

Para la Región Patagónica

Estrategia de Mejoramiento Genético de Pino Ponderosa y Pino Oregón

La Región Andino Patagónica argentina es apta para la implantación de especies forestales de rápido crecimiento. El mejoramiento genético constituye una herramienta fundamental para aumentar la productividad de las plantaciones futuras y la calidad de los productos de la madera, constituyendo una alternativa que permitirá disminuir la presión de extracción de productos derivados de los bosques nativos de la Argentina

La introducción experimental de especies forestales en la Región Norte Andino Patagónica argentina comienza hacia principios de siglo XX. Excelentes resultados de implantación y crecimiento alentaron el ritmo de plantación para algunas de estas especies introducidas, entre las que se destacan Pino ponderosa (*Pinus Ponderosa (Dougl) Laws.*) por su capacidad de extender su adaptación hacia los ambientes menos favorables y Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii (Mirb) Franco.*) por su crecimiento y calidad de madera.

Las plantaciones con coníferas se han incrementado en los últimos años debido, en gran medida, a la promoción de la actividad por los gobiernos nacionales y provinciales. El Régimen de Promoción de Plantaciones Forestales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), sumado al de algunas provincias, o la Ley de Inversiones para Bosques Cultivados (Ley n° 25.080), aumentó la expectativa de crecimiento de la actividad en la región.

Atento a esta situación, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) conjuntamente con el INTA, dentro del marco del Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA - BIRF, convenio de préstamo 3948 AR), comenzó a desarrollar un Programa de Mejoramiento Genético de Pino ponderosa y Pino oregón con el objetivo de garantizar el aprovisionamiento en forma continua de semilla genéticamente mejorada para las futuras plantaciones comerciales de estas especies, tanto en el corto como en el largo plazo.

Para ello, se trabajó en forma coordinada para garantizar el logro de los objetivos dentro de

los plazos previstos por el Programa de Mejoramiento Genético de Pino ponderosa y Pino oregón en las siguientes líneas:

- Áreas Productoras de Semillas (APS)
- Introducción e instalación de ensayos de orígenes (EO)
- Huertos Semilleros Clonales y de Progenies (HSC) (HSP)
- Pruebas de Progenies (PP)

ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS

Las Áreas Productoras de Semillas tienen como objetivo garantizar el abastecimiento en el corto plazo de semillas con cierto grado de mejora genética. Estas áreas se constituyen a partir de rodales adultos ya instalados, que son raleados con el propósito de eliminar los individuos oprimidos, intermedios o mal formados, dejando solamente aquellos de buena forma y dominantes.

De esta manera se logra una leve mejora de la calidad genética de la semilla, además de ser una fuente confiable de aprovisionamiento de material seminal por considerarse que se encuentran adaptadas a las condiciones del medio.

En toda la Región Patagónica se identificaron rodales que por sus condiciones de calidad, accesibilidad y conveniencia pudieran transformarse en Áreas Productoras de Semillas. Por lo general, salvo algunos casos, estos se encuentran próximos a viveros forestales con una alta demanda de material seminal.

Las 46.7 ha de APS (Tabla 1) se encuentran en distintas etapas de intervención, algunas de ellas en plena producción.

- **Ings. Ftales. Alejandro Martínez Meier y Leonardo Gallo**
INTA Bariloche, Río Negro
- Ing. Ftal. Víctor Mondino**
INTA Esquel, Chubut

● Tabla 1. APS del Programa de Mejoramiento Genético de Pino oregon y Pino ponderosa en la Región Patagónica.

Especie	Rodal	Sup (ha)	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)
Pino oregon					
1	EFT	15.3	43° 07' 25"	71° 33' 11"	450
2	Lote 9 y 15	1	42° 00' 21"	71° 32' 49"	230
3	Arroyo del Medio	9	41° 10' 30"	71° 15' 00"	840
Total APS Pino oregon		25.3			
Pino ponderosa					
4	Los Cipreses	7	43° 09' 30"	71° 30' 25"	430
5	EFT	1.4	43° 07' 39"	71° 33' 32"	450
6	Huinganco	13	37° 09' 59"	70° 36' 57"	1230
Total APS Pino ponderosa		21.4			
Total		46.7			

INTRODUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ENSAYOS DE ORÍGENES (EO)

Tanto Pino ponderosa como Pino oregón son dos especies originarias del noroeste de América del Norte, con una gran extensión latitudinal. En el caso de Pino ponderosa se extiende desde los 23° 30' hasta los 51° 30' de Latitud Norte y Pino oregón desde los 19° hasta los 55° de Latitud Norte.

La longitud define para ambas especies dos variedades botánicas. En Pino ponderosa los orígenes costeros se corresponden a la *var ponderosa* y los orígenes del interior a la *var scopulorum*. En Pino oregón los orígenes costeros se corresponden a la *var menziesii* y los orígenes del interior a la *var glauca*. Los orígenes costeros son los más productivos.

Varios autores reportan una alta variación en características adaptativas relacionadas con la resistencia a sequías y heladas tanto a nivel poblacional como así también a nivel intrapoblacional para ambas especies.

El objetivo de la introducción de orígenes es evaluar comparativamente el material comercial utilizado actualmente con los nuevos orígenes. Por otro lado, permite ampliar la base genética para sucesivos ciclos de mejora.

En los orígenes introducidos de ambas especies se evaluó el crecimiento inicial en vivero y a campo. En Pino oregón también se evaluó la susceptibilidad a heladas tardías ya que es una de las principales características adaptativas

que limitan la ampliación del área de plantación en la Región Patagónica para esta especie. Se encontraron fuertes correlaciones significativas entre el porcentaje de daño por heladas con la longitud ($r = 0,86$) y altitud ($r = - 0,75$) del origen de la semilla de Pino oregón. Si se considera que los orígenes costeros (situados a mayor longitud y menor elevación) son los de mayor potencial de crecimiento, la selección sobre la base de ese único criterio incluiría indirectamente material susceptible a heladas.

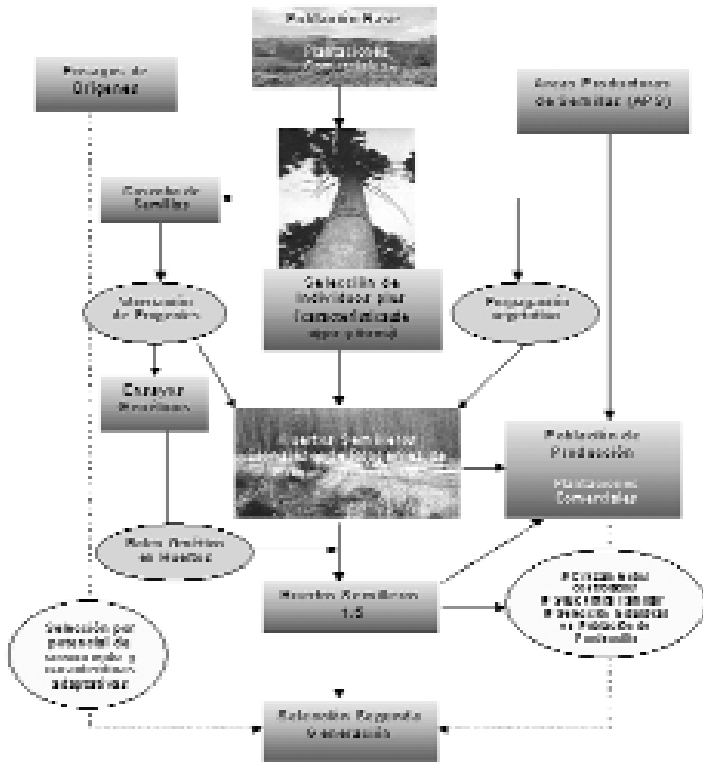
HUERTOS SEMILLEROS CLONALES (HSC) Y DE PROGENIE (HSP)

Los huertos semilleros son áreas de producción de semilla, en donde los individuos seleccionados son manejados en forma intensiva con el fin de producir, de manera económica y rápida, semillas con determinada ganancia genética.

A partir de esta semilla, se producirán plantas genéticamente superiores, que con el aporte de buenas prácticas de manejo y una silvicultura intensiva, posibilitaría obtener las máximas productividades para un sitio determinado.

Los huertos pueden constituirse a partir de propágulos vegetativos (injertos, estacas, cultivo de tejidos, etc) o a partir de plántulas de individuos selectos que se siembran para tal fin. Los primeros son llamados huertos clonales, y los últimos se denominan huertos de progenies o de plántulas. Los huertos clonales adelantan considerablemente la producción de semilla respecto a los huertos de progenies por mantener en el organismo propagado la edad fisiológica del material que le dio origen.

● Estrategia de Mejoramiento Genético de Pino ponderosa y Pino oregon en la Región Andino Patagónica



La correcta selección de los individuos con características deseadas es fundamental para lograr la mayor ganancia genética en la semilla que produce un huerto semillero. Estos individuos serán los progenitores en las siguientes generaciones.

Para que esta selección sea efectiva las características seleccionadas deben presentar variación, tener importancia económica o adaptativa y presentar niveles aceptables de control genético.

Para el primer ciclo de mejora genética de Pino ponderosa y Pino oregón se utilizó el sistema de selección masal o individual que consiste en la elección de individuos sobre la base de su performance fenotípica en características de interés comercial.

Para la evaluación de los individuos se utilizó el método de árboles testigos, que consiste en comparar el individuo seleccionado con el promedio de los mejores vecinos ubicados en un radio tal que permita controlar la variación ambiental presente.

De esta manera, el valor fenotípico es utilizado para confeccionar un ranking de mérito de acuerdo al grado de superioridad del individuo seleccionado respecto a sus mejores vecinos, el cual es utilizado para definir el individuo que se incluirá en los huertos semilleros, ya sea a

partir de propágulos vegetativos o a partir de su progenie.



● Propagación vegetativa por medio de injertos de Pino ponderosa con flores femeninas. Los huertos semilleros clonales adelantan la producción de semillas en relación a los huertos semilleros de progenie.

Los caracteres escogidos para la selección de individuos fueron:

Vigor: se estableció un “diámetro mínimo de selección” (DMS) como valor umbral por encima del cual se realizó la selección para las

características de forma. Para ello se establecieron parcelas temporarias de muestreo, de superficie variable, según la homogeneidad del rodal, intentando captar la totalidad de la variación en el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho). Se determinó el DAP medio de cada parcela y el desvío estándar (DS) correspondiente.

Entonces: $DMS = DAP + DS$.

Donde: $DMS =$ diámetro mínimo de selección, $DAP =$ diámetro a la altura del pecho, $DS =$ desvío estándar.

Forma: involucra las características relacionadas a:

- a. Rectitud de fuste
- b. Calidad de ramas
Ángulo de inserción de las ramas en el fuste
Diámetro de las ramas
Número de ramas
- c. Diámetro de la Copa

Siguiendo esta metodología de trabajo se pudieron seleccionar y evaluar en la Región Nordpatagónica (37° Latitud Sur hasta 45° Latitud Sur), 85 individuos de Pino ponderosa y 78 individuos de Pino oregón.

Para la instalación de los huertos semilleros clonales de Pino ponderosa se realizaron injertos de púa terminal durante tres temporadas en la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche del INTA, en el Campo Forestal General San Martín de El Bolson, en el Campo Experimental Trevelin de la Estación Experimental Agropecuaria Esquel del INTA y en el vivero provincial de Huínganco en la Pcia. de Neuquén. Con el material propagado vegetativamente se instalaron tres huertos semilleros



● Huerto Semillero Clonal de Pino ponderosa, Huínganco, Provincia del Neuquén

clonales de Pino ponderosa que en su conjunto suman hasta la fecha 6 ha. (Tabla 2). La edad de los individuos a propagar fue la variable de mayor importancia para el éxito de los injertos.

En Pino oregón se desarrolló la estrategia de Huertos Semilleros de Progenie. Se cosechó semilla de los individuos seleccionados de las que se obtuvo las plantas de las progenies en los distintos viveros involucrados dentro del Programa de Mejoramiento Genético. Con ellas se instalaron tres huertos semilleros que suman 3.7 ha (Tabla 2). Con Pino ponderosa también se siguió esta estrategia de huertos semilleros de progenie para complementar y comparar en el futuro las ganancias genéticas con la que se obtenga de los Huertos Semilleros Clonales.

CALIDAD DE LA MADERA

Con el objetivo de mejorar las propiedades de la madera se analizó la variación de la densidad básica (grs/cm^3) y la factibilidad de incluir esta característica de alto valor económico dentro del Programa de Mejoramiento Genético. Se pretende mejorar la calidad de la madera homogeneizando sus propiedades para lograr productos más estables dimensionalmente y de menor inconvenientes al aserrado y secado.

Sobre una porción de la población de selección del primer ciclo de mejoramiento de Pino ponderosa se tomaron muestras de barreno de 12 mm de diámetro y se enviaron al Laboratorio de Tecnología de la Madera del CIEFAP (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico).

Se estudiaron las relaciones existentes entre la densidad básica, ancho de anillos y porcentaje de leño tardío, como así también las relaciones entre la densidad básica y el vigor y forma de los individuos que constituyen la base del Programa de Mejoramiento.

Los resultados arrojados por este primer estudio demostraron que la densidad básica promedio de la madera de los individuos de la población de selección de Pino ponderosa es de $0.38 \text{ grs}/\text{cm}^3$, con un rango que va de $0.46 \text{ grs}/\text{cm}^3$ a $0.31 \text{ grs}/\text{cm}^3$.

Estos valores resultaron similares a los registrados para la especie por otros autores para la región y un poco menores a los valores de Pino ponderosa de los rodales naturales en su lugar de origen.

Los resultados obtenidos indicarían que la selección por vigor y forma para el primer ciclo de mejora genética de Pino ponderosa no estaría afectando las propiedades de la madera

● Tabla 2. (HSC) y (HSP) instalados hasta la fecha en el marco del Programa de Mejoramiento Genético de Pino ponderosa y Pino oregon en la Región Patagónica Argentina.

Especie	Lugar	Latitud	Longitud	Altitud	Sup. (ha)
Pino ponderosa					
	HSC¹ La Rotonda				
	Campo Experimental Trevelin	43° 06' 05"	71° 33' 30"	350	4.00
	HSC El Manzano				
	Vivero Pcial Huinganco	37° 07' 22"	70° 37' 04"	1190	1.00
	HSC Campo Forestal				
	General San Martín	42° 00' 21"	71° 32' 49"	230	1.00
	HSP² Vivero Pcial				
	Chos Malal	37° 22' 58"	70° 16' 35"	860	0.36
Subtotal Huerto Semillero Clonal y de Progenie de Pino ponderosa					6.36
Pino oregon					
	HSP La Rotonda				
	Campo Experimental Trevelin	43° 07' 10"	71° 33' 00"	350	1.70
	HSP Campo Forestal				
	General San Martín	42° 00' 02"	71° 32' 36"	262	1.00
	HSP El Manzano				
	Vivero Pcial Huinganco	37° 07' 50"	70° 37' 04"	1190	1.00
Subtotal Huerto Semillero de Progenie de Pino oregon					3.70
Total HSC y HSP (HA)					10.06

¹ HSC Huerto Semillero Clonal
² HSP Huerto Semillero de Progenie

expresada a través de densidad básica. Esto posibilitaría la rápida mejora de la calidad de la madera en los individuos ya seleccionados en el Programa de Mejoramiento mencionado.

PRUEBAS DE PROGENIES (PP)

Las Pruebas de Progenies son plantaciones diseñadas con el objetivo de establecer el valor genotípico de un individuo a partir del desempeño de su descendencia o progenie. Estas pueden ser instaladas a partir de progenies de polinización abierta, donde se conoce solo la planta madre, o a partir de progenies de polinización controlada, donde se conocen con precisión la madre y el padre de la familia.

En el primer caso se tratará de familias de medios hermanos y en el segundo de familia de hermanos completos.

Las funciones que cumplen dentro de un programa de mejoramiento son:

- Mejorar la calidad genética de la semilla de los huertos semilleros a partir de la identificación y eliminación de los individuos de bajo valor genético estimado a través del mal desempeño de su descendencia.
- Estimar el control genético (heredabilidad) de las características de interés.



● Plantación de Pino ponderosa en Patagonia Argentina.



● Plantación de Pino oregon en Patagonia Argentina.

● Tabla 3. Ensayos de Progenies de Pino ponderosa y Pino oregon instalados por el Programa de Mejoramiento Genético en la Región Patagónica.

Especie	Lugar	Latitud	Longitud	Altitud	Año de plantación
Pino ponderosa					
	Trevelin	43° 06' 71"	71° 32' 40"	350	2002
	Cholila	42° 29' 43"	71° 21' 00"	850	2002
	Cuesta del Ternero	41° 53' 11"	71° 25' 10"	450	2002
	Leleque	42° 21' 00"	71° 06' 35"	680	2002
	Manzano Amargo	36° 44' 40"	70° 46' 10"	1330	2002
	Rahue	39° 21' 19"	71° 54' 18"	1250	2002
	Río Pico	44° 09' 10"	71° 22' 50"	680	2002
	Trevelin	43° 05' 29"	71° 33' 55"	775	2003
	Chos Malal	37° 22' 58"	70° 16' 35"	860	2003
	Lagunas de Epulafquen	36° 56' 57"	70° 54' 21"	1360	2003
	Perito Moreno	41° 07' 00"	70° 53' 06"	1033	2003
Pino oregon					
	Alumine	39° 15' 26"	70° 50' 45"	1300	2003
	El Bolson	41° 59' 34"	71° 31' 27"	380	2003
	El Bolson	41° 59' 34"	71° 31' 27"	380	2003
	Trevelin	43° 07' 10"	71° 33' 00"	350	2003
	El Bolson	42° 00' 02"	71° 32' 36"	262	2003
	Huinganco	37° 07' 50"	70° 37' 04"	1190	2003

- Evaluar las ganancias genéticas a obtener en un programa de mejora.
- Constituir la población base para programas de mejoramiento de generaciones avanzadas.

pudo instalar una red de ensayos en toda la región de trabajo (Tabla 3) que brindará la información necesaria para la toma de decisiones futuras.

En sucesivos años se cosecharon semillas de los individuos seleccionados por las características de vigor y forma, y se sembraron en los distintos viveros que participaron del Programa de Mejoramiento. De esta manera se

En vivero se pueden apreciar diferencias importantes de crecimiento a partir del primer y segundo año de siembra, que permiten hacer estimaciones sobre el valor de mejora de los individuos selectos.

Bibliografía

- FENRICCI, J.; PASQUINI, M.; PICCO, O.; MONDINO, V.; 2000. Provenances trials on Pinus Ponderosa Douglas Ex Lawson in Argentina's Andean Patagonia. *Forest Genetic Resources*, Nro. 28: 21-26.
- MANDAL, A. K.; GIBSON, G. L. 1998. *Forest Genetics and Tree Breeding*. CBS Publishers & Distributors. 268 páginas.
- NAMKOONG, G.; KANG, H.; BROUARD, J., 1988. *Tree Breeding: Principles and Strategies*. Monographs on Theoretical and Applied Genetics 11. Springer-Verlag, 177 páginas.
- REHFELDT, G. y GALLO, L. 2001. Introduction of Ponderosa Pine and Douglas-fir to Argentina. Using quantitative traits for retrospective identification and prospective selection of provenances. *New Forest* 21: 35-44.
- ZOBEL, B. y TALBERT, J. 1994. *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. North Carolina State University. Editorial Limusa, 544 páginas.