es aceptado.

9. **Edad:** Ningún árbol es aceptable si aparentemente es mayor en tres años a los controles. A los árboles aparentemente más jóvenes que los árboles controles se les da un bono de 1 punto por cada año menos que tengan en relación a la edad promedio de los controles, menos 2 años. Es decir, un árbol cinco años menor que los controles, recibe 3 puntos.

10. **Densidad de la madera:** Ningún puntaje como tal le es dado a la densidad de la madera, debido a que el óptimo en esta característica difiere para cada Empresa. El valor de un árbol en base a la densidad de su madera es juzgado por dos criterios:

- a. Comparación del árbol seleccionado con sus cinco controles. Esto da una idea de la reacción del árbol cuando es comparado con árboles creciendo en las mismas condiciones ambientales.
- b. Comparación del árbol seleccionado con el promedio regional para una Empresa particular.

Estas comparaciones son mostradas en la página de recomendaciones finales y son consideradas (dependiendo del objetivo de la Empresa) en la recomendación final para el uso en huerto semillero.

FORMULARIO ARBOLES PLUS DE *Pinus radiata*

ANTECEDENTES GENERALES

Código

UACH2001

EMPRESA	Universidad Austral
SELECCIONADOR	Felipe Rioseco
FECHA	01-01-74
PROVINCIA	Valdivia
COMUNA	Mafil
LOCALIDAD	ñake
PREDIO	Hacienda Nome olvides
RODAL	74-100
EDAD	118 años



DESTINO	<input checked="" type="checkbox"/>	HUERTO SEMILLERO CLONAL
	<input type="checkbox"/>	BANCO CLONAL

SANCIONADOR	Roberto Ipinza
FECHA	01-01-94

PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL



PARAMETROS DASOMETRICOS Código UACH2001

ARBOL	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOL (m ³ ssc)	PESO ESPECIFICO
1	41	51,4	2,9172	
2	40	50,3	2,7256	
3	34,7	54,4	2,7656	
4	37	53,3	2,8303	
5	40,6	47	2,4156	
MEDIA	38,66	51,28	2,7309	
CANDIDATO	42,5	53,2	3,2392	

m³ssc = metros cúbicos secos sin corteza

TABLA RESUMEN

VARIABLES	ARBOLES DE COMPARACION			CANDIDATO
	MIN	MAX	MEDIA	
ALTURA	34,70	41,00	38,66	42,50
DAP	47,00	54,40	51,28	53,20
VOLUMEN	2,4156	2,9172	2,7310	3,2392
P. ESPECIFICO				

ASIGNACION DE PUNTAJE: ARBOL CANDIDATO Y DE COMPARACION

VARIABLES	CANDIDATO	COMP. 1	COMP. 2	COMP. 3	COMP. 4	COMP. 5
ALTURA	1					
VOLUMEN	2					
P. ESPECIFICO						
RECTITUD	3	1	2	1	2	2
COPA	1	-1	0	0	0	0
DIAM. RAMA	1	0	1	1	0	0
ANG. RAMA	0	0	0	1	0	-1
TOTAL	8					

OBSERVACIONES: GPS (Global Position System) = Código 345
Los árboles de comparación 2 y 3 presentan bifurcación.

DISEÑOS DE HUERTOS SEMILLEROS

Roberto Ipinza Carmona¹
Rodrigo Vergara Lagos²

INTRODUCCIÓN

Los huertos semilleros son las poblaciones de producción más comúnmente utilizadas en los programas de mejora. Los huertos son esenciales para la producción de semilla de alta calidad genética, ya que la semilla se origina a partir de árboles superiores, seleccionados ya sea de poblaciones naturales, plantaciones o ensayos genéticos de programas de generaciones avanzadas.

Es necesario distinguir los huertos de primera generación y los de generación avanzada. Los huertos semilleros podrían contener progenie seleccionada de una nueva población base (selección hacia delante), o la selección original de la primera generación (selección hacia atrás), o una mezcla de ambos, por lo tanto esas consideraciones deben ser incluidas en los diseños.

El valor del huerto depende de:

- El tamaño del área y el número de hectáreas reforestadas anualmente.
- De las ganancias genéticas (volumen, rectitud, etcétera) y calidad de las ganancias.
- El valor de la madera.

En el huerto se debe incluir el mejor material disponible y su manejo debe ser el más efectivo posible. Existe la impresión errónea de que los huertos son baratos, pero en la mayoría de los casos son caros de establecer y mantener. La decisión de establecer un huerto no debería tomarse a la ligera, y una vez tomada, debería ir acompañada del compromiso de un manejo intensivo, necesario para una producción eficiente de semilla.

- La productividad del huerto (kilos de semilla por hectárea).
- El costo de manejar el huerto (costo del kilo de semilla producida).

Los huertos son usualmente una buena inversión, pero el retorno de la inversión depende de un manejo eficiente. En cualquier caso, el establecimiento de un huerto debe ser precedido por un análisis financiero que considere los factores mencionados. En cualquier país los huertos son una inversión apropiada, puesto que ellos proveen una fuente de semilla de una raza local (***Pinus radiata*** y ***Eucalyptus globulus***) que no estaría disponible de otra forma. En el caso de las exóticas, los huertos sustituyen la necesidad de importar semilla, que además de cara, puede no ser genéticamente mejorada.

¹ Ingeniero Forestal. Dr. Ingeniero de Montes. Instituto de Silvicultura. Universidad Austral de Chile, Casilla # 567. Valdivia, Chile.
e-mail: ripinza@valdivia.uca.uach.cl

² Ingeniero Forestal. Instituto de Silvicultura. Universidad Austral de Chile, Casilla # 567. Valdivia, Chile.
e-mail: rvergara@valdivia.uca.uach.cl