

CUADRO 5
INCREMENTO EN LONGITUD DE RAMAS Y NÚMERO DE YEMAS EN EL
EXPERIMENTO 1 (DOSIS ALTAS AG4/7)

Incrementos en	Repetición	T0	T1	T2	T3
Largo de ramas (%)	REP1	113,1	118	107,2	89,5
	REP2	94,9	112,3	109,3	121,3
	REP3	113,9	104,9	155,9	152,0
	PROM	104,3	112,9	128,7	127,2
Número de yemas (%)	REP1	181,2	129,9	125,7	92,2
	REP2	113,6	108,0	120,5	120,1
	REP3	175,7	80,2	93,5	155,1
	PROM	145,5	110,4	110,4	128,5

CUADRO 6
INCREMENTO EN LONGITUD DE RAMAS Y NÚMERO DE YEMAS EN EL
EXPERIMENTO 2 (TRANSLOCACIÓN AG4/7)

Incrementos en	Repetición	T0	T1	T2	T3
Largo de ramas (%)	REP1	87,6	126,4	111,1	77,6
	REP2	187,9	135,7	110,7	116,7
	REP3	255,6	125,0	104,4	94,4
	REP 4	116,6	75,3	109,5	93,8
	PROM	148,5	112,7	108,5	92,3
Número de yemas (%)	REP1	163,6	120,0	100,0	87,5
	REP2	116,8	125,0	92,9	63,6
	REP3	164,7	62,9	58,5	75,0
	REP 4	103,3	83,3	90,9	43,4
	PROM	133,2	93,9	82,3	66,7

CUADRO 7
INCREMENTO EN LONGITUD DE RAMAS Y NÚMERO DE YEMAS EN EL
EXPERIMENTO 3 (DOSIS BAJAS AG4/7)

Incrementos en	Repetición	T4	T5	T6	T7
Largo de ramas (%)	REP1	122,5	101,7	81,3	80,0
	REP2	122,0	101,2	97,4	126,1
	REP3	130,7	93,9	101,5	107,6
	PROM	125,3	98,5	93,5	101,1
Número de yemas (%)	REP1	91,6	103,9	88,4	84,7
	REP2	99,3	89,8	47,4	115,7
	REP3	149,0	91,5	87,1	94,6
	PROM	115,3	93,6	75,6	96,4

CUADRO 8
INCREMENTO EN LONGITUD DE RAMAS Y NÚMERO DE YEMAS EN EL
EXPERIMENTO 4 (INTERACCIÓN AG4/7 Y UCZ)

Incrementos en	Repetición	T8	T9	T10	T11
Largo de ramas (%)	REP1	140,5	113,5	125,6	104,9
	REP2	166,7	67,6	78,7	161,4
	REP3	138,6	109,0	106,0	153,3
	PROM	148,3	99,0	100,9	138,6
Número de yemas (%)	REP1	171,1	112,8	130,9	111,1
	REP2	156,0	81,9	118,8	165,3
	REP3	124,8	90,3	130,1	168,8
	PROM	149,9	96,2	126,1	146,5

En el **cuadro 9** se resumen los resultados de los distintos experimentos y tratamientos aplicados, sobre la respuesta floral exhibida por los clones representados en los ensayos de inducción floral. En él se describe el número de plantas evaluadas, la cantidad de plantas que exhibió respuesta floral, y el número de flores (femeninas, masculinas y totales) observadas en cada situación.

CUADRO 9
RESULTADOS DE RESPUESTA FLORAL

Experimento	Trat.	N° plantas tratadas	N° plantas evaluadas	N° plantas con flores	N° flores femeninas	N° flores masculinas	Flores femeninas por planta evaluada	Flores masculinas por planta evaluada	N° total flores por planta evaluada
Exp. 1 Dosis Altas AG4/7	T0	12	9	1	4	12	0,44	1,33	1,78
	T1	12	10	3	51	132	5,10	13,20	18,30
	T2	12	10	6	148	924	14,80	92,40	107,20
	T3	12	6	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Exp. 2 Translocación AG4/7	T0	8	7	1	5	0	0,71	0,00	0,71
	T1	8	7	0	0	0	0,00	0,00	0,00
	T2	8	6	3	14	0	2,33	0,00	2,33
	T3	8	6	1	3	0	0,50	0,00	0,50
Exp. 3 Dosis bajas AG4/7	T4	12	11	0	0	0	0,00	0,00	0,00
	T5	12	11	0	0	0	0,00	0,00	0,00
	T6	12	11	2	12	19	1,09	1,73	2,82
	T7	12	8	2	28	71	3,50	8,88	12,38
Exp. 4 Interacción AG4/7 y UCZ	T8	12	12	1	9	29	0,75	2,42	3,17
	T9	12	11	0	0	0	0,00	0,00	0,00
	T10	12	11	2	27	113	2,45	10,27	12,73
	T11	12	11	1	11	18	1,00	1,64	2,64

Posteriormente el **cuadro 10** y el gráfico de las **figura 4** representan la relación entre la respuesta floral (en términos del porcentaje de plantas evaluadas que presentó flores y el número de flores por planta evaluada) respecto a los parámetros predictivos empleados (incremento en longitud de ramas e incremento en número de yemas).

CUADRO 10
RELACIÓN ENTRE VARIABLES PREDICTIVAS (INCREMENTO EN LONGITUD DE RAMAS Y NÚMERO DE YEMAS) Y RESPUESTA FLORAL (PORCENTAJE DE PLANTAS CON FLORES, Y NÚMERO DE FLORES POR PLANTA EVALUADA)

Experimento	Trat.	Incremento en largo de ramas (%)	Incremento en número de yemas (%)	Plantas con flores (%)	Nº de flores por planta evaluada	Nº de flores femeninas por planta evaluada
Exp. 1 Dosis Altas AG4/7	T0	104,3	145,5	11,10	1,78	0,44
	T1	112,9	110,4	30,00	18,30	5,10
	T2	128,7	110,4	60,00	107,20	14,80
	T3	127,2	128,5	0,00	0,00	0,00
Exp. 2 Translocación AG4/7	T0	148,5	133,2	14,30	0,71	0,71
	T1	112,7	93,9	0,00	0,00	0,00
	T2	108,5	82,3	50,00	2,33	2,33
	T3	92,3	66,7	16,70	0,50	0,50
Exp. 3 Dosis bajas AG4/7	T4	125,3	115,3	0,00	0,00	0,00
	T5	98,5	93,6	0,00	0,00	0,00
	T6	93,5	75,6	18,10	2,82	1,09
	T7	101,1	96,4	25,00	12,38	3,50
Exp. 4 Interacción AG4/7 y UCZ	T8	148,3	149,9	8,00	3,17	0,75
	T9	99	96,2	0,00	0,00	0,00
	T10	100,9	126,1	18,00	12,73	2,45
	T11	138,6	146,5	9,00	2,64	1,00

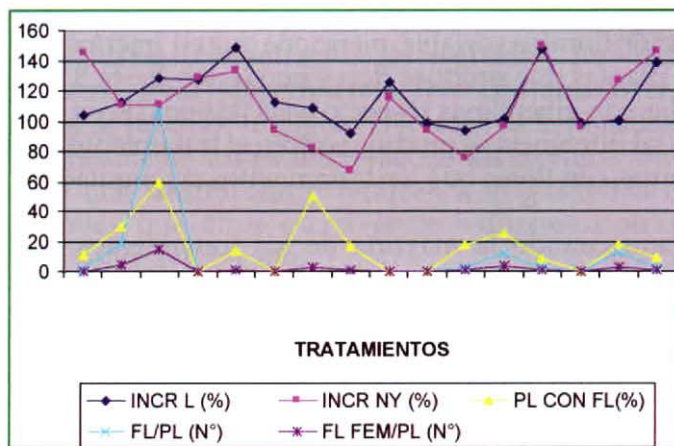


Figura 4: Relación entre los parámetros descriptivos; incremento en longitud de ramas (INCR L) e incremento en número de yemas (INCR NY), con la respuesta floral expresada en; Porcentaje de plantas con flores en cada tratamiento (PL CON FL), N° de flores por planta evaluada en cada tratamiento (FL/PL) y N° de flores femeninas por planta evaluada en cada tratamiento (FL FEM/PL).

ANÁLISIS DE RESULTADOS FASE EXPERIMENTAL

En términos generales la relación entre la elongación de las ramas o el aumento del número de yemas con la respuesta floral es distinta a la esperada. La relación no es evidente, observándose una tendencia a una relación inversa en que coinciden los menores niveles de incremento en largo de ramas y número de yemas con los mejores niveles de formación de flores (**figura 4**).

Si se considera que uno de los efectos de las giberelinas es promover el crecimiento, se hubiese esperado una mayor expresión de tales variables, asociado a una mayor respuesta en formación de flores.

Salvo un par de excepciones, no se observan grandes diferencias entre testigos y tratamientos, verificándose en general un nivel de floración escaso y sin relaciones claras entre la formación de flores y las dosis y combinaciones de reguladores de crecimiento utilizados.

Las situación anterior es ligeramente distinta a la publicada en la literatura consultada, la que señala que aunque la magnitud del efecto de las giberelinas

sobre la inducción floral es variable, menciona que en injertos de pino oregón, el número de plantas que produce flores puede ser hasta 8 veces mayor en plantas tratadas con giberelinas respecto a las testigos (Ross, 1977). En estos experimentos tal diferencia se produjo sólo en el tratamiento T2 que indujo 6 veces más plantas con flores que los tratamientos sin regulador

Al respecto, aún cuando la mayoría de los tratamientos no induce una respuesta considerablemente superior a los testigos, es destacable el comportamiento claramente superior exhibido por el tratamiento T2, que resulta consistente el más efectivo en todos los experimentos en que fue ensayado, y que se diferencia favorablemente de testigos y todos los demás tratamientos considerados en los distintos experimentos.

El análisis específico de cada experimento se presenta en los apartados siguientes.

- Experimento 1: Dosis altas AG4/7

En relación al testigo todos los tratamientos de altas dosis de AG4/7 exhiben un mayor incremento en la longitud de las ramas y un menor incremento en el número de yemas, aunque no todas estas diferencias son estadísticamente significativas.

En términos de respuesta floral se aprecia una clara diferencia entre tratamientos. T1 y T2 son claramente superiores al testigo, mientras que T3 no exhibe respuesta floral. Los mejores resultados se obtienen con el tratamiento T2 que logra inducir la formación de flores en el 60% de las plantas evaluadas y un promedio de más de 100 flores por planta, mayoritariamente masculinas, pero también con la mayor cantidad de flores femeninas de todos los tratamientos ensayados.

Los tratamientos de 700 y 1.000mg/l de AG4/7 exhiben un efecto superior al del testigo, siendo lejos T2 (1.000mg/l) el más efectivo. Sin embargo, una dosis mayor, como la representada en T3 (1.300mg/l), no produjo ninguna respuesta floral, siendo en este sentido inferior al tratamiento testigo. Adicionalmente en este tratamiento (T3) se constató una mayor mortalidad de plantas, indicando una posible toxicidad del producto en la concentración aplicada y confirmando que los valores óptimos se encuentran cercanos a los 1.000mg/l.

Si bien en este experimento T3 no tuvo efecto sobre la floración, se observa que al usar la misma concentración de regulador de crecimiento, pero aplicado en forma local (experimento 2) o combinado con uniconazol (experimento 4), se produce un ligero efecto sobre la floración. Este efecto, aunque estadísticamente no es diferente de los testigos, muestra que los procedimientos que neutralizan o reducen a la giberelina absorbida por la planta, permiten que dosis excesivas se reduzcan a otras que pueden provocar efecto sobre la floración.

- Experimento 2: Translocación AG4/7

En este experimento se observa que solo T2 induce una respuesta floral significativamente superior al testigo, mientras que los tratamientos restantes, aunque no se diferencian estadísticamente del testigo (T0), muestran valores que son inferiores a los de él.

El comportamiento de T2 (1.000mg/l de AG4/7) es consistente con el observado en el experimento anterior, en término del número de plantas que formaron flores, sin embargo el número de flores por planta fue bastante más reducido al aplicar el producto en forma local sobre una sola rama (experimento 2), que al asperjarlo en toda la copa (experimento 1).

El tratamiento T1 (700mg/l AG4/7) que al asperjarlo en toda la copa tiene un importante efecto inductor de flores, al aplicarlo localmente en una sola rama no produce efecto alguno. Efectivamente, los tratamientos T1, T7 y T10 de los experimentos 1, 2 y 4 respectivamente, que corresponden a la misma dosis de AG4/7, muestran en todos los casos un efecto significativo sobre el porcentaje de plantas con flores y el número de flores por planta. Por el contrario, el tratamiento T9 del experimento 4, donde también se usan 700mg/l de giberelinas, pero en combinación con UCZ, tampoco exhibe efecto sobre la floración.

El hecho de que la dosis de 700mg/l sea efectiva en todos los casos en que se aplica pura sobre toda la copa y no tenga efecto cuando se aplica en forma local o combinada con UCZ parece señalar que la cantidad de producto que se absorbe o que actúa en la planta se ve reducida como consecuencia de la aplicación local o el efecto antagónico del UCZ.

A la inversa, pero coincidiendo con lo anterior, el tratamiento T3 de 1.300mg/l de giberelina, si bien no se diferencia estadísticamente del testigo, sí presenta una ligera respuesta floral al aplicarlo en forma local sobre una



rama. Sin embargo, el mismo tratamiento al asperjarlo sobre toda la copa no produce efecto en la floración y se asocia a una mayor mortalidad de plantas, presumiéndose una probable toxicidad (experimento 1). En este mismo sentido si se revisan los resultados del tratamiento T11, donde también se usan 1.300mg/l de giberelina combinados con UCZ, se vuelve a encontrar un ligero efecto sobre la floración, aunque otra vez no hay diferencias significativas con su respectivo testigo.

El comportamiento del tratamiento de 1.300mg/l de giberelina se puede interpretar en forma equivalente al de 700mg/l. En este caso la combinación con UCZ, o la aplicación en forma local, reducirían la cantidad de producto que se absorbe o que actúa en la planta. De esta forma una dosis que aparentemente puede ser demasiado alta se reduce a un nivel menor que le permite manifestar en algún grado el efecto inductor de floración.

Recapitulando, el menor efecto de T2 al aplicarlo en forma local respecto a aspersión en toda la copa, sumado menor rendimiento de los restantes tratamientos del experimento de translocación respecto a su testigo, permiten concluir que la aplicación de AG4/7 localizada en una sola rama, no resulta efectiva, en las dosis ensayadas, para promover floración en injertos de pino oregón.

La respuesta observada en este experimento, no puede atribuirse directamente a la movilidad de la hormona. Aparentemente el menor efecto es sólo consecuencia de la menor cantidad de producto que es efectivamente absorbido por la planta.

Respecto a una aplicación puntual mediante inyección de giberelinas en alguna porción del tallo, o bajo las yemas terminales, si bien corresponde a una aplicación local, no corresponde a una aspersión. A la luz de los antecedentes bibliográficos esta resultaría efectiva, pero atendiendo a las complejidades operativas para su aplicación a gran escala, no fue evaluada en los experimentos realizados.

- Experimento 3: Dosis bajas AG4/7

Los tratamientos T6 y T7, equivalentes a concentraciones de AG4/7 de 400 y 700mg/l, producen una manifestación floral superior al testigo sin aplicación (T4), que no produjo flores. A su vez el tratamiento T5 (100mg/l) tampoco tuvo efectos sobre la floración.

Estos resultados permiten definir el rango inferior de la concentración de giberelinas, cuando se aplican para estimular floración. Las concentraciones más bajas (T5) no tienen efecto sobre este fenómeno, el cual se intensifica al aumentar la concentración en T6 y T7.

Al combinar estos resultados con los obtenidos en el experimento de dosis altas se observa una tendencia creciente en la respuesta floral que sigue aumentando al usar concentraciones mayores de giberelinas, encontrándose su óptimo alrededor de los 1.000 mg/l en el tratamiento T2 del experimento 1, para posteriormente decrecer en T3 al usar concentraciones superiores (1.300mg/l).

- Experimento 4: Interacción AG4/7 y UCZ

Los resultados de este experimento indican que los tratamientos mixtos, que combinan AG4/7 y UCZ tienen un efecto inferior o no significativamente distinto al del testigo sin aplicación (T8).

Efectivamente entre los tratamientos mixtos, el tratamiento T9 (700mg/l de AG4/7 + UCZ) no indujo ninguna respuesta floral. El tratamiento T11 (1.300mg/l de AG4/7 + UCZ) produjo una respuesta que no se diferencia de la del testigo.

Por su parte, el tratamiento de giberelina pura, correspondiente a T10 (700mg/l de AG4/7), resulta claramente superior al testigo y los tratamientos mixtos. A su vez su comportamiento resulta consistente con el expresado por los tratamientos T1 y T7 de los experimentos 1 y 3 respectivamente, que corresponden a la misma dosis de AG4/7.

El efecto antagónico de las giberelinas y la antigiberelina UCZ parece producir una neutralización de las primeras que explicaría los resultados obtenidos. Así, en el caso del tratamiento mixto con menor dosis de AG4/7 (T9; 700mg/l + UCZ) el uniconazol evita la expresión del efecto de las giberelinas, y a diferencia de los resultados experimentados por esta concentración de AG4/7 en los otros experimentos, en este caso no produce efecto alguno sobre la floración. A su vez, en el caso de T11, con una concentración de 1.300mg/l de AG4/7, el uniconazol neutraliza una fracción de las giberelinas, haciendo un efecto similar a usar una dosis menor de ellas.

Contribuye a respaldar la interpretación anterior, el hecho de que en el experimento 1 el tratamiento T3 que también correspondía a una



concentración de AG4/7 de 1.300mg/l no produjo respuesta floral y evidenció la menor sobrevivencia de plantas, situación que se atribuye a una eventual toxicidad del producto en esa concentración. Sin embargo, al usar la misma concentración, pero mezclada con UCZ se produce una respuesta floral mejor que en el tratamiento puro. En este caso, la situación es coincidente con la señalada por Smith (1998) quien reporta que la aplicación de PBZ mejora el efecto de la giberelina sola.

Ante la interpretación de estos resultados, parece lógico pensar que el efecto del UCZ mejora la acción de las giberelinas cuando estas se aplican en concentraciones superiores a las óptimas. Consecuentemente, resulta un sistema más sencillo y barato utilizar sólo giberelinas, en dosis cercanas a 1.000 mg/l, en vez de dosis mayores complementadas con UCZ.

APLICACIÓN OPERACIONAL DE GIBERELINAS EN HUERTO SEMILLERO CLONAL DE PINO OREGÓN

Metodología

El huerto semillero clonal de pino oregón, utilizado para probar el efecto de un tratamiento de inducción floral, correspondió a una unidad establecida el año 2002 en un predio de CONAF a 29Km de Temuco en el camino Temuco-Nueva Imperial en la IX región.

Tal huerto posee una superficie de 1,7 hectáreas, donde se representan 42 clones de pino oregón, correspondientes a árboles plus seleccionados rigurosamente en plantaciones nacionales. El huerto se compone de 20 bloques completos, en cada uno de los cuales se representa un rameto de cada uno de los 42 clones considerados.

Los rametos y clones que conforman el huerto fueron obtenidos mediante la injertación de púas de los clones selectos sobre patrones cultivados a raíz desnuda. La metodología de injertación correspondió a la denominada injertación apical o de hendidura simple. El material genético considerado en este huerto es el mismo utilizado en los experimentos previamente descritos.

El tratamiento de inducción floral aplicado al huerto correspondió a 4 aspersiones foliares de una solución de ácidos giberélicos AG4/7 en concentración de 1.000mg de ingrediente activo por litro, las que se repitieron

semana por medio a partir de octubre de 2005.

Este tratamiento es idéntico al identificado como T2 en los ensayos experimentales realizados en forma previa, donde demostró ser el mejor de una completa batería de protocolos de inducción evaluados sobre rametos injertados de pino oregón.

Para efectos de la aplicación operacional se preparó una solución compuesta de 500 ml de ProVide (producto comercial correspondiente a una mezcla de AG4/7 al 2% p/v), con 2,5ml del surfactante HiPoint y un litro de agua. Después de revolver y homogenizar se vació a una bomba de espalda y se completó un volumen de 10 litros agregando agua mientras se revolvía.

La solución anterior, equivalente a 1.000mg/l de AG4/7, fue asperjada al follaje de las plantas con la bomba de espalda, humedeciendo generosamente la copa de los injertos, pero sin llegar al punto de goteo (**figura 5**). Estas aplicaciones se repitieron en cuatro oportunidades sobre todos los rametos del huerto, excepto sobre los del bloque 1, los que para efectos de comparación corresponden a un testigo sin aplicación.



Figura 5: Aplicación de gibberelinas en huerto semillero clonal de pino oregón

Considerando que esta aplicación no constituye un ensayo, sino que una medida de manejo operacional, para efectos de la evaluación se efectuó una comparación simple entre la respuesta floral observada en dos bloques del huerto, por una parte el bloque testigo sin aplicación de gibberelinas y por otra un bloque escogido al azar de entre todos los que recibieron el tratamiento de inducción.

En ambos bloques se monitorearon todos los rametos existentes, contabilizando el número de flores masculinas y femeninas de cada uno, así como la altura individual de cada rameto. Adicionalmente, en el resto del huerto se hizo una contabilización general de todos los rametos, clasificándolos en función de la abundancia de flores exhibidas. Las categorías empleadas fueron: escasas (1 a 5 flores); medias (6 a 20 flores); y abundantes (más de 20 flores). La distribución de los rametos en cada categoría se comparó con la del bloque testigo sin aplicación.

Resultados

Tal como se podía esperar de los resultados obtenidos en la fase experimental, los rametos tratados con giberelina exhiben una mayor floración que el testigo. No obstante, atendiendo a que la aplicación en el huerto no es un ensayo con repeticiones ni diseño estadístico, no se puede evaluar la significancia estadística de esta diferencia. Aún así, esta parece de escasa magnitud y menor a la observada en los ensayos experimentales.

El porcentaje de rametos que exhibe flores es relativamente similar en el testigo y en los bloques tratados. En ambos casos el número de flores masculinas y el número de rametos que las portan, son mayores que para las femeninas.

El número total de flores es superior en los árboles tratados que en los sin tratar. Particularmente el número de flores femeninas aumenta considerablemente en relación al testigo, el cual prácticamente no las evidencia. Este aspecto es relevante por cuanto es de estas flores de la que depende fundamentalmente la producción de semillas.

En el **cuadro 11** se resumen los antecedentes de la comparación entre el bloque testigo y un bloque tratado escogido al azar dentro del huerto. En el se presentan algunas relaciones promedios en términos de porcentaje de rametos con flores, número de flores por rameto y número de flores por metro de copa.

CUADRO 11
COMPARACIÓN DE RESPUESTA FLORAL ANTE APLICACIÓN DE GIBERELINAS EN UN HUERTO SEMILLERO CLONAL DE PINO OREGÓN

Variable	Testigo (sin aplicación)	AG4/7 (1.000mg/l)
N° de rametos evaluados	33	34
• Altura promedio	2,39	2,54
N° Total de flores observadas	925	1.478
• Masculinas	924	1.263
• Femeninas	1	215
Rametos con flores (%)	72,7	79,4
• Masculinas	72,7	79,4
• Femeninas	3,0	8,8
N° promedio de flores por rameto	28,03	43,47
• Masculinas	28,00	37,15
• Femeninas	0,03	6,32
N° promedio de flores por metro de copa	11,73	17,13
• Masculinas	11,72	14,64
• Femeninas	0,01	2,49

Respecto a la abundancia de flores por rametos, en los árboles tratados aumenta la proporción de individuos que presentan categorías superiores de abundancia de flores femeninas. En efecto, en el testigo los rametos que portan flores femeninas sólo las presentan en forma escasa, en cambio en los que recibieron la aplicación de giberelina las portan en forma abundante o media. En el caso de las flores masculinas, la distribución es relativamente similar para los rametos tratados que para los testigos (figuras 6 y 7).

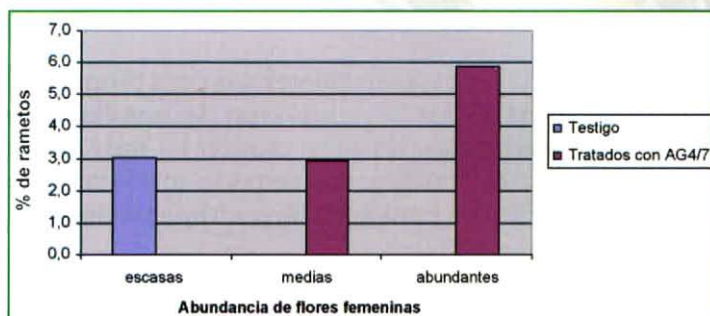


Figura 6: Distribución de rametos según abundancia de flores femeninas

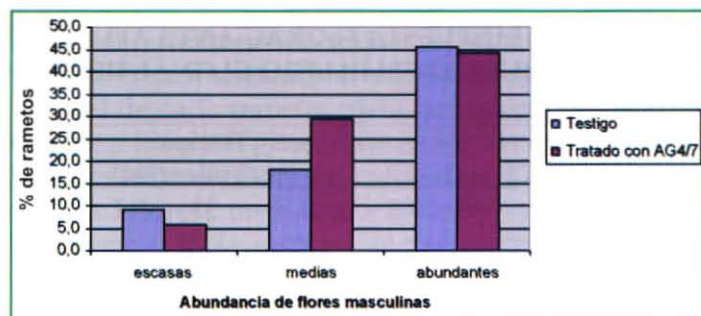


Figura 7: Distribución de rametos según abundancia de flores masculinas

Como resultado general se observa una incidencia positiva de la aplicación de giberelinas en todos los parámetros que cuantifican la floración del huerto. Aún así, en términos absolutos, la producción de flores continúa siendo escasa para el objetivo de producir semillas en forma abundante. En cualquier caso, esta situación parece derivarse del incipiente estado desarrollo del huerto, más que del tratamiento de inducción floral empleado. Por lo mismo, resultará interesante repetirlo cuando este tenga más edad y sus rametos hayan desarrollado una mayor altura y volumen de copa.

CONCLUSIONES

Existen abundantes antecedentes que demuestran y confirman la factibilidad de inducir floración en pino oregón y otras coníferas usando aplicaciones exógenas de giberelinas. La respuesta se manifiesta en un mayor número de plantas que producen flores y en una mayor producción de flores por planta.

La utilidad de la aplicación exógena de giberelinas para promover la floración y consecuentemente incrementar la producción de semillas genéticamente mejoradas en huertos semilleros de pino oregón es muy promisorio. La información bibliográfica es concluyente respecto al efecto de la técnica y aporta suficientes antecedentes para orientar su implementación práctica.

Las aplicaciones mediante aspersión foliar de una solución de AG4/7 en concentración de 1.000mg/l constituye un procedimiento que estimula la formación de flores en injertos de pino oregón. Este resultado fue confirmado en actividades experimentales donde demostró ser el mejor de muchos

tratamientos alternativos ensayados. A nivel operacional logró inducir una floración sustantivamente mayor que en un testigo sin aplicación, aunque debido al escaso desarrollo de los rametos del huerto, el efecto no fue suficiente como para generar una producción masiva de semillas.

Concentraciones superiores a 1.000mg/l e inferiores a 700mg/l no son recomendables para este efecto. Así como tampoco los tratamientos mixtos de giberelina con UCZ, ni aquellos en que la hormona se asperja en forma local sobre una reducida fracción de la copa.



BIBLIOGRAFÍA

- Adams, G. Irving, J. y Greenwood, M. 1992. Optimization of environmental regimes for flowering in an indoor breeding hall for black, white spruce and jack pine. En: Proceedings of Symposium IUFRO AFOCEL Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species. Bordeaux, France. 14-18 September, 1992. Pp: 219-277.
- Bonet-Masimbert, M. y Doumas, P. 1992. Physiological approach to flowering induction in conifers. En: Proceedings of Symposium IUFRO AFOCEL Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species. Bordeaux, France. 14-18 september, 1992. Pp: 181-188.
- Enescu, V.; Popescu, P. y Contescu, L. 1977. Blossoming artificial inducing in a clonal orchard of *Pseudotsuga menziesii*. En: Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra, Australia 21 al 26 de marzo de 1977. Pp: 1071-1078.
- Giertych, M. 1977. Role of lighth and temperature in flowering of forest trees. En: Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra, Australia 21 al 26 de marzo de 1977. Pp: 1013-1022.
- Greenwood, M. 1977. Flower stimulation techniques for loblolly pine, *Pinus taeda*. En: Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra, Australia 21 al 26 de marzo de 1977. Pp: 1031- 1042.
- Hare, R. 1984. Application method and timing of gibberellin A4/7 treatments for increasing pollen cone bud production in southern pines. Can Jour of For. Res. 14:123-131.
- Hermann, R y Lavender, D. S/F. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). En: http://www.Forestworld.com/public/silvics/conifers/pseudotsuga/menziesii/menziesii_c1.html. (Consulta, Septiembre 2003).
- Leadem, C. S/F. A guide to the biology and use of forest tree seeds. Ministry of Forest research program. Province of British Columbia. 20 p.
- Moritz, T. 1989. Gibberellins and flower bud differentiation in Spruce. The Swedish Univ. Agric. Sci. Dept. Forest. Genet. & Plant physiology. ISBN 91-576-4007-6.
- Pijut, P. 2002. Eastern white pine (*Pinus strobus*) flowering in response to spray application of gibberillin A4/7 or procone. North. Jour. Appl. For. 19(2):68-72.
- Rose, R. 2000. Silviculture: Reforestation. Class Notes (FOR 442). Department of Forest Resources. College of Forestry. Oregon State University.
- Ross, D. 1977. Influences of gibberellins and cultural practices on early flowering of Douglas-fir seedlings and grafts. En: Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra, Australia 21 al 26 de marzo de 1977. Pp: 997-1008.
- Smith, R. 1998. Effects of stem injections of gibberellins A4/7 and paclobutrazol on

sex expression and the within-crown distribution of seed and pollen cones in black spruce (*Picea mariana*). En: Canadian Journal of Forestry Research 28: 641-651.

Wesoly, W. 1987. Effect of spraying with gibberellin A4/7 on flowering and endogenous gibberellin content in buds of *Pinus sylvestris* grafts. Forest Ecology and Management. 19(1-4): 121-127.





V

VARIABILIDAD GENÉTICA Y DESEMPEÑO EN TERRENO DE PINO OREGÓN

Braulio Gutiérrez C.

INTRODUCCION

El comportamiento de las plantas, y en general de cualquier organismo vivo, está determinado por su constitución genética y las condiciones ambientales donde se desenvuelve. En el caso de las plantaciones forestales este enunciado es particularmente importante, por cuanto indica que no basta con utilizar material genéticamente mejorado, sino que además hay que saber donde conviene utilizarlo.

Es frecuente que, por ejemplo clones o familias de desempeño claramente superior en algunas localidades, al plantarlas en lugares distintos no se diferencian de la media o incluso pueden exhibir resultados decepcionantes. Este fenómeno, denominado interacción genotipo ambiente, debe ser claramente identificado para poder hacer una certera prescripción del material más adecuado para establecer plantaciones en distintos sitios.

Al respecto, el proyecto "Propagación de genotipos de interés comercial de pino oregón" administra un conjunto de árboles plus, previamente seleccionados en plantaciones nacionales, donde ellos exhibían una evidente superioridad fenotípica sobre el resto de sus congéneres que crecían en la misma condición ambiental. Estos individuos constituyen la base del programa de mejoramiento genético de pino oregón y han sido establecidas en huertos semilleros clonales, orientados a la producción masiva de semillas para abastecer a productores de plantas y forestadores. A pesar de esto, aún no existe claridad de cual será el comportamiento de las plantas que se obtengan a partir de estos árboles, si estas heredarán efectivamente las características de superioridad de sus padres, si serán igualmente efectivos en distintos ambientes, cual será la magnitud del efecto genotipo-ambiente que ellos presenten, o cuales serán las familias o clones más apropiadas para cada condición.

Para dilucidar esas interrogantes se han establecido dos ensayos genéticos con las progenies de estos árboles. La mantención y evaluación de estas pruebas de progenies permitirá determinar cuales son los más adecuados



para cada condición y paralelamente generar valiosa información referente a la magnitud en que cada árbol plus traspasa parte de su superioridad a su descendencia. De esta forma se podrá identificar a aquellos progenitores más valiosos, para privilegiarlos al cosechar semilla en el huerto, y a aquellos de menor valor para eliminarlos y depurar la calidad del mismo. La descripción de tales ensayos, así como los resultados de su evaluación después de una temporada de crecimiento en terreno se presentan en este capítulo.

Complementariamente, y con la finalidad de determinar si los árboles seleccionados representan una variabilidad genética adecuada para sustentar un programa de mejoramiento, estos fueron sometidos a pruebas de laboratorio donde mediante marcadores moleculares de ADN, particularmente mediante técnicas de microsatélite se procedió a caracterizarlos genéticamente y determinar el grado de diferenciación que ellos presentan entre sí. Este estudio, que fue desarrollado por el Dr. Ricardo Riegel del Instituto de Sanidad y Producción Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, como una actividad subcontratada del proyecto en cuestión, se resume y presenta también en este capítulo.

Por último, para completar la evaluación de la variabilidad y desempeño de pino oregón, se analizan otras tres pruebas de progenies establecidas en el país, donde se representa a gran parte de la variabilidad exhibida por esta especie en su área distribución natural. Estos ensayos corresponden a una de las más completas colecciones de procedencias y progenies norteamericanas de esta especie en Chile, de modo que su evaluación, a la edad de cinco años, entrega importantes antecedentes para la identificación de los orígenes más adecuados para su utilización en nuestro país, así como también para la evaluación de la eventual interacción genotipo-ambiente, que resulta esencial para determinar cuales orígenes son más apropiados para las diferentes condiciones de cultivo en Chile.

Los antecedentes mencionados se discuten en este capítulo y entregan claras orientaciones para acotar las áreas de importación de semillas para futuras introducciones de pino oregón Chile.

En resumen, en el presente capítulo se abarcan tres temas relacionados con la variabilidad genética y desempeño en terreno de distintos orígenes de pino oregón: Por una parte una caracterización genética, mediante marcadores moleculares, de los clones selectos que sustentan el programa de mejoramiento de esta especie en Chile; la evaluación de las pruebas



de progenies de estos árboles; y la evaluación de pruebas de progenies norteamericanas establecidas en nuestro país.

EVALUACIÓN MOLECULAR DE VARIABILIDAD GENÉTICA EN CLONES SELECTOS DE PINO OREGÓN

Para la formulación de una política de conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos es indispensable tener un conocimiento básico de la variabilidad y de la estructura genética de los individuos en estudio. Esta información puede servir de base para fijar criterios sobre plantación, colección, mejoramiento genético, conservación, manejo y aprovechamiento racional de la especie.

Al respecto, el uso de marcadores bioquímicos y moleculares en la caracterización de la diversidad genética de una especie adquiere una especial importancia ya que ellos pueden describir el genotipo de la planta. En tal sentido, el uso de los marcadores moleculares de ADN representa una buena alternativa para realizar diversos estudios relacionados con el genoma de las mismas. Particularmente, la caracterización del ADN nuclear resulta de utilidad para estudios de diversidad genética de individuos emparentados, debido a la mayor tasa de mutación que este presenta en comparación al ADN mitocondrial y el de cloroplasto, siendo de gran utilidad para la caracterización de clones o árboles individuales.

Los microsatélites son un tipo de marcador molecular que corresponde a secuencias cortas de ADN, de uno a seis pares de bases, repetidas en tandem. Ellos se presentan distribuidos y dispersos ampliamente en el genoma de las plantas, caracterizándose por entregar abundante información genética y por ser altamente polimórficos, aún entre individuos estrechamente emparentados. Corresponden a marcadores multialélicos, que detectan una alta heterocigosidad (sobre 0.7) y que se heredan en forma codominante (Paredes *et al.*, 2000).

Además, de estas excelentes características los microsatélites son transferibles a través de diferentes pedigrís, poblaciones y frecuentemente a través de especies genéticamente relacionadas dentro del mismo género. Todas las ventajas enunciadas han motivado su uso en especies leñosas, tanto en estudios de variabilidad genética, como en la identificación de genotipos.

En el caso del proyecto "Propagación de genotipos de interés comercial de



pino oregón”, la tecnología de microsatélites se utilizó para caracterizar genéticamente a los árboles plus considerados en el proyecto y evaluar la diversidad genética o el eventual grado de similitud que ellos presentan entre sí. El objetivo final de tal determinación es establecer si ellos son lo suficientemente diversos como para justificar su consideración en el programa de mejoramiento genético, o por el contrario, si son muy similares adoptar las medidas pertinentes para evitar el efecto de depresión endogámica asociada a la consanguinidad de los mismos.

Material y método

La extracción de ADN genómico de los 42 árboles plus de pino oregón analizados se realizó a partir de 4 yemas en latencia de cada uno de ellos. Estas extracciones fueron realizadas basándose en el método propuesto por Doyle y Doyle (1989), método ampliamente usado en coníferas por Riegel (2001). Este permitió obtener suficiente ADN, de buena calidad y en forma relativamente simple, por lo cual no fue necesario utilizar kits comerciales de extracción.

El mismo protocolo de extracción también resulta apropiado para obtener ADN desde acículas en diferentes épocas del año, así como para embriones de semillas. El lograr obtener ADN de buena calidad de las acículas es una gran ventaja ya que se pueden obtener muestras todo el año, siendo suficiente una acícula para los análisis genéticos

Una vez extraído el ADN, la creación de registro genotípico de los clones de pino oregón se efectuó utilizando microsatélites, siendo este tipo de marcadores el ideal para la caracterización genética. Para estos efectos se hizo uso de 50 secuencias microsatélites descritas para pino oregón por Amarasinghe y Carlson (2002). A partir de estos 50 microsatélites se seleccionaron 14. Los criterios de selección utilizados fueron: (i) Detección de un alto número de alelos; (ii) Frecuencias homogéneas de los alelos y; (iii) Posibilidad de realizar electroforesis del tipo “múltiplex”. Los locus seleccionados fueron: BCPsmAC1, BCPsmAG1, BCPsmAG2, BCPsmAG5, BCPsmAG10, BCPsmAG12, BCPsmAG13, BCPsmAG14, BCPsmAG15, BCPsmAG17, BCPsmAG120, BCPsmAG21, BCPsmAG25, BCPsmAG26.

Adicionalmente, se probaron otros 5 microsatélites de un total de 15 desarrollados por Slavov *et al.* (en prensa)

Efectuada la caracterización genética, la diversidad de la población en



estudio se estimó mediante la determinación de parámetros tradicionales, tales como el número de alelos detectados y la heterocigosidad observada y esperada, caracterizándose la diversidad y distancia genética de los clones mediante dendrogramas de distancia genética para cuatro loci.

Resultados

Se trabajó en la optimización de las condiciones de amplificación de estas secuencias microsatélites, las cuales se basan en el trabajo de Amarasinghe y Carlson (2002), adaptándolos a los reactivos y equipamiento local utilizado. Se realizaron diversos ensayos alterando algunos factores como perfil térmico de los programas de la PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa), concentración de $MgCl_2$ y concentración de dNTPs. En cada ensayo se trabajó con gran parte de los partidores y utilizando 2 a 4 accesiones de pino oregón.

Después de haber probado y evaluado diversas condiciones de amplificación de las secuencias microsatélites, no fue posible obtener resultados satisfactorios con ninguno de los microsatélites descritos por Amarasinghe y Carlson (2002). Las recomendaciones realizadas directamente por el señor Carlson, coautor del artículo usado como referencia, tampoco tuvieron éxito. Coincidentemente, los antecedentes aportados por Slavov *et al.* (*en prensa*) mencionan que a pesar de probar diferentes perfiles térmicos en la PCR y de rediseñar partidores para algunas secuencias microsatélites, no es posible obtener, a partir de las secuencias de Amarasinghe y Carlson (*op cit*), marcadores que exhiban una adecuada amplificación y representen la copia de un solo gen, por lo mismo desarrollaron 15 nuevas secuencias que resultaron más efectivas para este propósito.

Consecuentemente, siguiendo las recomendaciones de Slavov *et al.* (*op cit*), se utilizaron cinco de los microsatélites desarrollados por estos últimos autores. Cuatro de estos nuevos marcadores funcionaron adecuadamente en la amplificación después de efectuar pequeños ajustes en la técnica.

Con los 4 microsatélites identificados se procedió a genotipizar a los clones de pino oregón. Los primeros resultados, en los que se detectan gran número de alelos y genotipos, dejan en evidencia la gran variabilidad de estos marcadores y del material genético estudiado. Como es propio de este tipo de marcadores algunos detectan más variabilidad que otros.

De los clones de pino oregón caracterizados, 37 fueron analizados en dos



a cuatro loci. Esto permitió contar con un perfil genético único (registro genético) para cada uno de estos clones, observándose que en función de las combinaciones de los marcadores, dos loci son suficientes para individualizar a cada uno de los clones analizados.

Cada uno de los clones se diferencia de los restantes en mas de un locus, esto es una gran ventaja ya que permite individualizar de mejor forma los clones, minimizando posibles errores. Los alelos presentado por cada clon en cada uno de los loci, constituye su registro genético.

El número de alelos detectados en este estudio, si bien es relativamente alto, es menor al descrito por Slavov *et al.* (*en prensa*). Una situación similar ocurre con la heterocigosidad observada. Ambos valores estarían indicando que la diversidad de los clones estudiados es menor a la existente en el grupo de individuos analizados por Slavov.

Para efectos de relacionar genéticamente entre si a los individuos analizados se hizo uso de la distancia genética representada en un gráfico de dendrograma. En la **figura 1** se presentan las relaciones genéticas existente entre los clones analizados en 3-4 loci. Con los marcadores estudiados se observa que la mayoría de los individuos son muy distintos (genéticamente distantes) entre sí, no encontrándose un agrupamiento claro entre ellos.

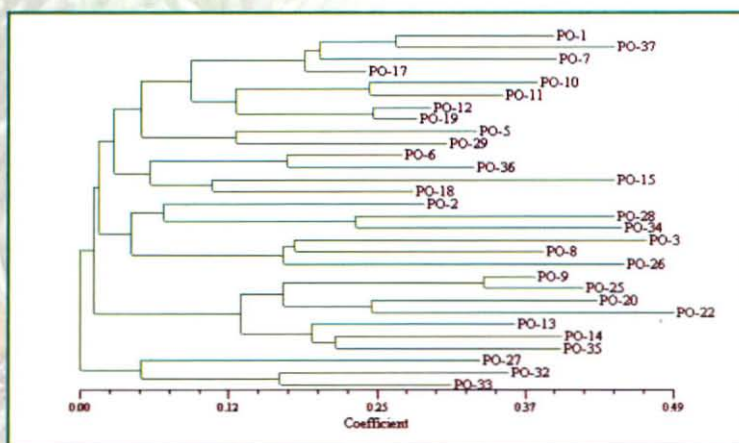


Figura 1: Dendrograma de clones de pino oregón basado en distancias genéticas (4 loci).

DESEMPEÑO EN TERRENO DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES NORTEAMERICANAS DE PINO OREGÓN

En los apartados siguientes se describen los resultados de la evaluación de tres ensayos de procedencia y progenies norteamericanas de pino oregón establecidas en Chile, con el objetivo de entregar información respecto al comportamiento diferencial exhibido por los distintos orígenes genéticos evaluados, determinar la incidencia de la interacción genotipo-ambiente y generar conclusiones respecto a la conveniencia de privilegiar determinadas procedencias y progenies para las plantaciones nacionales.

Material y Método

Se evalúa un ensayo de procedencias (Pedernal) y 2 ensayos de procedencias y progenies (Voipir y Natalhue), establecidos durante el año 2000 y medidos en julio del año 2005 (**cuadro 1**).

CUADRO 1
ENSAYOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN

ENSAYO (Propietario)	TIPO	UBICACIÓN	SUPERFICIE (ha)
VOIPIR (Forestal Voipir)	Procedencias y progenies	Villarrica (IX Reg)	14
NATALHUE (Forestal Natalhue)	Procedencias y Progenies	Lanco (X Reg)	14
PEDERNAL (Sr. Gerardo Ludwig)	Procedencias	Purranque (X Reg)	4

La colección de semillas representada en los ensayos corresponde a la detallada en el **cuadro 2**, esta representa la distribución de pino oregón entre los 42 y 49° de latitud norte, en los estados de Washington y Oregon en Estados Unidos, conformando 4 grupos o macroregiones identificadas como: costa norte, costa sur, zonas de altura e interior de baja precipitación (**figura 2**).

En cada ensayo esta colección está complementada con testigos y procedencias locales que se describen en el **cuadro 3**.

CUADRO 2
COLECCIÓN DE SEMILLA NORTEAMERICANA REPRESENTADA EN LOS ENSAYOS EVALUADOS

GRUPO	PROCEDENCIA	CODIFICACIÓN EN ENSAYOS	
		PROCEDENCIAS	PROGENIES
A Costa sur	Chetco	A4	1 a 40
	Gold Beach Powder	A5	41 a 80
	Mapleton	A6	81 a 120
	Walport	A7	121 a 151
B Costa Norte	Umpqua Cost	B4	152 a 191
	Noti	B5	192 a 231
	Burnt Woods	B6	232 a 270
	Vermonia	B7	271 a 310
	Shelton	B8	311 a 342
C Altura	Oakridge	C1	343 a 382
	McKenzie A	C2	383 a 417
	Sweet Home	C3	418 a 441
	Mt Hood A	C4	442 a 481
	Cowlitz A	C5	482 a 518
	Snoqualmie	C6	519 a 558
	Skagit	C7	559 a 598
D Baja Precipitación	McKenzie B	D1	599 a 638
	Mt Hood B	D2	639 a 678
	Cowlitz B	D3	679 a 721
TOTAL		19 procedencias	672 progenies

CUADRO 3
CONTROLES CONSIDERADAS EN LOS ENSAYOS EVALUADOS

CONTROLES		ENSAYOS		
		VOIPIR	NATALHUE	PEDERNAL
PINO RADIATA	BT (Familia control)	X	X	X
	BZ (Familia control)	X	X	
	CC (Familia control)	X	X	
	CI (Familia control)	X	X	X
	FD (Familia control)	X	X	X

(sigue...)

(continuación cuadro 3)

CONTROLES		ENSAYOS		
		VOIPIR	NATALHUE	PEDERNAL
PINO OREGON	VOI (Fam. local Voipir)	X	X	
	PE1 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE2 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE3 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE4 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE5 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE6 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE7 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE8 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE9 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE10 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE11 (Fam. Local Pedernal)			X
	PE12 (Fam. Local Pedernal)			X

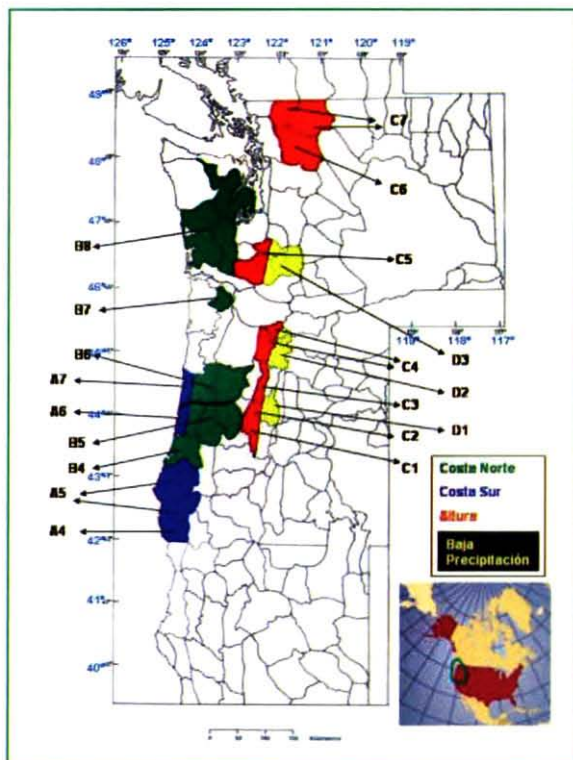


Figura 2: Procedencias de pino oregón en los ensayos de Voipir, Natalhue y Pedernal



Los ensayos de procedencias y progenies de Voipir y Natalhue corresponden a un diseño estadístico de bloques al azar. Cada ensayo consta de 12 bloques, en los cuales las progenies se representan con una parcela lineal de 5 plantas. En total, los ensayos de Voipir y Natalhue consideran 21.720 y 21.715 plantas, respectivamente

El ensayo de procedencias de Pedernal consta de 6 bloques al azar. En cada bloque se representan las 19 procedencias norteamericanas, más los controles del cuadro 3, en parcelas cuadradas de 36 plantas. En total el ensayo considera 5.184 individuos.

Los ensayos se evalúan considerando los datos registrados en una medición efectuada en julio del año 2005, correspondiente a los 5 años de edad, en la cual se registró la altura total de los árboles (ALT), el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el diámetro de cuello (DAC).

La evaluación consideró la depuración de la base de datos mediante la eliminación de datos anómalos, y el análisis descriptivo de los resultados individuales de cada ensayo. Con la base depurada se calcularon los valores de sobrevivencia expresados en porcentaje (SOB) para las distintas unidades de clasificación

Para las variables evaluadas (SOB, ALT, DAP Y DAC) se efectuaron análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Tuckey para cada ensayo y nivel de agrupación en forma individual (grupos, procedencias y progenies). Para tales efectos se utilizó el software de análisis estadístico InfoStat/Pro y el siguiente modelo de evaluación:

$$Y = u + B + N + e$$

Donde;

u = promedio de la variable

B = efecto del bloque

N = efecto del nivel de agrupación evaluado (Grupo, procedencia, progenie)

e = error o residuo

Adicionalmente, y a objeto de presentar los resultados, se confeccionaron tablas de resumen agrupadas por distintos niveles de clasificación.

Con los valores de desempeño de los árboles en las variables evaluadas

se confeccionaron rankings por ensayo para los grupos, procedencias y progenies.

Para evaluar el grado de interacción genotipo ambiente, o equivalentemente las variaciones producidas en los rankings de cada sitio ensayado, se evaluaron los números de orden de los grupos, procedencias y familias de cada ensayo, haciendo uso del coeficiente de correlación de Spearman. Este coeficiente es una medida no paramétrica de asociación, que se utiliza con variables discretas, o continuas no necesariamente normales, resultando apropiado para analizar variables cualitativas u ordinales.

Los resultados se presentan en términos gráficos, mostrando las variaciones en la ordenación jerárquica (ranking) de cada nivel de agrupación en los distintos sitios evaluados, así como también en términos estadísticos, mediante el grado de correlación lineal entre los rankings de cada sitio (coeficiente de correlación de Spearman).

Resultados

- Análisis individual por ensayo

El **cuadro 4** resume, a nivel de medias de las variables consideradas en los análisis, las características generales de los tres ensayos evaluados. Se observa que Pedernal y Voipir expresan respectivamente los mayores y menores valores medios en todas las variables analizadas, mientras que Natalhue presenta valores intermedios entre los dos ensayos anteriores.

CUADRO 4
ANTECEDENTES GENERALES DE TRES ENSAYOS DE PINO OREGÓN
EVALUADOS A LOS 5 AÑOS DE EDAD

ENSAYO	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)
Voipir	79,2	53,8	28,7	236,5
Natalhue	92,4	61,3	33,8	277,4
Pedernal	94,5	68,1	41,3	325,5

Al evaluar dentro de cada ensayo la variación a nivel de grupos, se observa un comportamiento consistente en todos los sitios (**cuadro 5**). Se destaca en todos ellos, el mejor crecimiento obtenido por el control conformado

por plantas de pino radiata. Respecto al material de pino oregón, el mejor crecimiento y sobrevivencia lo exhibe el grupo denominado Costa Sur, seguido de Costa Norte.

En los tres ensayos el material proveniente de las zonas de baja precipitación exhibe los menores valores en crecimiento, seguido por las procedencias de las zonas de altura. Por su parte, los controles de oregón muestran un desempeño intermedio entre el material de las zonas de costa y el de las zonas interiores (zona de altura y zona de baja precipitación).

Resulta interesante destacar que los controles de oregón utilizados en los ensayos de Voipir y Natalhue, mostraron valores de sobrevivencia inferiores a los exhibidos por el material de origen norteamericano. No obstante su menor sobrevivencia, los valores de crecimiento resultaron mayores que los de las procedencias de zonas interiores.

A nivel de procedencias, en los tres ensayos también se observa un comportamiento similar, siendo las procedencias de Costa Sur las de mejor desempeño y las de la zona de baja precipitación las más deficientes (**cuadro 6**). Esta conducta se analiza con más detalle al comparar los rankings en el punto de evaluación de la interacción genotipo ambiente.

CUADRO 5

DESEMPEÑO DE MACROREGIONES (GRUPOS DE PROCEDENCIAS) DE PINO OREGÓN EN TRES ENSAYOS EVALUADOS A LOS 5 AÑOS DE EDAD

GRUPO	VOIPIR				NATALHUE				PEDERNAL			
	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)
Control radiata	94,0	121,6	98,0	527,8	98,7	120,4	96,0	575,9	94,4	119,0	97,5	601,5
Costa Sur	89,9	66,3	36,3	291,6	96,6	70,5	40,9	323,7	98,1	76,3	44,4	351,1
Costa Norte	82,4	60,4	31,1	265,8	95,9	67,8	38,5	312,8	95,5	68,1	37,8	320,2
Control Oregón	61,7	55,9	30,5	263,3	68,3	62,1	33,9	301,7	93,5	54,3	29,8	277,6
Zonas de altura	76,0	45,0	19,8	194,0	90,4	56,0	27,6	246,5	94,9	57,6	29,7	268,1
Zonas de baja precipitación	66,7	33,7	14,7	151,9	86,2	43,1	20,1	192,4	87,3	40,9	18,6	196,6
Promedio	79,2	53,8	28,7	236,5	92,4	61,3	33,8	277,4	94,5	68,1	41,3	325,5

CUADRO 6
DESEMPEÑO DE PROCEDENCIAS DE PINO OREGÓN EN TRES ENSAYOS EVALUADOS
A LOS 5 AÑOS DE EDAD



PROC	VOIPIR				NATALHUE				PEDERNAL			
	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)	SOB (%)	DAC (mm)	DAP (mm)	ALT (cm)
A4	91,0	69,3	38,9	302,6	96,7	72,4	42,4	328,9	97,2	74,8	44,9	338,3
A5	90,0	65,3	34,1	280,2	96,3	72,0	41,1	321,2	97,7	78,6	43,0	346,7
A6	88,1	65,8	36,9	295,5	96,4	69,0	40,6	324,5	98,1	71,4	41,8	345,2
A7	90,8	64,2	35,0	287,1	97,0	68,3	39,5	319,6	99,5	80,3	48,0	373,6
B4	87,6	62,1	32,3	273,6	97,1	71,3	40,8	327,5	94,9	68,4	36,8	318,9
B5	82,3	61,2	31,4	256,7	95,8	67,4	36,8	295,5	94,4	67,6	35,9	305,3
B6	83,6	60,7	31,2	262,9	98,0	69,4	40,0	318,9	98,6	66,6	37,6	320,7
B7	79,8	60,6	30,2	264,4	95,0	66,7	37,7	307,1	93,1	65,8	33,1	293,2
B8	77,9	56,9	30,1	267,7	93,4	63,1	35,8	306,1	96,8	64,1	36,3	319,3
C1	81,1	49,6	21,4	203,3	92,6	63,1	31,1	261,7	99,5	66,5	35,5	297,4
C2	70,5	47,2	19,6	194,2	92,5	61,6	30,6	261,5	92,1	57,2	28,8	263,2
C3	79,9	43,4	18,6	183,1	93,3	55,7	27,6	241,7	98,6	55,0	29,1	261,8
C4	71,3	41,9	18,4	183,3	90,2	53,6	25,8	236,2	92,1	54,8	27,0	255,6
C5	73,8	43,1	21,4	191,4	92,2	54,8	27,5	249,5	94,4	58,8	29,6	274,5
C6	79,6	44,6	19,5	199,9	83,8	52,0	25,2	237,5	92,6	54,0	28,1	255,6
C7	77,1	44,4	19,5	197,2	89,4	51,5	25,2	235,6	94,9	56,2	29,0	266,6
D1	65,5	30,8	12,5	139,9	89,3	46,3	20,6	196,2	85,6	39,4	17,4	181,3
D2	62,7	33,4	15,1	149,1	83,1	41,9	19,3	190,1	92,6	42,8	19,8	203,6
D3	72,0	36,6	15,8	164,6	86,1	40,9	20,3	190,6	83,8	40,4	18,2	204,6
Control radiata	94,0	121,6	98,0	527,8	98,7	120,4	96,0	575,9	94,4	119	97,5	601,5
Control oregón	61,7	55,9	30,5	263,3	68,3	62,1	33,9	301,7	93,5	54,3	29,8	277,6
Promedio	79,2	53,8	28,7	236,5	92,4	61,3	33,8	277,4	94,5	68,1	41,3	325,5



Los análisis de varianza indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento de los grupos, procedencias y progenies de cada ensayo. En los cuadros siguientes (**cuadros 7 al 9**) se resumen los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples de Tuckey, para la variable altura a nivel de grupos. En ellos se confirma la tendencia descrita anteriormente (costa sur > costa norte > zonas de altura > zonas de baja precipitación), donde cada grupo es estadísticamente distinto de los restantes, con excepción de los controles de oregón que muestran un desempeño intermedio. En el caso del ensayo Voipir, los controles de oregón no se diferencian del crecimiento alcanzado por las procedencias de costa norte, mientras que en el ensayo Pedernal no se diferencian significativamente del exhibido por las procedencias de la zona de altura.

CUADRO 7
GRUPOS HOMOGÉNEOS POR ALTURA EN ENSAYO VOIPIR

GRUPO	Medias	n	
Control radiata	529,23	281	A
Costa sur	290,23	4146	B
Costa Norte	264,47	4393	C
Control oregón	264,18	37	C
Zonas de altura	193,83	5739	D
Zonas de baja precipitación	153,23	2315	E
Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 7,67548. Error: 4051,5285. gl: 16894 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)			

CUADRO 8
GRUPOS HOMOGÉNEOS POR ALTURA EN ENSAYO NATALHUE

GRUPO	Medias	n	
control radiata	576,02	295	A
costa sur	328,39	4467	B
costa norte	317,43	5138	C
control oregón	301,86	40	D
Zonas de altura	241,65	6940	E
Zonas de baja precipitación	187,37	3093	F
Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 6,76075. Error: 3614,2896. gl: 19956 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)			

CUADRO 9

GRUPOS HOMOGÉNEOS POR ALTURA EN ENSAYO PEDERNAL

GRUPO	Medias	n	
Control radiata	602,85	565	A
Costa Sur	350,96	841	B
Costa Norte	318,75	1058	C
Control Oregón	278,41	400	D
Zonas de altura	267,87	1418	D
Zonas de baja precipitación	195,65	552	E

Test: Tukey Alfa: 0,05.
DMS = 12.24989. Error: 6502.1798. gl: 4823
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

A nivel de procedencias, las pruebas de Tukey permiten conformar las agrupaciones por altura que se describen en los **cuadros 10 al 12**. En ellos se confirma la tendencia general, produciéndose una ordenación de procedencias que obedece a la misma tendencia observada a nivel de grupos. Aún así, este nivel de detalle permite analizar el comportamiento individual de cada procedencia, destacándose algunas de la zona costa norte, cuyo desempeño individual es estadísticamente equivalente al de las procedencias de costa sur (procedencias B4 y B6 en ensayo Natalhue),

CUADRO 10

PROCEDENCIAS HOMOGÉNEAS POR ALTURA EN ENSAYO VOIPIR

PROC	Medias	n	
Control radiata	529,18	281	A
A4	300,57	1109	B
A6	294,72	1074	BC
A7	286,69	896	CD
A5	277,86	1067	DE
B4	272,09	1043	EF
B8	268,46	784	EF
Control oregón	264,18	37	FG
B7	262,32	976	FG
B6	260,71	1024	FG
B5	255,19	566	G
C6	201,00	917	H
C1	200,87	910	H

(sigue...)

(Continuación Cuadro 10)

PROC	Medias	n	
C7	197,97	919	H
C2	192,48	764	HI
C5	192,18	831	HI
C4	184,31	839	I
C3	182,04	559	I
D3	165,66	854	J
D2	150,36	724	K
D1	141,61	737	K

Test: Tukey Alfa: 0,05.

DMS: 12,42697. Error: 3998,5355. gl: 16879

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

CUADRO 11
PROCEDENCIAS HOMOGÉNEAS POR ALTURA EN ENSAYO NATALHUE

PROC	Medias	n	
Control radiata	576,03	295	A
A4	333,60	1188	B
B4	332,56	1165	B
A6	329,47	1182	B
A5	326,35	1149	B
A7	324,89	947	B
B6	323,91	1202	B
B7	311,88	1166	C
B8	311,16	952	CD
Control oregón	301,82	40	CD
B5	300,46	653	D
C1	256,63	1053	E
C2	256,44	1016	E
C5	244,38	1086	F
C6	237,83	969	FG
C3	236,66	671	FG
C4	230,75	1069	G
C7	230,33	1078	G
D1	190,99	1060	H
D3	185,09	1053	H
D2	184,63	979	H

Test: Tukey Alfa: 0,05

DMS: 10,78015. Error: 3541,0854 gl: 19941

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

CUADRO 12
PROCEDENCIAS HOMOGÉNEAS POR ALTURA EN ENSAYO PEDERNAL

PROC	Medias	n	
Control radiata	602,41	565	A
A7	373,89	213	B
A5	346,62	211	BC
A6	345,27	210	C
A4	337,59	207	C
B6	320,58	212	CD
B4	318,9	205	CD
B8	318,33	206	CD
B5	304,13	202	DE
C1	297,16	212	DEF
B7	293,3	200	DEFG
Control oregón	278,52	400	EFGH
C5	274,92	199	FGH
C7	267,63	203	GH
C2	262,52	198	H
C3	261,32	210	H
C4	255,59	198	H
C6	254,34	198	H
D2	203,74	197	I
D3	201,92	174	I
D1	180,91	181	I

Test: Tukey Alfa: =0,05
DMS: =28,62001. Error: 5989,3148 gl: 4807
Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

- Evaluación de interacción genotipo-ambiente

A nivel de grupos no existe interacción genotipo ambiente, que modifique los rankings en los distintos sitios. Efectivamente, los rankings por grupo para las variables DAP y ALT son iguales en los tres ensayos (figura 3). En el caso de la variable SOB, el ranking del ensayo Pedernal es ligeramente distinto al de Voipir y Natalhue, los que a su vez son iguales entre sí (figura 4). La correlación del ranking de sobrevivencia en Pedernal con el de Natalhue y de Voipir es de $R=0,60$.

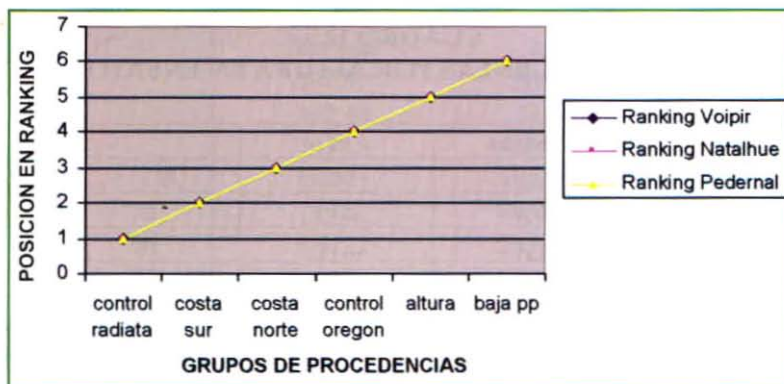


Figura 3: Representación de los ranking de ALT y DAP, a nivel de grupos, para los ensayos Voipir, Natalhue y Pedernal.

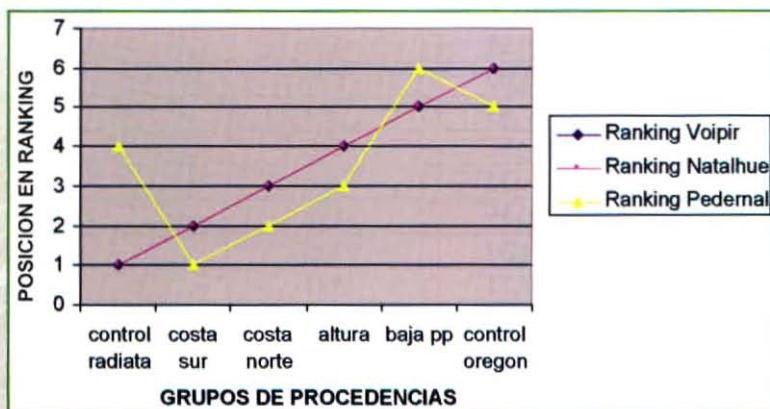


Figura 4: Representación de los ranking de SOB, a nivel de grupos, para los ensayos Voipir, Natalhue y Pedernal.

A nivel de procedencias se observa una variación mayor entre los rankings de cada ensayo, particularmente en los rankings construidos en base a la variable sobrevivencia (**figura 5**). Aún así, la tendencia general es que estos sean relativamente similares para las variables de crecimiento (**figuras 6 y 7**).

Si bien se observa cierta incidencia de la interacción genotipo ambiente, esta es de reducida magnitud. Las procedencias que ocupan las primeras ubicaciones en un sitio, ocupan aproximadamente las mismas posiciones

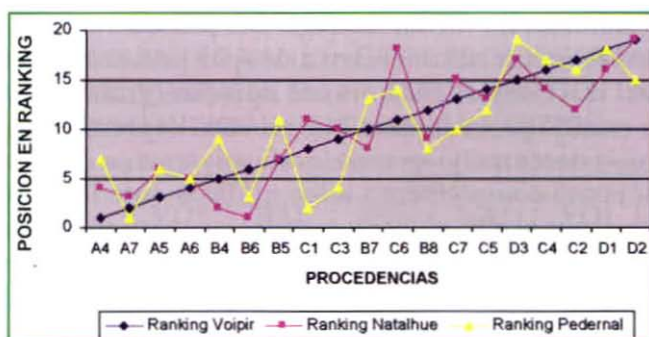


Figura 5: Representación de los ranking de SOB, a nivel de procedencias, para los ensayos Voipir, Natalhue y Pedernal.

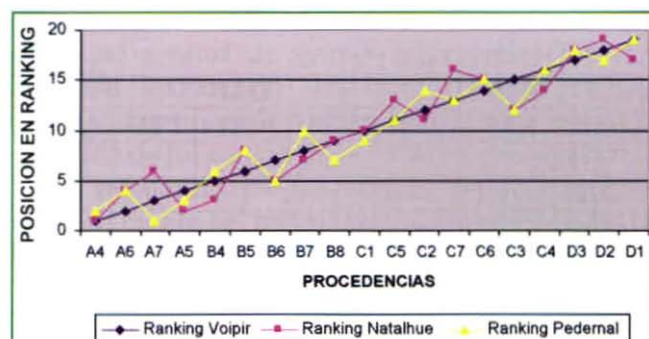


Figura 6: Representación de los ranking de DAP, a nivel de procedencias, para los ensayos Voipir, Natalhue y Pedernal.

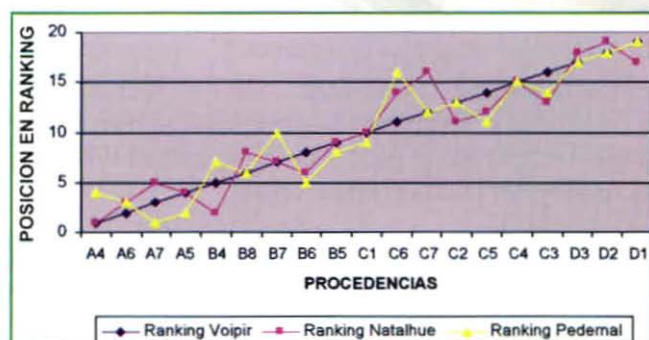


Figura 7: Representación de los ranking de ALT, a nivel de procedencias, para los ensayos Voipir, Natalhue y Pedernal.



en los sitios restantes. En forma análoga, las procedencias que ocupan las últimas posiciones en un sitio tienden a ocupar posiciones similares en los demás ensayos. En consecuencia, no se aprecian grandes distorsiones de rankings y no existen procedencias que se vean especialmente favorecidas en un sitio y cuyo desempeño se vea significativamente disminuido en otro. Esta situación, como complemento a los gráficos anteriores (**figuras 5 a 7**) pudo confirmarse por el alto nivel de correlación existente entre los distintos rankings, las cuales se presentan en la matriz de correlaciones del **cuadro 13**.

CUADRO 13
CORRELACIÓN ENTRE RANKINGS DE PROCEDENCIAS PARA LAS
VARIABLES SOBREVIVENCIA, DAP Y ALTURA EN TRES ENSAYOS DE
PINO OREGÓN

		SOB			DAP			ALT		
		VOI	NAT	PED	VOI	NAT	PED	VOI	NAT	PED
SOB	VOI	1								
	NAT	0,85	1							
	PED	0,80	0,72	1						
DAP	VOI				1					
	NAT				0,94	1				
	PED				0,96	0,93	1			
ALT	VOI							1		
	NAT							0,94	1	
	PED							0,93	0,91	1

(VOI: Voipir, NAT: Natalhue, PED: Pedernal)

Al analizar la información de SOB, DAC, DAP y ALT a nivel de progenies en los ensayos de Voipir y Natalhue, se observa una mayor variación que en los niveles anteriores (grupos y procedencias), una mayor dispersión en los rankings y una menor correlación entre ellos.

Para calcular la similitud o correlación entre rankings se usó la información completa de todas las familias y se representó en la matriz de correlación que se muestra en el **cuadro 14**.

CUADRO 14

CORRELACIÓN ENTRE RANKINGS DE PROGENIES PARA LAS VARIABLES SOBREVIVENCIA, DAP Y ALTURA EN DOS ENSAYOS DE PINO OREGÓN (NATALHUE Y VOIPIR)

		SOB		DAP		ALT	
		VOI	NAT	VOI	NAT	VOI	NAT
SOB	VOI	1					
	NAT	0,29	1				
DAP	VOI			1			
	NAT			0,81	1		
ALT	VOI					1	
	NAT					0,85	1

En general se observa que la incidencia de la interacción genotipo ambiente, si bien es mayor que a nivel de grupos o procedencias, continúa siendo relativamente escasa, existiendo una importante correlación entre los rankings de altura y dap en ambos sitios ($R = 0,85$ y $0,81$, respectivamente). Aún así, la correlación de los rankings de sobrevivencia es considerablemente más baja ($R = 0,29$), señalando que las familias de mejor sobrevivencia en un sitio no son necesariamente las mismas en el sitio restante, aunque después de la primera temporada en terreno, las familias que logran establecerse exitosamente exhiben un crecimiento relativo similar.

DESEMPEÑO EN TERRENO DE PROGENIES DE ÁRBOLES PLUS DE PINO OREGÓN SELECCIONADOS EN CHILE

En los apartados siguientes se describen los resultados de la evaluación de dos ensayos de progenies correspondientes a los árboles plus de pino oregón considerados en el proyecto "Propagación de genotipos de interés comercial de pino oregón". El objetivo de este análisis es evaluar el comportamiento inicial, en términos de sobrevivencia y crecimiento, de progenies de árboles plus seleccionados en plantaciones nacionales y establecidas en dos ensayos de progenies en las zonas de Villarrica y Malalcahuello.

Material y Método

Se evalúan dos ensayos de progenies de pino oregón establecidos el año 2005. El material considerado en ambos ensayos corresponde a familias de polinización abierta de árboles plus adultos, previamente seleccionados en función de su superioridad productiva expresada a nivel fenotípico.

Los ensayos considerados corresponden a los descritos en el **cuadro 15**, ellos fueron medidos en abril del año 2006, después de una temporada de crecimiento vegetativo en terreno, ocasión en que se les registró la sobrevivencia (SOB), altura (ALT) y diámetro de cuello (DAC). El diseño estadístico considerado corresponde al de bloques completos al azar, cada ensayo consta de 6 bloques, en los cuales cada progenie se representa por una parcela lineal de 4 plantas.

CUADRO 15
ENSAYOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN

ENSAYO (Propietario)	FECHA PLANTA- CION	TIPO	UBICACIÓN	Nº DE PROGS/ Nº DE PLANTAS	SUPERFICIE EFECTIVA (ha)
VOIPIR (Forestal Voipir)	Ago'05	Progenies	Villarrica (IX Reg)	30 / 720	0,65
MALALCAHUELLO (Conaf)	Sep'05	Progenies	RN Malalcahuello (IX Reg)	27 / 648	0,6

El ensayo de Voipir se ubica en un predio del mismo nombre, de propiedad de la empresa Forestal Voipir, a 12 Km de la ciudad de Villarrica (IX región). El sector corresponde a una situación de valle andino y cordillera baja, en una condición climática caracterizada como "templada infratermal estenotérmica perhídrica", con una precipitación de 2.500 a 3500 mm anuales, de régimen invernal. El suelo se deriva de un material parental correspondiente a cenizas volcánicas modernas, desarrollado sobre un complejo metamórfico (Quiroz y Rojas, 2003).

El ensayo Malalcahuello se ubica en la Reserva Forestal Malalcahuello-Las Nalcas, administrada por la Corporación Nacional Forestal. Esta reserva, de 17.400 ha de superficie, se ubica administrativamente en las comunas de Curacautín y Lonquimay, provincia de Malleco (IX región). Geográficamente se encuentra en la cuenca del río Cautín, entre los volcanes Lonquimay y Llaima (38°30' S). Desde el punto de vista del clima, se sitúa en la zona de transición de la región mediterránea perhúmeda a la región continental andina. Las características topográficas del área son principalmente consecuencia de la influencia de la época glacial. La zona está formada por cordilleras y cerros de pendientes abruptas, sólo suavizadas por la depositación de material volcánico altamente estratificado (Becerra y Faúndez, 1999).

El primer ensayo (Voipir) corresponde a una condición representativa de las empleadas para el cultivo de pino oregón en Chile, mientras que la segunda representa a una condición más extrema, de carácter cordillerano, con restricciones de temperatura, mayor incidencia de heladas y de precipitaciones sólidas y con suelos más delgados y de menor desarrollo.

Las progenies representadas en cada ensayo corresponden a las identificadas en el **cuadro 16**.

La evaluación consideró la depuración de la base de datos mediante la eliminación de datos anómalos, y el análisis descriptivo de los resultados individuales de cada ensayo. Con la base depurada se calcularon los valores de sobrevivencia expresados en porcentaje (SOB) para las distintas progenies.

Para las variables evaluadas (SOB, ALT, y DAC) se efectuaron análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Tuckey para cada ensayo en forma individual. Para tales efectos se utilizó el software de análisis estadístico InfoStat/Pro y el siguiente modelo de evaluación:

$$Y = u + B + P + e$$

Donde;

- u = promedio de la variable
- B = efecto del bloque
- P = efecto de la progenie
- e = error o residuo

Adicionalmente, y a objeto de presentar los resultados, se confeccionaron tablas de resumen agrupadas por progenie. La ordenación de esta información permitió elaborar rankings familiares para cada ensayo.

Para evaluar el grado de interacción genotipo ambiente, o equivalentemente las variaciones producidas en los rankings de cada sitio ensayado, se evaluaron los números de orden de las progenies en cada ranking, haciendo uso del coeficiente de correlación de Spearman. Este coeficiente es una medida no paramétrica de asociación, que se utiliza con variables discretas, o continuas no necesariamente normales, resultando apropiado para analizar variables cualitativas u ordinales.



Los resultados se presentan en términos gráficos, mostrando las variaciones en la ordenación jerárquica (ranking) de las progenies en los distintos sitios evaluados, así como también en términos estadísticos, mediante el grado de correlación lineal entre los rankings de cada sitio (coeficiente de correlación de Spearman).

CUADRO 16
IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES PLUS Y REPRESENTACIÓN DE SUS
PROGENIES EN LOS ENSAYOS DE VOIPIR Y MALALCAHUELLO

Progenie	CARACTERIZACIÓN DE ARBOL PLUS				Representación en ensayos	
	Edad (años)	LUGAR DE SELECCIÓN				
		Predio	Localidad	Reg.	Voipir	Malalcahuello
IN 1	28	Reserva Malleco	Collipulli	VIII	√	√
IN 2	28	Reserva Malleco	Collipulli	VIII	√	
IN 5	28	Reserva Malleco	Collipulli	VIII	√	√
IN 6	28	Reserva Malleco	Collipulli	VIII	√	√
IN 7	26	Res. Malalcahuello	Curacautín	IX	√	√
IN 8	26	Res. Malalcahuello	Curacautín	IX	√	√
IN 9	46	F.Voipir (sec. 4)	Villarrica	IX	√	√
IN 10	50	F.Voipir (sec. 3)	Villarrica	IX	√	√
IN 12	50	F.Voipir (sec. 3)	Villarrica	IX	√	√
IN 13	46	F.Voipir (sec. 2)	Villarrica	IX	√	√
IN 14	46	F.Voipir (sec. 2)	Villarrica	IX	√	√
IN 17	43	F.Voipir (sec. 1)	Villarrica	IX	√	√
IN 20	30	E. Fourcade	Loncoche	IX	√	√
IN 21	28	Fundo Las Palmas	Valdivia	X	√	√
IN 22	28	Fundo Las Palmas	Valdivia	X	√	√
IN 23	28	Fundo Las Palmas	Valdivia	X	√	√
IN 24	44	Fundo Las Palmas	Valdivia	X	√	√
IN 26	28	E. Fourcade	Los lagos	X	√	√
IN 27	28	E. Fourcade	Los lagos	X	√	√
IN 34	28	Fundo Arquihue	Llifén	X	√	
IN 35	28	Fundo Arquihue	Llifén	X	√	
IN 36	28	Fundo Trinidad	Osorno	X	√	√
IN 38	28	Fundo Trinidad	Osorno	X	√	√
IN 39	28	Fundo Trinidad	Osorno	X	√	√
IN 40	28	Fundo Trinidad	Osorno	X	√	√
IN 41	28	Fundo Trinidad	Osorno	X	√	√
IN 42	38	Fundo Pedernal	Purranque	X	√	√
IN 43	40	Fundo Pedernal	Purranque	X	√	√

(sigue...)

(continuación cuadro 16)

Progenie	CARACTERIZACIÓN DE ARBOL PLUS				Representación en ensayos	
	Edad (años)	LUGAR DE SELECCIÓN				
		Predio	Localidad	Reg.	Voipir	Malalcahuello
IN 44	28	Res. Mañihuales	Coyhaique	XI	√	√
IN 45	28	Res. Mañihuales	Coyhaique	XI	√	√
Total de progenies					30	27

Resultados

- Evaluación de ensayos individuales

El **cuadro 17** resume, a nivel de medias de las variables consideradas en los análisis, las características generales de los dos ensayos evaluados. Se observa que las condiciones de sitio más adversas de Malalcahuello, incidieron en una menor sobrevivencia y crecimiento inicial de las plantas, respecto al observado en el ensayo de Voipir.

CUADRO 17

**ANTECEDENTES GENERALES DE DOS ENSAYOS DE PINO OREGÓN
EVALUADOS DESPUÉS DE LA PRIMERA TEMPORADA DE CRECIMIENTO
EN TERRENO**

ENSAYO	SOB (%)	DAC (mm)	ALT (cm)
Voipir	97,0	11,5	55,1
Malalcahuello	83,1	8,0	37,4

Al evaluar dentro de cada ensayo la variación a nivel de familias, se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas tanto para la altura como para el diámetro de cuello. Al respecto, en los **cuadros 18 y 19** se resumen los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples de Tuckey, para los promedios de altura (ALT) a nivel de familias, en los ensayos de Voipir y Malalcahuello. Posteriormente, los **cuadros 20 y 21** presentan la misma información, pero para la variable diámetro de cuello (DAC). En estos cuadros se diferencian con la abreviatura PL a las progenies “locales”, vale decir a aquellas que provienen de árboles plus que fueron seleccionados en la misma zona donde se establecieron los ensayos.

CUADRO 18
VALORES MEDIOS DE ALTURA POR FAMILIA (ALT) EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN VOIPRI, EVALUADOS DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

PROG	ALT MEDIA (cm)	n	
IN-35	39,98	21	A
IN-02	40,85	14	A
IN-22	41,96	24	AB
IN-44	42,78	19	ABC
IN-43	43,46	24	ABC
IN-34	46,01	19	ABCD
IN-45	47,46	24	ABCDE
IN-36	48,75	24	BCDEF
IN-14 (PL)	50,05	23	CDEFG
IN-42	51,36	23	DEFGH
IN-41	53,21	24	DEFGHI
IN-38	53,38	24	DEFGHIJ
IN-26	54,36	23	EFGHIJK
IN-17 (PL)	54,75	24	EFGHIJK
IN-01	54,79	22	EFGHIJK
IN-21	55,88	24	FGHIJKL
IN-39	57,25	24	GHIJKLM
IN-40	57,65	23	GHIJKLM
IN-20	58,71	24	HJKLMN
IN-23	58,93	23	HJKLMN
IN-09 (PL)	59,50	24	IJKLMNOP
IN-24	59,83	24	IJKLMNOP
IN-13 (PL)	60,04	24	IJKLMNOP
IN-08	61,09	21	JLMNOP
IN-07	61,37	24	KLMNOP
IN-12 (PL)	63,51	23	LMNOP
IN-27	64,63	24	MNOP
IN-05	65,83	24	NOP
IN-10 (PL)	66,88	24	OP
IN-06	67,67	24	P

Test: Tukey Alfa: = 0,05 DMS: = 7,87978

Error: 47,0551 gl: 651

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

(PL). Progenies locales

CUADRO 19

VALORES MEDIOS DE ALTURA POR FAMILIA (ALT) EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN MALALCAHUELLO, EVALUADOS DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

PROG	ALT MEDIA (cm)	n	
IN-22	26,84	9	A
IN-38	27,65	11	AB
IN-43	27,94	14	AB
IN-45	30,10	20	ABC
IN-41	31,08	12	ABCD
IN-14	31,81	15	ABCDE
IN-40	33,40	15	ABCDE
IN-26	33,94	19	ABCDEF
IN-01	34,33	7	ABCDEF
IN-44	34,58	10	ABCDEF
IN-08 (PL)	34,70	20	ABCDEF
IN-39	34,94	19	ABCDEF
IN-36	37,50	8	ABCDEF
IN-07 (PL)	37,90	16	BCDEF
IN-42	38,10	18	BCDEF
IN-21	38,70	20	CDEF
IN-20	39,09	16	CDEF
IN-24	40,10	20	CDEF
IN-09	40,95	20	DEF
IN-17	41,15	17	DEF
IN-23	41,39	16	DEF
IN-06	41,45	16	DEF
IN-12	41,67	19	DEF
IN-13	42,09	18	EF
IN-10	42,10	20	EF
IN-05	44,27	17	F
IN-27	44,40	20	F

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 10,70337
 Error: 60,5165 gl: 401
 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

(PL). Progenies locales

CUADRO 20
VALORES MEDIOS DE DIÁMETRO DE CUELLO POR FAMILIA (DAC)
EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN VOIPIR, EVALUADOS
DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

PROG	DAC MEDIO (mm)	n	
IN-35	8,74	21	A
IN-34	9,59	19	AB
IN-44	10,02	19	ABC
IN-43	10,17	24	ABC
IN-02	10,26	14	ABCD
IN-26	10,28	23	ABCD
IN-24	10,96	24	ABCDE
IN-23	10,98	23	ABCDEF
IN-42	11,07	23	BCDEF
IN-22	11,17	24	BCDEF
IN-39	11,29	24	BCDEFG
IN-01	11,31	22	BCDEFG
IN-40	11,31	23	BCDEFG
IN-38	11,33	24	BCDEFG
IN-09 (PL)	11,38	24	BCDEFG
IN-12 (PL)	11,60	23	BCDEFG
IN-41	11,75	24	BCDEFG
IN-14 (PL)	11,78	23	BCDEFG
IN-21	11,79	24	BCDEFG
IN-08	11,87	21	CDEFG
IN-17 (PL)	11,88	24	CDEFG
IN-45	11,92	24	CDEFG
IN-27	12,00	24	CDEFG
IN-20	12,46	24	DEFG
IN-13 (PL)	12,50	24	DEFG
IN-06	12,63	24	EFG
IN-05	12,71	24	EFG
IN-36	12,75	24	EFG
IN-10 (PL)	13,25	24	FG
IN-07	13,52	24	G

Test: Tukey Alfa: =0,05 DMS: =2,27384

Error: 3,9183 gl: 651

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

(PL). Progenies locales

CUADRO 21

**VALORES MEDIOS DE DIÁMETRO DE CUELLO POR FAMILIA (DAC)
EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN MALALCAHUELLO,
EVALUADOS DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN
TERRENO**

PROG	DAC MEDIO (mm)	n	
IN-22	6,84	9	A
IN-38	6,95	11	AB
IN-14	7,23	15	ABC
IN-26	7,37	19	ABC
IN-44	7,40	10	ABC
IN-24	7,40	20	ABC
IN-41	7,48	12	ABC
IN-42	7,57	18	ABC
IN-43	7,62	14	ABC
IN-40	7,69	15	ABCD
IN-05	7,73	17	ABCD
IN-06	7,77	16	ABCD
IN-01	7,85	7	ABCD
IN-08 (PL)	7,85	20	ABCD
IN-09	7,90	20	ABCD
IN-45	7,95	20	ABCD
IN-07 (PL)	8,01	16	ABCD
IN-20	8,07	16	ABCD
IN-39	8,26	19	ABCD
IN-10	8,30	20	ABCD
IN-12	8,37	19	ABCD
IN-21	8,45	20	ABCD
IN-17	8,67	17	ABCD
IN-27	8,80	20	ABCD
IN-23	8,83	16	BCD
IN-13	9,05	18	CD
IN-36	9,63	8	D

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,98038
 Error: 2,0717 gl: 401
 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

(PL). Progenies locales



El mayor valor de altura en el ensayo Voipir lo exhibe la familia IN-06, seguida de las progenies IN-10, IN-5 e IN-27. Estas últimas tres familias, junto con la IN-13, son las mismas que evidencian el mayor crecimiento en altura en el ensayo de Malalcahuello.

Por su parte, las familias IN-10 e IN-5, junto a las IN-7 e IN-36, obtienen los mayores diámetros de cuello en el ensayo Voipir, siendo la familia IN-36, la misma que obtiene el mayor de diámetro en el ensayo Malalcahuello. En este último ensayo, también se destaca el diámetro de las familias IN-13 e IN-27, que a su vez son las que registran la mayor altura en este ensayo.

No se observa una ventaja evidente de las progenies locales en el ensayo Malalcahuello, las que exhiben un comportamiento en altura y diámetro similar al promedio. En el caso de Voipir, las progenies locales tienden a presentar un comportamiento superior al de las restantes progenies, concentrándose por sobre el promedio de las familias ensayadas y siendo este comportamiento más evidente para el diámetro de cuello que para la altura.

Analizando los resultados en función del lugar en que fueron seleccionados los árboles plus que originaron cada progenie, se observa que estas se diferencian en forma estadísticamente significativa, en altura y diámetro de cuello en ambos ensayos, con excepción de las familias del ensayo Malalcahuello, las que no exhiben diferencias de DAC en función del origen de sus árboles madres (**cuadros 22 al 24**).

Un comportamiento singular que se desprende de esta evaluación es que las progenies de árboles plus seleccionados en Voipir exhiben el mejor desempeño en el ensayo de Malalcahuello, mientras que las progenies de árboles plus seleccionados en Malalcahuello exhiben el mejor comportamiento en el ensayo de Voipir.

CUADRO 22

VALORES MEDIOS DE ALTURA (ALT) SEGÚN ORIGEN DE LOS ÁRBOLES PLUS EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN VOIPIR, EVALUADOS DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

ORIGEN DE ÁRBOL PLUS	ALT MEDIA (cm)	n	
Arquihue	42,95	40	A
Mañihuales	45,41	43	A
Pedernal	47,32	47	A
Trinidad	54,02	119	B
Las Palmas	54,1	95	B
Loncoche	58,71	24	BC
Voipir (OL)	59,15	142	BC
Malleco	59,23	84	BC
Los Lagos	59,6	47	C
Malalcahuello	61,23	45	C

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 5,22976
 Error: 77,2707 gl: 671
 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

OL: Origen local

CUADRO 23

VALORES MEDIOS DE ALTURA (ALT) SEGÚN ORIGEN DE LOS ÁRBOLES PLUS EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN MALALCAHUELLO, EVALUADOS DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

ORIGEN DE ÁRBOL PLUS	ALT MEDIA (cm)	n	
Mañihuales	31,62	30	A
Trinidad	32,86	65	A B
Pedernal	33,55	32	A BC
Malalcahuello (OL)	36,13	36	A BCD
Las Palmas	38,12	65	BCD
Loncoche	39,05	16	CD
Los Lagos	39,3	39	CD
Voipir	40,25	109	D
Malleco	41,36	40	D

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 5,89409
 Error: 72,0267 gl: 419
 Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

OL: Origen local

CUADRO 24

VALORES MEDIOS DE DIÁMETRO DE CUELLO (DAC) SEGÚN ORIGEN DE LOS ÁRBOLES PLUS EN ENSAYO DE PROGENIES DE PINO OREGÓN VOIPIR, EVALUADOS DESPUÉS DE UNA TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

ORIGEN DE ÁRBOL PLUS	DAC MEDIO (mm)	n	
Arquihue	9,11	40	A
Pedernal	10,61	47	B
Mañihuales	11,08	43	BC
Los Lagos	11,16	47	BC
Las Palmas	11,23	95	BC
Trinidad	11,69	119	BCD
Malleco	11,92	84	CD
Voipir	12,07	142	CD
Loncoche	12,46	24	D
Malalcahuello	12,75	45	D

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,22537

Error: 4,2421 gl: 671

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

OL: Origen local

En términos de sobrevivencia, esta es alta para la mayoría de las progenies ensayadas, siendo en promedio mayor para el ensayo de Voipir que para el de Malalcahuello (**cuadro 25**). En Voipir se encuentra sobre el 91%, con excepción de tres familias (IN-02, IN-08 e IN-44) que exhiben valores levemente inferiores que fluctúan entre 77 y 88%. En Malalcahuello, existen 5 familias con sobrevivencia inferior a 75%, siendo los valores menores los alcanzados por las progenies IN-01 (35%), IN-44 (50%), IN-38 (55%), IN-22 (56,3%) e IN-41 (60%).

CUADRO 25
VALORES DE SOBREVIVENCIA POR FAMILIA EN DOS ENSAYOS
DE PROGENIES DE PINO OREGÓN EVALUADOS DESPUÉS DE UNA
TEMPORADA DE CRECIMIENTO EN TERRENO

PROGENIE	SOBREVIVENCIA (%)	
	VOIPIR	MALALCAHUELLO
IN-01	91,7	35,0
IN-02	77,8	*
IN-05	100,0	85,0
IN-06	100,0	80,0
IN-07 (PLM)	100,0	80,0
IN-08 (PLM)	87,5	100,0
IN-09 (PLV)	100,0	100,0
IN-10 (PLV)	100,0	100,0
IN-12 (PLV)	95,8	95,0
IN-13 (PLV)	100,0	90,0
IN-14 (PLV)	95,8	75,0
IN-17 (PLV)	100,0	85,0
IN-20	100,0	80,0
IN-21	100,0	100,0
IN-22	100,0	56,3
IN-23	95,8	80,0
IN-24	100,0	100,0
IN-26	95,8	95,0
IN-27	100,0	100,0
IN-34	100,0	*
IN-35	91,3	*
IN-36	100,0	100,0
IN-38	100,0	55,0
IN-39	100,0	95,0
IN-40	95,8	75,0
IN-41	100,0	60,0
IN-42	95,8	90,0
IN-43	100,0	87,5
IN-44	82,6	50,0
IN-45	100,0	100,0
Promedio	97,0	83,1

* Progenie no considerada en el ensayo

PLM: Progenie local en ensayo Malalcahuello

PLV: Progenie local en ensayo Voipir

- Evaluación de interacción genotipo-ambiente

Se observa una incidencia significativa de interacción genotipo ambiente a nivel de sobrevivencia y diámetro de cuello, obteniéndose coeficientes de correlación entre los respectivos ranking de $R=0,4$ y $R=0,51$. En el caso de la altura la correlación entre rankings es más ajustada ($R=0,79$), situación que corresponde a una incidencia menor de esta interacción. Las **figuras 8 a 10** representan en forma gráfica la situación descrita.

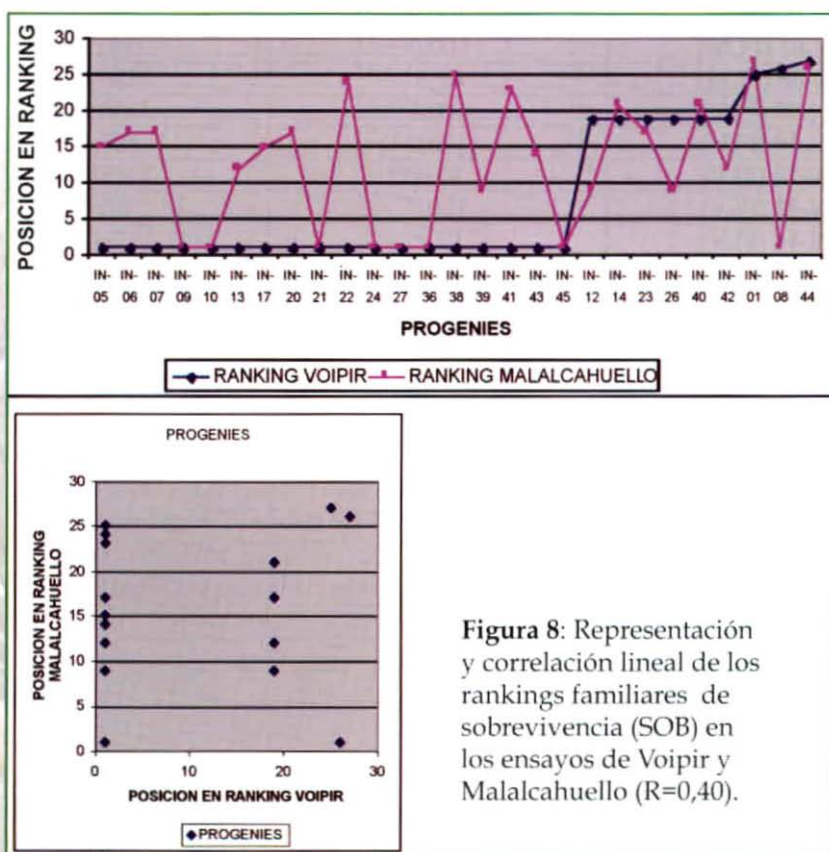


Figura 8: Representación y correlación lineal de los rankings familiares de sobrevivencia (SOB) en los ensayos de Voipir y Malcalahuello ($R=0,40$).

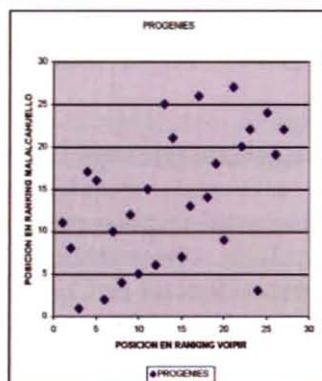
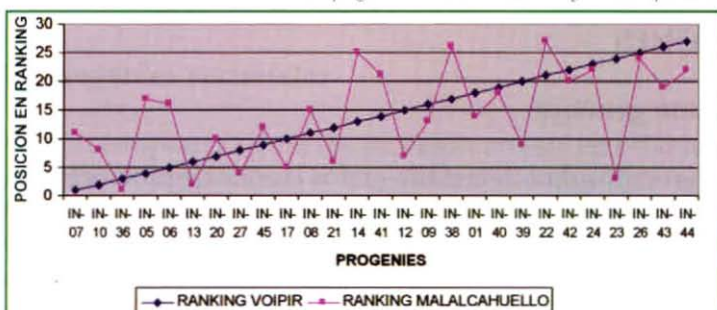


Figura 9:
Representación y correlación lineal de los rankings familiares de diámetro de cuello (DAC) en los ensayos de Voipir y Malalcahuello. $R=0,51$

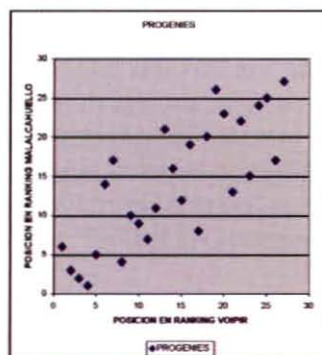
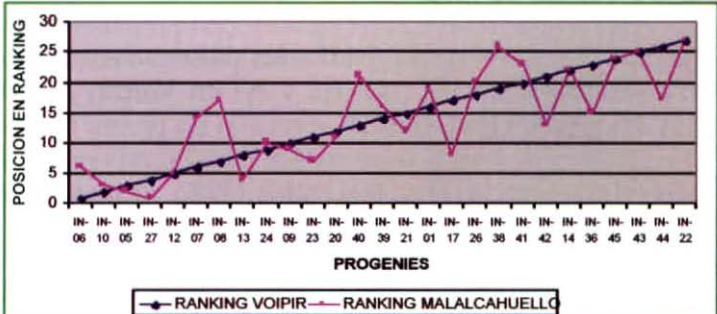


Figura 10:
Representación y correlación lineal de los rankings familiares de altura (ALT) en los ensayos de Voipir y Malalcahuello. $R=0,79$

CONCLUSIONES

Caracterización genética

Si bien la heterocigosidad detectada en los clones de pino oregón analizados es menor que la mencionada en bibliografía especializada, estos evidencian una suficiente diversidad genética, siendo muy distintos (genéticamente distantes) entre sí y sin la presencia de patrones evidentes de agrupamiento o similitud según sus localidades de selección. En consecuencia, el material seleccionado resulta apropiado para continuar con las labores de mejoramiento comprendidas en su programa de mejora genética.

Evaluación procedencias y progenies norteamericanas

En los tres ensayos evaluados el crecimiento de pino oregón es inferior al exhibido por los controles de pino radiata, observándose una tendencia homogénea en los tres sitios, donde las procedencias de Costa Sur muestran el mejor desempeño, seguidas de las de Costa Norte, Altura y Baja Precipitación. El desempeño de los controles nacionales de pino oregón resulta intermedio entre el de las procedencias de Costa Norte y Zonas de Altura.

A nivel de procedencias los mejores resultados para el crecimiento en altura corresponden a las procedencias A4, A6 y A7 en Voipir; A4, B4 y A6 en Natalhue; y A7, A5 y A6 en Pederal.

En términos de sobrevivencia, el menor valor (79%) corresponde al ensayo Voipir, mientras que los dos ensayos restantes muestran valores entre 92 y 95%. En los tres casos la sobrevivencia observada es suficientemente alta para continuar con las evaluaciones futuras de los ensayos y obtener conclusiones válidas para el material ensayado.

A nivel de familias se observa efecto de interacción genotipo ambiente sólo para la variable sobrevivencia siendo de muy escasa magnitud para las variables de crecimiento. El efecto de la interacción genotipo ambiente es aún más reducido y prácticamente nulo a nivel de procedencias y macroregiones de procedencias, siendo en ambos casos levemente mayor para la sobrevivencia que para las variables de crecimiento (ALT, DAP y DAC).

Evaluación progenies nacionales

Una evaluación temprana, como la efectuada en este estudio no es adecuada para emitir juicios respecto al comportamiento familiar en aspectos de crecimiento, como tampoco para seleccionar o recomendar las familias más apropiadas para cada sitio. Su valor radica en que constituye una fuente de información para correlacionar con evaluaciones futuras y en función de esas correlaciones edad-edad, poder determinar a partir de que momento se pueden hacer selecciones que sean representativas del comportamiento familiar al momento de la rotación.

Por el contrario, en términos de sobrevivencia, una evaluación temprana, como la efectuada, permite discriminar las procedencias más apropiadas para ser establecidas en cada sitio, aún cuando esta información estará en alguna medida alterada por las condiciones climáticas específicas del año de la plantación.

En función de los antecedentes evaluados, se puede concluir que en el sitio de Voipir la mayoría de las familias logra establecerse exitosamente, mientras que en las condiciones más severas representadas por el sitio de Malalcahuello existen progenies que no resultan adecuadas, particularmente las familias IN-01, IN-44, IN-38 e IN-22.

El significativo efecto de la interacción genotipo ambiente evidenciado por la variable sobrevivencia en los ensayos evaluados, señala claramente que las familias de pino oregón más adecuadas para los sitios tradicionales de cultivo, no son las mismas que presentan el mejor desempeño en sitios de características más adversas. Por lo mismo, no es válido efectuar recomendaciones generales, debiéndose discriminar las familias idóneas en función de los sitios a plantar.

BIBLIOGRAFÍA

- Amarasinghe V. y Carlson J. 2002. The development of microsatellite DNA markers for genetic analysis in Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1905-1914.
- Becerra, P. & L. Faúndez. 1999. Diversidad florística de la Reserva Nacional Malalcahuello, IX Región, Chile. *Chloris Chilensis*. Año 2, N° 1: <http://www.chlorischile.cl/becerra/Becerra.htm>. Consulta 10.05.2006
- CMG. 1995. Correlaciones genéticas y ganancia genética. En: Curso aspectos cuantitativos para el mejoramiento genético. Módulo 10. Concepción 24 al 26 de abril de 1995.
- Cotterill, P. y Deanne, C. 1990. Successful tree breeding with index selection. CSIRO. Australia. 80 p.
- Doyle, J. y Doyle, J. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*. 12: 13-15.
- López, J. y Staffieri, G. 2003. Interacción genotipo-ambiente y heredabilidad de la densidad de la madera de *Pinus elliottii* var. *elliottii* en el noreste de Argentina. XVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/2003/posters03/211%20lopez%20interaccion%20pinos.pdf>. Consulta 10.05.2006.
- Paredes, M.; Becerra, V.; Gallo, L. y Moreno, G. 2000. Aplicaciones potenciales de la biotecnología al estudio de *Nothofagus* spp. En: Ipinza, R.; Gutiérrez, B. y Emhart, V. (editores). Domesticación y Mejora Genética de Raulí y Roble. Universidad Austral de Chile, Instituto Forestal. Valdivia, Chile. Pp: 419-434.
- Quiroz, M. y Rojas, Y. 2003. Pino ponderosa & Pino oregón. Coníferas para el sur de Chile. Instituto Forestal sede Los Lagos. Valdivia, Chile. 302 p + anexos.
- Riegel R. 2001. Entwicklung molekulargenetischer Marker bei der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst) und deren Anwendung für genetische Erhebungen in umweltbelasteten Populationen. Dissertation. Technischen Universität München. 99p.
- Slavov, G.; Howe, G.; Yakovlev, I.; Edwardes, K.; Krutovskii, K.; Tuskan, G.; Carlson, J.; Strauss, S. and Adams, W. 2004. Highly variable SSR markers in Douglas-fire: Mendelian inheritance and map location. *Theoretical and Applied Genetics*, en prensa.

VI

RESPALDO DE MATERIAL GENÉTICO SELECTO

Braulio Gutiérrez C.
Patricio Alzugaray O.

INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento genético deben considerar la conservación de genes, complejos génicos o genotipos de interés con el objetivo de aumentar al máximo las ganancias a largo plazo, tanto en adaptabilidad como en características económicamente importantes. Al respecto, existe consenso en que la conservación del material genético es de importancia fundamental para el mejoramiento genético forestal si se desean obtener ganancias máximas a largo plazo (Burley y Namkoong, 1980) y que la necesidad de conservar el material genético de árboles forestales es evidente e indiscutible (Burley, 1976).

Claramente, no existe un método único de conservación que sea aplicable en todas las circunstancias. En teoría, el mejor procedimiento sería utilizar todos los métodos disponibles, pero el costo y las limitaciones de carácter práctico impiden este enfoque (Zobel y Talbert, 1984). Por consiguiente, es necesario priorizar las metodologías de conservación en función de las características propias del recurso que se considere.

En efecto, ante el eminente riesgo de extinción de una especie determinada, existe acuerdo universal en hacer todos los esfuerzos posibles por rescatar la mayor parte de ella, tan rápido y eficazmente como sea posible. Sin embargo, la situación más frecuente es que sólo una parte de la especie esté amenazada, o que sean sólo algunos individuos de particular interés los que requieren ser conservados para alguna finalidad específica.

Por lo mismo, en un programa de mejoramiento no se puede eludir la decisión respecto a cuáles son los genotipos más importantes que se deben conservar, pues no es económico, práctico, ni conveniente conservarlos todos. Los individuos seleccionados deben ser aquellos que tengan características conocidas o previstas, de modo que concentren un gran valor intrínseco para que el programa de mejora alcance sus objetivos. En términos prácticos, se refiere a conservar a aquellos árboles cuya evidente superioridad en características de interés comercial contribuirán significativamente a mejorar la productividad de las plantaciones futuras.



Una vez identificados los recursos que requieren conservarse, se debe seleccionar el enfoque que resulte más apropiado para este fin. En términos generales, los esfuerzos de conservación pueden materializarse de dos formas: *in situ*, que es equivalente a mantener el recurso en sus poblaciones naturales, adoptando medidas que garanticen su permanencia en el tiempo, sin interferencias externas que atenten contra la integridad del mismo, o *ex situ*, que corresponde a la conservación en condiciones artificiales fuera de sus rodales nativos. Esta última alternativa es la única aplicable para especies exóticas, como es el caso de pino oregón en Chile.

Existen diversas formas de conservar material genético de interés *ex situ* (crioconservación, bancos de germoplasma *in vitro*, colecciones de semillas, bancos plantados en terreno, etc.), pero sin duda el método más común y práctico lo constituye la reproducción por técnicas convencionales de propagación vegetativa (Longman, 1976). Particularmente, atendiendo a la longevidad de los recursos forestales, se dispone de la oportunidad invaluable de conservar prácticamente “para siempre” a determinados genotipos través de estos procedimientos de propagación.

Particularmente, en el caso del proyecto “Propagación de genotipos de interés comercial de pino oregón” se consideró desarrollar diversas actividades de propagación vegetativa y sexual sobre una base compuesta por cerca de 45 árboles plus. Tales individuos habían sido previamente seleccionados en forma muy rigurosa en plantaciones comerciales nacionales, por exhibir características productivas especialmente interesantes en términos de crecimiento, forma de fuste, estructura de copa y otras. El respaldo de este material genético se verificó mediante la implementación de distintas estructuras de conservación.

Los genotipos selectos correspondientes a los árboles plus se establecieron en un banco, ubicado en el predio Antiquina, perteneciente al Instituto Forestal, en la comuna de Cañete, VIII región, donde se representaron copias injertadas de estos árboles.

Las semillas de tales individuos dieron origen a dos ensayos de progenies que se plantaron en terreno, en la reserva Forestal Malalcahuello (Curacautín, IX región) y en el predio Voipir (Villarrica, IX región). Estos ensayos fueron descritos y analizados en el capítulo V de este documento.

Con dichas semillas también se generaron planta madres para abastecer un programa de enraizamiento de estacas, así, las plantas madres dieron



origen a un banco de setos o jardín clonal que fue establecido en el vivero institucional de INFOR en su sede Bio Bio, mientras que las plantas obtenidas por el enraizamiento de las estacas conformaron una plantación clonal experimental plantada también en el predio Antiquina.

Los aspectos relevantes de tales estructuras de conservación del recurso genético de pino oregón considerado en el proyecto, se detallan y describen en los puntos respectivos de este capítulo.

BANCO DE RESPALDO GENOTIPOS SELECTOS DE PINO OREGÓN

El programa de mejoramiento genético de pino oregón, iniciado durante el desarrollo del proyecto FONDEF D99I1086 “*Desarrollo y fomento de plantaciones de pino oregón y pino ponderosa, opción económica para Chile*”, identificó una serie de árboles plus rigurosamente seleccionados en función de la manifiesta superioridad exhibida por tales ejemplares en aspectos de volumen y forma. Posteriormente, durante el transcurso del proyecto FDI 02C8FT-01, se continuaron desarrollando actividades de mejoramiento genético usando el material seleccionado anteriormente. Entre ellas, se cosecharon semillas, se produjeron plantas, se diseñaron y establecieron 2 pruebas de progenies con los hijos de los árboles plus seleccionados; se usaron copias vegetativas de ellos, obtenidas mediante injertación, para evaluar distintos procedimientos de inducción floral; y se usaron sus hijos producidos por semillas para obtener plantas madres y propagarlas mediante técnicas de enraizamiento de estacas.

Gran parte de las actividades y del futuro de la estrategia de mejoramiento para pino oregón se sustenta sobre los árboles plus selectos. Por lo mismo, y atendiendo a las presiones de cosecha que existen sobre tales árboles, los que concitan un gran interés de parte de los productores madereros, se definió como una actividad relevante el crear un banco clonal de respaldo, donde conservar réplicas vegetativas de tales individuos, conservando así sus genotipos para futuras investigaciones.

La implementación de este banco garantiza la conservación de los árboles bases del programa de mejoramiento genético de pino oregón, eliminando de esta forma el riesgo permanente de que ellos se pierdan irremediablemente como consecuencia de su explotación o de cualquier otro factor (muerte en pie, incendios caídas por viento, efecto de plagas, enfermedades, etc.) que amenace su existencia actual.

Objetivos

Conformar un banco clonal en el predio Antiquina del Instituto Forestal (Cañete, VIII región), donde respaldar copias injertadas de los árboles plus de pino oregón que constituyen la base de su programa de mejoramiento genético.

Material genético respaldado

Los árboles plus representados en el banco clonal de Antiquina corresponden a los 42 individuos identificados en individualizados en el **cuadro 1**. El material establecido está compuesto por réplicas vegetativas obtenidas mediante injertación de púas de los árboles selectos sobre patrones producidos a raíz desnuda.

CUADRO 1
DESCRIPCIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE PINO OREGON REPRESENTADOS
EN BANCO CLONAL ANTIQUINA

Cod.	Predio	Ubicación	Propietario	Altura (m)	DAP (cm)
IN 1	Reserva Malleco	Collipulli, IX	CONAF	26,5	43,2
IN 2	Reserva Malleco	Collipulli, IX	CONAF	27,7	45,9
IN 3	Reserva Malleco	Collipulli, IX	CONAF	33,7	55,9
IN 5	Reserva Malleco	Collipulli, IX	CONAF	30,0	44,3
IN 6	Reserva Malleco	Collipulli, IX	CONAF	33,7	46,1
IN 7	Reserva Malalcahuello	Curacautín, IX	CONAF	23,5	42,6
IN 8	Reserva Malalcahuello	Curacautín, IX	CONAF	26,5	52,5
IN 9	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	33,3	44,0
IN 10	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	42,7	66,1
IN 11	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	42,5	61,5
IN 12	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	41,2	62,9
IN 13	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	34,5	57,2
IN 14	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	37,0	69,5
IN 15	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	33,0	50,0
IN 16	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	33,5	39,5
IN 17	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	33,5	44,1
IN 18	Fourcade 1	Loncoche, IX	Empresas Fourcade	35,7	61,0

(sigue...)

(continuación cuadro 1)

Cod.	Predio	Ubicación	Propietario	Altura (m)	DAP (cm)
IN 19	Fourcade 1	Loncoche, IX	Empresas Fourcade	28,0	49,3
IN 20	Fourcade 1	Loncoche, IX	Empresas Fourcade	31,4	42,3
IN 21	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	28,5	49,6
IN 22	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	28,0	49,0
IN 23	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	28,7	48,6
IN 24	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	37,5	53,0
IN 25	Fourcade 2	Los Lagos, X	Empresas Fourcade	21,2	45,0
IN 26	Fourcade 2	Los Lagos, X	Empresas Fourcade	25,0	50,0
IN 27	Fourcade 2	Los Lagos, X	Empresas Fourcade	31,0	52,3
IN 28	Fourcade 2	Los Lagos, X	Empresas Fourcade	24,7	47,6
IN 29	Pirihueico	Pirihueico, X	Agroforestal Pirihueico	39,0	50,4
IN 30	Pirihueico	Pirihueico, X	Agroforestal Pirihueico	28,0	46,2
IN 33	El Lingal	La Unión, X	Forestal Anchile	27,0	50,9
IN 34	Arquihue	Llifén, X	Forestal Taquihue	27,2	49,0
IN 35	Arquihue	Llifén, X	Forestal Taquihue	27,7	45,8
IN 36	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	29,5	45,5
IN 37	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	29,0	43,0
IN 38	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	26,7	49,4
IN 39	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	26,7	51,1
IN 40	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	29,0	42,7
IN 41	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	27,0	47,2
IN 42	Pedernal	Purranque, X	Ruth Schilling	30,5	46,3
IN 43	Pedernal	Purranque, X	Ruth Schilling	30,0	47,0
IN 44	Reserva Mañihuales	Coyhaique, XI	CONAF	26,5	49,0
IN 45	Reserva Mañihuales	Coyhaique, XI	CONAF	30,5	47,8

Diseño y establecimiento del banco clonal de respaldo

De los dos esquemas básicos de distribución de los clones en terreno, a saber, agrupados en parcelas monoclonales o dispersos, se privilegió la segunda. Si bien las parcelas monoclonales tienen la ventaja de permitir una apreciación directa del comportamiento diferencial de cada clon, situación que es deseable en un ensayo clonal, no resulta prioritaria en un banco de conservación. Lo anterior se deriva del hecho de que al disponer juntos todos los rametos de un mismo clon, aumenta la probabilidad de que ante un evento fortuito, que afecte localmente un sector del banco, se pierdan todos



los rametos del clon, situación que es menos probable en la medida que estos se encuentran dispersos por toda la superficie de plantación. Por lo mismo, considerando que el objetivo del banco es la conservación en el largo plazo del material genético representado en él, se ha privilegiado un diseño con rametos dispersos.

La asignación al azar de las plantas al lugar de plantación fue corregida agregando una restricción de distancia que impida que rametos de un mismo clon ocupen posiciones contiguas o muy cercanas. Esta variante entrega una funcionalidad adicional al banco, evitando que se produzca polinización entre individuos de un mismo clon, situación equivalente a una autopolinización, y favoreciendo la equiprobabilidad de cruce entre los distintos clones, así como la posibilidad de que cada rameto actúe como padre o madre en cada uno de los cruces probables que se produzcan por polinización natural.

Como consecuencia de lo anterior, así como del amplio espaciamiento de plantación adoptado (4x4 metros), en la medida que el banco crezca y las plantas comiencen a florecer y producir semillas, será posible coleccionar semilla mejorada en una unidad equivalente a la de un huerto semillero clonal.

Considerando que la permanencia del banco en el tiempo deberá prolongarse en el largo plazo, la obtención de semilla mejorada será un aporte adicional que podrá derivarse de la existencia de esta estructura de conservación, convirtiéndose por lo mismo en una unidad multipropósito que conjugue el interés de conservación con el de producción de semilla mejorada.

En términos prácticos, el banco considera un arreglo rectangular de 12x18 plantas, en el que se incluyen 216 rametos representantes de 42 clones. Cada clon se encuentra repetido en el banco entre 4 y 6 veces. La distribución seleccionada corresponde a una asignación al azar de los rametos de cada clon en el área de plantación, usando un espaciamiento de 4x4 metros. En la **figura 1** se representa el esquema general del banco, con la correspondiente distribución de los rametos de cada clon.

La plantación de esta unidad se efectuó a principios de agosto del año 2006. El sitio del emplazamiento, en el predio Antiquina (Cañete, Provincia de Arauco, VIII región), corresponde a una post-cosecha forestal de *Eucalyptus globulus*, y se ubica en la vertiente occidental de la cordillera de Nahuelbuta, en una exposición suroeste y una pendiente media de 15%.

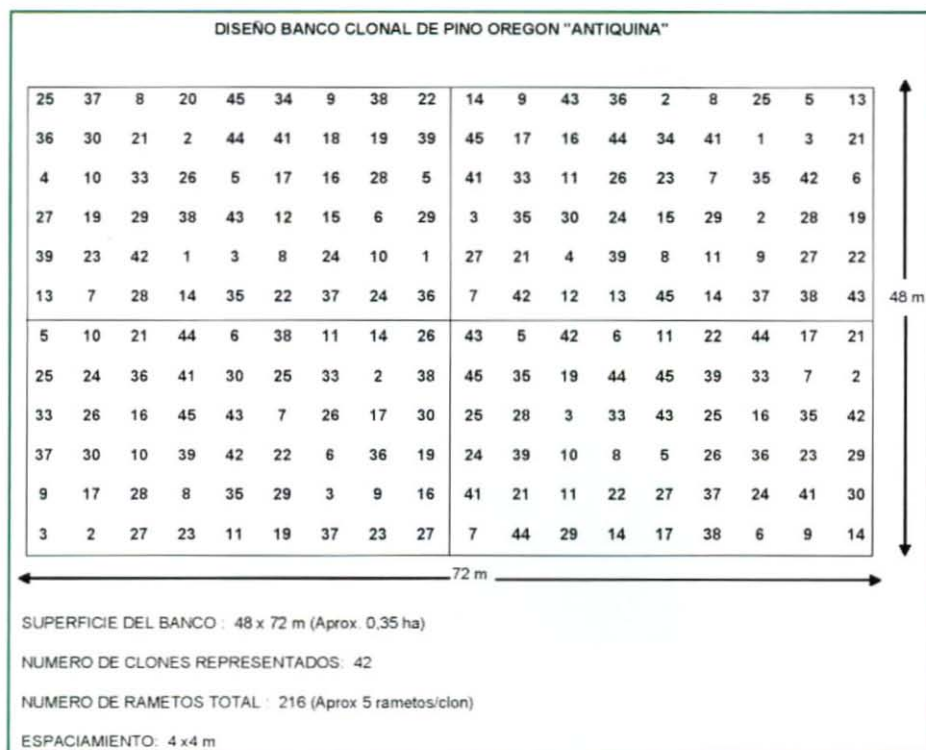


Figura 1: Diseño de banco clonal de respaldo de genotipos selectos de pino oregón instalado en predio Antiquina (Cañete, Provincia de Arauco, VIII región).

Los rametos utilizados correspondían a injertos de más de 3 años de edad, con una altura media superior a 1,5m, conservados en contenedores plásticos de 20 litros de capacidad.

Para facilitar la distribución de las plantas en terreno y controlar la adecuada asignación y ubicación de cada una de ellas, la superficie de plantación se dividió en cuatro cuadrantes que fueron establecidos en forma independiente. La preparación del suelo consistió en la confección manual de casilla de plantación de 50x50x50cm.

En la **figura 2** se muestra una visión parcial del banco establecido.



Figura 2: Vista general del banco de respaldo de genotipos selectos de pino oregón.

Comentarios

Aún cuando existen antecedentes de incompatibilidad púa patrón en injertos de pino oregón, el banco clonal establecido ha presentado una alta sobrevivencia (95,4%) y no ha manifestado este problema. Probablemente tal comportamiento obedece a una intensiva selección de los injertos despachados a plantación, los cuales al contar con más de tres años de edad permitieron eliminar oportunamente a aquellos que presentaban incompatibilidad temprana.

No obstante lo anterior, aún es probable que se manifiesten problemas de incompatibilidad tardía, situación que es especialmente frecuente cuando existen diferentes tasas de crecimiento entre el patrón y la púa. Por lo mismo, el programa de mantención de este banco debe considerar la supervisión permanente del mismo, con el objeto de detectar oportunamente este inconveniente y efectuar nuevas injertaciones para reemplazar a los rametos afectados.

BANCO DE PLANTAS MADRES (SETOS)

Entre los aspectos más importantes de un programa de mejoramiento genético forestal está la masificación del material selecto. Una alternativa técnica de multiplicación de plantas de bajo costo y que no requiere gran desarrollo tecnológico, es el enraizamiento de estacas a partir de ramillas cosechadas desde plantas madres o setos cultivadas para este efecto.

Tal metodología permite masificar las ganancias genéticas representadas en las plantas madres a través de la clonación por medio del enraizamiento de porciones de ramillas cosechadas desde su follaje, resultando una técnica práctica para propagar a muchas especies y que se justifica especialmente en la medida que se requiera multiplicar material genético de alto valor.

En el caso del proyecto “Propagación de genotipos de interés comercial de pino oregón”, tal como se señaló en el capítulo III de este documento, se utilizó la semilla de árboles plus para generar plantas madres desde las cuales obtener estacas para abastecer un programa de enraizamiento.

Para el adecuado manejo y conservación de las plantas madres, así como para respaldar el material genético que ellas representan, se estableció un banco de setos o jardín clonal en las dependencias del vivero institucional del Instituto Forestal, sede Bio Bio. Desde este banco se podrán extraer nuevos propágulos para continuar con labores de investigación relacionadas con la propagación vegetativa de pino oregón, o directamente para producir plantas con destino comercial.

Objetivos

El objetivo principal de un banco de setos o jardín clonal de plantas madres es proporcionar propágulos para producir plantas mediante técnicas de enraizamiento de estacas. En el caso particular de este banco, además de proveer de material para la propagación de pino oregón, constituye un reservorio de material genético valioso procedente de árboles plus rigurosamente seleccionados.

Material genético respaldado

El banco de setos contiene plantas madres obtenidas por semillas desde 29 árboles plus de pino oregón. Los árboles representados en esta unidad corresponden a los indicados en el **cuadro 2**.

CUADRO 2
DESCRIPCIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE PINO OREGÓN REPRESENTADOS
EN BANCO DE SETOS EN VIVERO INFOR

Cod.	Predio	Ubicación	Propietario	Altura (m)	DAP (cm)
IN 5	Res. Malleco	Collipulli, IX	CONAF	30,0	44,3
IN 6	Res. Malleco	Collipulli, IX	CONAF	33,7	46,1
IN 7	Res.Malalcahuello	Curacautín, IX	CONAF	23,5	42,6
IN 8	Res.Malalcahuello	Curacautín, IX	CONAF	26,5	52,5
IN 9	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	33,3	44,0
IN 10	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	42,7	66,1
IN 12	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	41,2	62,9
IN 13	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	34,5	57,2
IN 14	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	37,0	69,5
IN 17	Voipir	Villarrica, IX	Forestal Voipir	33,5	44,1
IN 19	Fourcade 1	Loncoche, IX	Emp.Fourcade	28,0	49,3
IN 20	Fourcade 1	Loncoche, IX	Emp.Fourcade	31,4	42,3
IN 21	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	28,5	49,6
IN 22	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	28,0	49,0
IN 23	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	28,7	48,6
IN 24	Las Palmas	Valdivia, X	CEFOR, UACH	37,5	53,0
IN 26	Fourcade 2	Los Lagos, X	Emp. Fourcade	25,0	50,0
IN 27	Fourcade 2	Los Lagos, X	Emp. Fourcade	31,0	52,3
IN 30	Pirihueico	Pirihueico, X	Agrofor. Pirihueico	28,0	46,2
IN 34	Arquihue	Llifén, X	Forestal Taquihue	27,2	49,0
IN 35	Arquihue	Llifén, X	Forestal Taquihue	27,7	45,8
IN 36	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	29,5	45,5
IN 38	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	26,7	49,4
IN 39	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	26,7	51,1
IN 40	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	29,0	42,7
IN 41	Trinidad	Osorno, X	Forestal Degenfeld	27,0	47,2
IN 42	Pedernal	Purranque, X	Ruth Schilling	30,5	46,3
IN 44	Res.Mañihuales	Coyhaique, XI	CONAF	26,5	49,0
IN 45	Res.Mañihuales	Coyhaique, XI	CONAF	30,5	47,8

Diseño y establecimiento de banco de setos

Con el objetivo de garantizar la mantención y cuidados culturales del banco, este se estableció en las mismas dependencias del vivero institucional de INFOR, contando de esta forma con riego, supervisión permanente y mano de obra para las labores de podas de formación, control de malezas y otras.

La plantación propiamente tal se efectuó a fines de octubre del año 2006 usando un diseño de tres bloques, en cada uno de los cuales cada familia de plantas madres se representa con una parcela lineal de cuatro plantas a un espaciamiento de 0,5x0,5m. En total cada familia se representa con 12 plantas.

Cada bloque posee un ancho de 1,5m, situación que permite una perfecta manipulación de los setos desde ambos costados. La separación entre hileras también fue pensada con el mismo fin de permitir un acceso expedito a cada planta, tanto para las labores de manejo, como para la cosecha de las estacas.

Las **figuras 3 y 4** muestran el diseño y distribución de familias en el banco de setos de pino oregón, así como una vista general del mismo.



Figura 3: Vista general (izquierda) y detalle parcial (derecha) del banco de setos para la generación de estacas enraizables de pino oregón

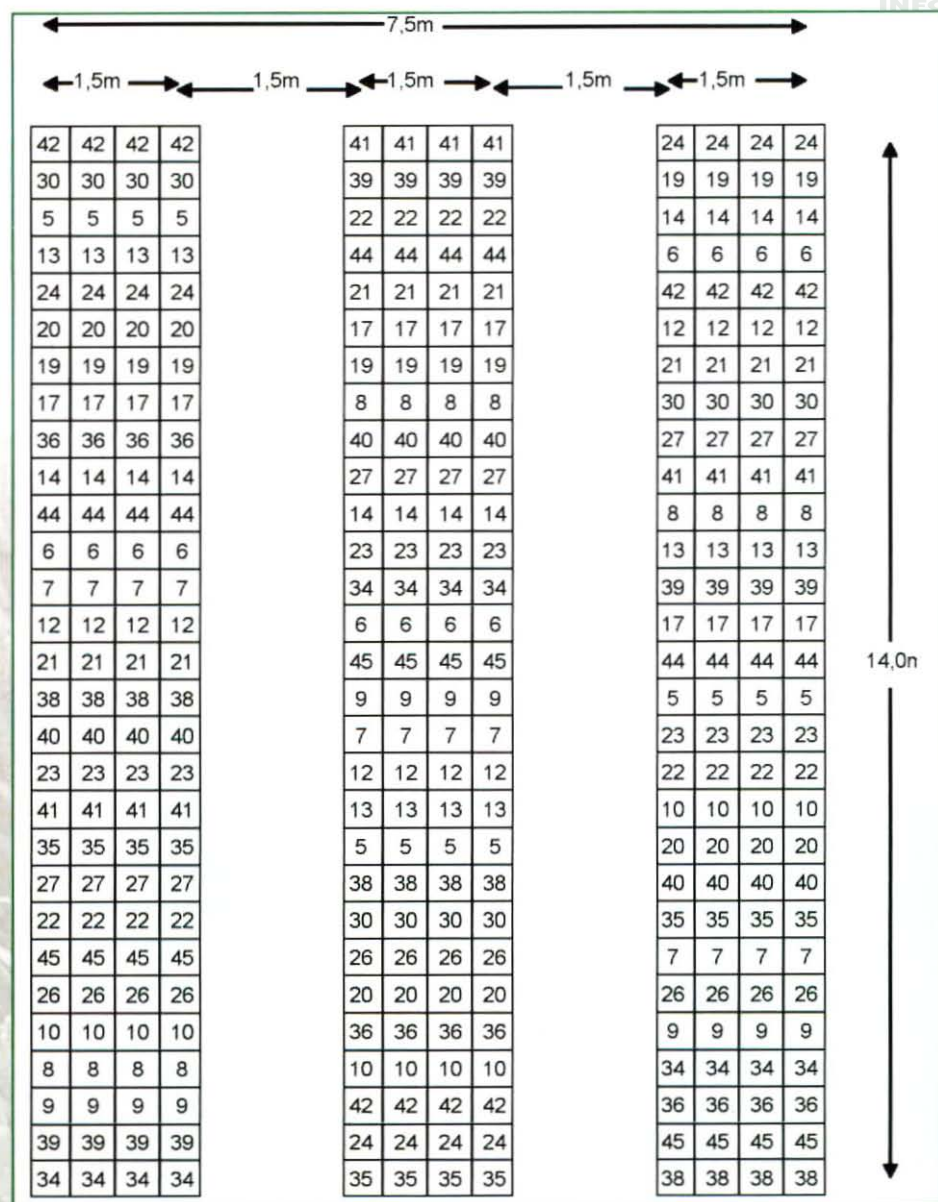


Figura 4: Diseño y distribución de familias en banco de setos (plantas madres) de pino oregón.

Comentarios

El banco de setos es la fuente ideal de estacas para producir plantas mediante técnicas de enraizamiento. No obstante, corresponde a una estructura de tipo transitorio y como tal debe ser reemplazada periódicamente en la medida que sus plantas madres pierden juvenilidad. Al ocurrir esto, los propágulos vegetativos que ellas producen presentan una menor capacidad rizogénica y aumenta la incidencia de plagiotropismo.

Los inconvenientes anteriores se hacen menos evidentes en cuanto el banco se mantenga en condiciones de crecimiento ideales. En tal sentido un adecuado programa de manejo, que considere fertilización, riego y control de malezas prolonga la vida útil de los setos. De igual forma, las podas tanto para conformar la arquitectura de su copa, suprimiendo el crecimiento apical y promoviendo la proliferación de ramificación lateral, así como también las podas para efectuar la cosecha de estacas, contribuyen a mantener la juvenilidad de las plantas madres, la capacidad de enraizamiento de sus estacas y el normal crecimiento de estas últimas.

PLANTACIÓN CLONAL EXPERIMENTAL

El uso de técnicas de propagación vegetativa ha aumentado rápidamente en el sector forestal. Hasta mediados de la década del noventa, en el país, la mayor cantidad de plantas de pino radiata eran producidas a partir de semillas. Sin embargo, a partir de esta fecha, la situación se comienza a revertir hacia la producción de plantas a partir de estacas. Los programas de mejoramiento genético forestal se apoyan en técnicas de propagación vegetativa para masificar sus genotipos más valiosos, ya que a partir de este método es posible obtener mayores ganancias genéticas, existen mejores posibilidades de obtener plantas más uniformes respecto a las obtenidas de semillas, y bajo ciertas condiciones permiten acelerar los resultados de las actividades del mejoramiento genético forestal.

En el caso de pino oregón, los antecedentes bibliográficos y la información generada en el marco del proyecto "Propagación de genotipos de interés comercial de pino oregón" recomiendan cosechar estacas desde plantas madres de un año de edad fisiológica con el objetivo de minimizar el plagiotropismo y maximizar la capacidad de enraizamiento de la estaca. Para facilitar además el proceso de enraizamiento de estacas se recomienda la aplicación de la hormona ácido indolbutírico en una concentración que



varía entre 5.000 a 10.000ppm dependiendo del estado de lignificación de la estaca.

Procedimientos como el descrito permiten producir en vivero e invernadero plantas viables de pino oregón, las que en el caso de este estudio se obtuvieron a partir de plantas madres generadas con la semilla de árboles plus previamente seleccionados.

Aún cuando existen antecedentes que señalan un adecuado comportamiento en terreno de plantas obtenidas por enraizamiento de estacas, indicando que después de 5 años de establecidas su desempeño no se diferencia del de plantas de semilla (Ritchie *et al.*, 1992), continúa siendo necesario confirmar este enunciado en el material genético considerado en el proyecto.

Para tal efecto, el establecimiento de una plantación clonal experimental, si bien no constituye un ensayo clonal propiamente tal, resulta relevante para monitorear el desempeño del material propagado vegetativamente. Consecuentemente, en los apartados siguientes de este capítulo se detallan los aspectos relevantes de una plantación experimental establecida con estacas enraizadas de pino oregón.

Objetivo

El objetivo de la plantación clonal experimental es establecer una estructura que permita monitorear en el tiempo, más allá del horizonte de planificación del proyecto que la originó, el desempeño en terreno de material propagado vegetativamente de pino oregón.

Por no corresponder a un ensayo clonal propiamente tal, esta plantación no está diseñada para discriminar el comportamiento entre clones, sino que como se indica precedentemente, para evaluar el comportamiento de material propagado en forma vegetativa en relación a otro generado tradicionalmente por semillas. No obstante, atendiendo a que el diseño de la plantación considera una rigurosa identificación del origen del material ensayado, permitirá obtener también antecedentes respecto al comportamiento diferencial de las familias clonadas, originadas de cada árbol plus representado en la plantación.

Material genético considerado

Estacas de 10cm de longitud cosechadas desde plantas madres de 2 años de edad fueron enraizadas en invernadero, a comienzos de la primavera 2005, utilizando como medio de cultivo corteza compostada. En total se pusieron a enraizar 60 estacas por familia, colectadas desde setos obtenidos por semillas, a partir de 12 árboles plus de pino oregón. Estas presentaron un porcentaje de enraizamiento promedio del 70% (**Cuadro 3**).

Después de un año de puestas a enraizar, a fines de agosto del año 2006, se utilizaron estas estacas para establecer una plantación clonal.

CUADRO 3
IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL GENÉTICO REPRESENTADO EN
PLANTACIÓN CLONAL DE PINO OREGÓN

Código del árbol plus que origina la progenie	Porcentaje de enraizamiento	Nº de plantas en la plantación
IN-01	82%	36
IN-05	77%	36
IN-06	77%	36
IN-07	42%	25
IN-08	85%	36
IN-09	67%	36
IN-10	88%	36
IN-12	48%	29
IN-17	61%	22
IN-20	67%	24
IN-23	65%	36
T	Testigo de semillas	36

Diseño y establecimiento de la plantación

Las estacas enraizadas recientemente descritas, fueron establecidas como plantación experimental en el predio Antiquina del INFOR, Provincia de Arauco VIII Región. El diseño utilizado correspondió al de bloque completamente aleatorizados, se contemplaron cuatro bloques en cada uno de los cuales las progenies clonadas fueron representadas por una parcela cuadrada de 9 plantas. Como testigo se consideró un lote de plantas producidas a partir de una mezcla de semillas de árboles plus. El diseño de la plantación se grafica en la **figura 5**, donde la letra "R" representa a una planta de relleno utilizada para reemplazar a alguna planta faltante y la "B" a plantas de borde.



Figura 6: Estaca enraizada de pino oregón después de tres meses de crecimiento en terreno

CONCLUSIONES

Las unidades de conservación de material genético implementadas en el curso de este proyecto satisfacen la necesidad de resguardar los genotipos selectos sobre los cuales se basan las actividades de mejoramiento genético de pino oregón. Particularmente el banco de respaldo de individuos selectos en copias injertadas de árboles plus, cumple a cabalidad esta función.

Además de la conservación de material genético relevante de pino oregón, las unidades establecidas permiten satisfacer otras funciones de gran interés. Así, el diseño adoptado para el banco de respaldo de injertos, permitirá utilizarlo como un huerto semillero clonal de polinización abierta, facultando de este modo la obtención de semilla mejorada de alta calidad genética.

Por su parte, el banco de setos constituye una unidad de conservación de germoplasma que junto con mantener el material genético a resguardo, permite disponer de él para producir plantas de pino oregón mediante enraizamiento de estacas.

En forma análoga, la plantación clonal descrita en este capítulo, además de asegurar la conservación en el largo plazo del material genético que en ella se representa, constituye una estructura idónea para monitorear el



comportamiento de pino oregón propagado vegetativamente. Esta situación permitirá dilucidar el comportamiento de las plantas en términos de tasa de crecimiento y especialmente de hábito de crecimiento, aspecto relevante para dilucidar la dinámica de recuperación o perpetuación de plagiotropismo en distintos orígenes genéticos de pino oregón.

Por último, atendiendo a la necesidad de conservar el material genético en el largo plazo, y con la finalidad de poder sacar provecho de las funciones adicionales de cada unidad de conservación puede cumplir, resultará de la mayor importancia destinar recursos a su mantención y manejo más allá del horizonte de ejecución de este proyecto.



BIBLIOGRAFÍA

Burley, J. 1976. Genetic systems and genetic conservation of tropical pines. *Tropical trees* N° 2: 85-100.

Burley, J. y Namkoong, G. 1980. Conservation of forest genetic resources. 11th Commonwealth Forestry Conference.

Longman, K. 1976. Conservation and multiplication of gene resources by vegetative multiplication of tropical trees. *Tropical Trees* N° 2: 19-24.

Ritchie, G.; Tanaka, Y. and Duke, S. 1992. Physiology and morphology of Douglas-fir rooted cuttings compared to seedling and transplants. *Tree Physiology* N° 10: 179-194.

Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa S.A. México. 541 p.



Este libro se terminó de imprimir
en el mes de marzo de 2007,
en los talleres de
Trama Impresores S.A.
Avda. Colón 7845,
Hualpén
Chile

Tiraje 500 ejemplares



INFOR
Instituto Forestal

CONCEPCIÓN

Camino a Coronel Km 7,5
San Pedro de la Paz
Casilla: 109-C
Fono: (56 - 41) 274 90 90
Fax: (56 - 41) 274 90 74

LA SERENA

Pedro Pablo Muñoz 234
Fono: (56 - 51) 21 61 34
Fax: (56 - 51) 21 31 46

SANTIAGO

Huérfanos 554
Casilla 3085
Fono: (56 - 2) 639 07 00
Fax: (56 - 2) 638 12 86

VALDIVIA

Fundo Teja Norte S/Nº
Casilla: 385
Fono: (56 - 63) 21 14 76
Fax: (56 - 63) 21 89 68

COYHAIQUE

Riquelme 147
Fono: (56 - 67) 23 35 85
Fax: (56 - 67) 23 35 85