

III. 4. SUBPROGRAMA CONÍFERAS Y OTRAS ESPECIES EN LA REGIÓN PATAGÓNICA

Autores: Leonardo Gallo, Alejandro Martinez Meier, María Marta Azpilicueta, Paula Marchelli, Victor Mondino

Resumen Ejecutivo

La actividad forestal en la Región Patagónica se concentró en las últimas décadas en dos aspectos completamente diferentes; por un lado la extracción de madera de calidad del bosque nativo y por otro, la plantación de coníferas introducidas de rápido crecimiento. En la actualidad la explotación comercial del bosque nativo se basa esencialmente en cuatro especies: Raulí (*Nothofagus nervosa*), Roble (*N. obliqua*), Lengua (*N. pumilio*) y Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Algunas de estas especies poseen un mercado de importancia local o regional mientras que otras gozan de reconocimiento a nivel nacional e internacional. La plantación con especies introducidas se reduce principalmente a Pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Laws), que se destaca por su alta capacidad de adaptación a los ambientes semi-áridos de la estepa patagónica, y a Pino oregón (Mirb) Franco), más exigente en cuanto condiciones del sitio pero de alto crecimiento y calidad de madera.

Las plantaciones con estas coníferas introducidas ocupan una superficie de aproximadamente 70.000 ha., correspondiendo a Pino ponderosa el 80 % de la misma. La introducción de semillas de estas especies se realizó a comienzos del siglo XX desde la costa occidental de Estados Unidos. Introducciones posteriores precisaron más el origen del material pero en gran parte de las plantaciones en turno de raleo se desconoce el origen exacto del mismo.

Recientes estudios comparativos de procedencias especulan para Pino oregón un origen costero en el estado de Washington mientras que para Pino ponderosa lo asimilan al norte del estado de California de bajas y medianas altitudes (Rehfeld *et al.*, 2001).

La región noroeste patagónica ofrece una superficie forestable que se estima en aproximadamente 2,3 millones de ha. (Laclau *et al.*, 2005), con crecimientos medios de 20 m³/ha año. 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.

En este contexto, dentro del marco del Proyecto Forestal de Desarrollo, se comenzó a desarrollar un Programa de Mejoramiento Genético de Pino ponderosa y Pino oregón, basado esencialmente en la selección masal de individuos plus dentro de las plantaciones disponibles, con el objetivo de garantizar el aprovisionamiento en forma continua de semilla genéticamente mejorada. Adicionalmente y dada la importancia actual y potencial de algunas especies nativas del género *Nothofagus*, se inició la formación de una población base de *N. nervosa* y *N. obliqua* mediante la selección de orígenes geográficos de potencial uso para el aprovisionamiento de semilla de mayor aptitud comercial con el objetivo de llevar al cultivo con éxito a estas especies donde desarrollar un futuro programa de selección masal.

Para ello, se trabajó en forma coordinada con otras instituciones del medio (ej. Direcciones Provinciales de Bosques, Administración de Parques Nacionales) y con productores privados. Para todas o algunas de las cuatro especies objeto de este proyecto se procuró:

- Instalar Áreas Productoras de Semillas (APS)
- Introducir e instalar ensayos de orígenes (EO)
- Instalar Huertos Semilleros Clonales (HSC) y de Progenies (HSP)
- Instalar Pruebas de Progenies (PP) para la evaluación genética de los individuos seleccionados.

Adicionalmente, se procuró incrementar la calidad de la semilla de Pino ponderosa y Pino oregón utilizada en la región, mejorando las técnicas de cosecha, limpieza, clasificación y almacenamiento de la misma.

En el caso de las dos especies del género *Nothofagus* se tuvo como un objetivo adicional caracterizar los recursos genéticos disponibles y

detectar las zonas de mayor diversidad genética con fines de conservación y de selección del material para el programa de mejoramiento.

Al finalizar la primera fase del PFD:

- Se cuenta con 85 individuos plus de Pino Ponderosa y 78 de Pino Oregon seleccionados por sanidad, crecimiento y forma entre un total de aproximadamente 2 millones de árboles evaluados.
- 13 ha. de Huertos Semilleros de Primera Generación (clonales y de progenies) para coníferas implantadas y 2 ha. de Huertos Semilleros de Progenies para las dos especies de *Nothofagus* que comenzarán a producir semilla genéticamente mejorada a partir de los próximos 8-10 años.
- 27 pruebas de progenies de las cuatro especies instaladas a campo en diferentes sitios de la región que permitirán evaluar el valor de mejora de los árboles selectos y el control genético de las características de interés.
- Siete ensayos de orígenes y diez de procedencias instalados en diferentes sitios de la región.
- Seis APS de Pino ponderosa y Pino Oregon definidas (46,7 ha), con tratamientos silvícolas e inscriptas en el INASE y 2 rodales semilleros de sendos *Nothofagus* instalados y bajo manejo para la producción y cosecha de semillas.
- Una planta procesadora de semillas con equipamiento para la extracción, secado, limpieza y clasificación de semillas que mejoró la pureza del material de 66 a 97 % y que procesa el 80 % de la semilla cosechada en la región.
- Adaptación tecnológica para la propagación vegetativa por injertos de las cuatro especies estudiadas.
- Caracterización genética de los orígenes de ambas especies de *Nothofagus* mediante marcadores genéticos isoenzimáticos, de fragmentos de restricción de ADN de cloroplasto y de microsatélites nucleares.
- Identificación de áreas de mayor aptitud en cuanto a productividad y calidad de sus semillas, desempeño de las plantas en vivero y campo y diversidad genética de la población.
- Generación de los primeros conocimientos en la domesticación de las dos especies nativas.
- Grupo de investigación y desarrollo tecnológico dentro de INTA e interacción con otras instituciones y con productores y empresas privadas consolidados o en vías de consolidación.

En Pino ponderosa será de suma importancia incorporar criterios de selección directamente relacionados con calidad de madera (tema en el que actualmente se está trabajando) de manera de

mejorar la estabilidad dimensional de los productos madereros de esta especie, posibilitando el desarrollo de un mercado para la misma. Las relaciones positivas significativas entre la densidad básica de la madera y el valor fenotípico de los individuos plus encontradas harían posible la incorporación de la densidad básica como criterio de selección, sobre la población selecta del primer ciclo de mejoramiento genético.

Es necesario continuar con la evaluación e introducción de nuevas procedencias más resistentes y/o tolerantes a heladas en Pino oregón de manera de poder ampliar en el futuro el potencial de desarrollo y el área de cultivo de esta especie de alto valor maderero.

Los datos de los ensayos instalados a campo de Raulí y Roble Pellín irán produciendo resultados que, en forma complementaria a los estudios genéticos y en vivero ya realizados, posibilitarán la definición de la estrategia de mejoramiento para estas especies. Las áreas definidas como prioritarias de conservación y esencialmente los ensayos de orígenes y pruebas de progenie conformarán la población base de dicho programa donde se seleccionarán los individuos plus de primera y segunda generación.

Introducción

De la superficie forestada con coníferas la mayor proporción le corresponde a Pino ponderosa (*Pinus Ponderosa* (Dougl) Laws.), debido en parte al incentivo del uso de esta especie como única alternativa de producción para la región patagónica y a que es posible su plantación principalmente en el vasto espacio estepario de la precordillera con precipitaciones inferiores a los 800 mm anuales (Foto 1). Si bien es la especie de mayor importancia por la superficie plantada, actualmente se reconoce en el sector forestal la mayor calidad de la madera de las plantaciones de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco). Esta es una especie muy apreciada, no sólo por sus crecimientos, sino también por haber demostrado una excelente adaptabilidad en la región (Andenmatten et al 1995). Sus altos rendimientos, superiores a los 30 m³/ha.año en los mejores sitios (Rey et al. 1995) se conjugan con su sanidad y calidad de los productos que pueden obtenerse a partir de ella (Davel et al 2003). Posee una madera resistente y estable que tiene amplias aplicaciones en estructuras, pisos, muebles y aberturas.



Foto 1 - Plantación de *Pinus ponderosa* en la estepa patagónica.

Sin embargo, en la actualidad, la madera aserrada de mejor calidad se obtiene de algunas especies forestales nativas como el Raulí (*Nothofagus nervosa*) y el Roble pellín (*Nothofagus obliqua*), donde la mayoría de las veces el precio del pie² de la madera aserrada de bosques sin manejo silvícola y sin mejora genética supera hasta en cuatro veces al que se paga por la madera proveniente de plantaciones de especies introducidas (Foto 2). Los bosques de estas dos especies, que crecen en forma acotada a las cuencas lacustres de origen glaciario de la región conjugan, en los sitios adecuados, buenos crecimientos y excelente calidad de su madera justificando con ello la iniciación de un programa de mejora y domesticación.

Hacia fines de 1997 cuando se iniciaba el Subprograma de Producción de Material de Propagación Mejorado para coníferas y otras especies en la Región Andino Patagónica (RAP), existían algunos antecedentes relacionados con actividades tendientes a mejorar el rendimiento forestal de las plantaciones. Datos de ensayos de procedencias de estas especies en vivero (INTA Castelar) y análisis de homologías climáticas entre la RAP y el área de origen (Gallo 1979), ensayos de procedencias (EP) instalados por la Universidad San Juan Bosco (USJB) con sus primeras informaciones publicadas (Enricci *et al.*, 1995); y áreas productoras de semillas (APS) dispuestas por el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), el Asentamiento Universitario San Martín de los Andes (AUSMA) y la Corporación Forestal Neuquina S. A. (CORFONE S. A.) en plena producción, constituían algunas de las actividades pioneras relacionadas.

Si bien, la mayoría de las antiguas plantaciones derivarían de las primeras introducciones del viejo

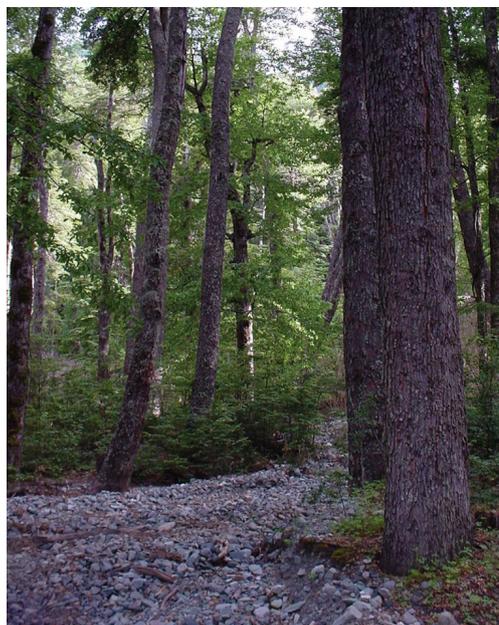


Foto 2 - Bosque mixto de Raulí y Roble Pellín en la cuenca Lácar con individuos de 60 cm de DAP y 25 m de altura.

Vivero de Isla Victoria, se desconoce el origen preciso de la semilla local de Pino ponderosa y Pino oregón. Reffheldt y Gallo (2001), sugieren que Pino ponderosa proviene de California, de bajas a medianas elevaciones y el Pino Oregón procede de ambientes costeros del área de distribución natural de la especie. Las plantaciones de Pino ponderosa realizadas en las décadas del 70 y 80 tendrían un origen distinto de las primeras introducciones.

Estimaciones realizadas en el marco de este proyecto indican que más del 70% de las procedencias introducidas en esa época tienen su origen en el Estado de Oregón, en los Estados Unidos, de zonas semilleras ubicadas al este de la cadena montañosa de Las Cascadas. Se podría concluir entonces que, mientras que el Pino oregón proveniría de uno o a lo sumo dos orígenes, el material de Pino ponderosa tendría diversos orígenes en función de la edad de las plantaciones.

La demanda de semilla por parte de los viveros forestales no era satisfecha por las fuentes de semilla provenientes de las plantaciones comerciales que se encontraban en edad de producción. Algunos viveros realizaban importaciones de material seminal principalmente de los Estados Unidos, cuando la conversión monetaria resultaba favorable. El hecho de contar con fuentes de semilla local en cantidad y calidad de manera inmediata se convirtió en una necesidad relacionada con la estabilidad productiva de la actividad.

Objetivos

En vista de este contexto regional el Subprograma se propuso para las dos coníferas tres objetivos:

Habilitar nuevas Áreas Productoras de Semilla (APS) y Rodales Semilleros (RS) aumentando la disponibilidad de manera inmediata de semilla de origen conocido y con un leve grado de mejora genética.

Introducir nuevas procedencias y fuentes semilleras de otros programas de mejoramiento genético de Pino ponderosa y Pino Oregon (EP) para aumentar la variación genética.

Realizar la primera selección de individuos “plus” e instalar Huertos Semilleros de Primera Generación (HSC o HSP) en sincronización con la instalación de la red de ensayos de progenies que permitirá evaluar cada uno de los individuos seleccionados en función de su desempeño genético.

Por su lado, los principales objetivos para las especies nativas fueron:

- Identificar orígenes de ambos *Nothofagus* que por su diversidad genética y comportamiento sean apropiados para su uso en plantación fuera del área de distribución natural.
- Definir áreas de conservación para ambos *Nothofagus* e identificar áreas productoras de semilla y zonas de transferencia iniciando el trabajo de domesticación.
- Constituir la población base en ensayos de orígenes y pruebas de progenie para estudiar el control genético de las características de interés comercial y donde seleccionar en el futuro árboles plus.

Actividades

Pino ponderosa y Pino oregón

1. Selección de Individuos plus para la constitución de Huertos Semilleros

Para la evaluación de los árboles seleccionados se utilizó el método de los árboles “testigos” o de comparación. El método de evaluación a través del árbol de comparación establece un radio de búsqueda de los individuos testigos tal que sea capaz de controlar la varianza ambiental en su mínima expresión. El método de selección de árboles testigos (AT) consiste en la evaluación de los individuos candidatos seleccionados a través de la comparación con los mejores vecinos o “testigos” para

las características que son objeto de mejoramiento. De esta manera se logra, por un lado, aumentar la presión de selección sobre el individuo seleccionado (mejora la precisión del diferencial de selección), ya que debe superar a los mejores árboles que crecieron en similares condiciones ambientales y por otro, lado se minimiza la influencia ambiental del sitio. Esto permite comparar árboles seleccionados en diferentes calidades de sitio y establecer de esa forma un orden de mérito más objetivo (Ledig 1974).

El área de trabajo para Pino ponderosa abarcó toda la región Nordpatagónica, desde la zona de Huinganco, en el norte de la provincia de Neuquén (37° Latitud Sur), hasta Lago Fontana en la provincia de Chubut (45° Latitud Sur) mientras que para Pino oregón se restringió desde San Martín de los Andes, Pcia del Neuquén (40° Latitud Sur), hasta el sur de la localidad de Trevelin, Pcia de Chubut (43° Latitud Sur). El límite inferior de edad para la selección se fijó en 18 años, correspondiente en algunos sitios a la mitad del turno de corta y considerada como adecuada para la expresión fenotípica de las características de crecimiento y forma. El límite superior lo estableció la edad de las plantaciones más antiguas (40 y 52 años).

1.1 Procedimiento operativo

El primer paso para seleccionar individuos candidatos fue identificar los rodales de edad adecuada (18 años), cobertura homogénea (\geq al 70 %), densidad uniforme y buen estado sanitario general. Una vez identificados los rodales, el siguiente paso fue determinar un valor umbral por encima del cual se estableció la población de selección dentro del rodal. El criterio más importante para definir esta población de selección fue el vigor, expresado a través del DAP. Se establecieron parcelas temporarias de muestreo, de superficie variable, según la homogeneidad del rodal, intentando captar la totalidad de la variación en DAP. Se determinó el DAP medio de cada parcela al que se le sumó un desvío estándar para definir el “Diámetro Mínimo de Selección”, valor umbral que puede variar en un mismo rodal, pues depende de la variabilidad propia dentro de la plantación.

Dentro de la clase diamétrica que define la población de selección se eligieron aquellos individuos más vigorosos (dominantes o codominantes), con fuste recto y cilíndrico, copa de diámetro pequeño y simétrica, ramas cortas, de poco diámetro y de ángulo de inserción en el fuste lo más cercano a 90°. Los árbo-

les candidatos se compararon con los cinco mejores árboles testigos, pertenecientes también a la población de selección y que se encontraran en la vecindad, en un radio no mayor a treinta metros.

Se descartaron aquellos individuos con evidencias de ataques de plagas o enfermedades, con bifurcaciones, con combadura acentuada o torceduras en dos planos y con el ángulo de inserción de las ramas inferior al promedio del sitio de selección.

1.2 Definición de los criterios de selección de los árboles plus

Los criterios de selección fueron establecidos en función de la importancia económica de la característica y valores de heredabilidad para otros programas de mejoramiento. Los promedios de las evaluaciones de los cinco individuos testigos se compararon con la evaluación del individuo candidato y se ponderaron en función de la distribución de la variación observada, asignando un valor a cada una de las características evaluadas. La sumatoria determinó el valor fenotípico (VF) de cada uno de los individuos candidatos.

El **vigor** fue evaluado a través del área basal (AB) recorriendo sistemáticamente el rodal para identificar aquellos individuos con DAP mayor al diámetro mínimo de selección (DMS). En esta subpoblación de árboles vigorosos se seleccionó luego con los criterios de forma. Se asignó un punto a cada árbol plus por cada 10 % de superioridad con respecto al promedio de las AB de los testigos.

La **forma del fuste** fue clasificada cualitativamente en cuatro categorías correspondiendo el máximo valor (4) a individuo con un fuste totalmente recto y cilíndrico.

La **calidad de las ramas** fue evaluada en función del ángulo en que las ramas se insertan en el fuste (Foto 3), su tamaño y el número por verticilos. El



Foto 3. Vista del ángulo de inserción de rama más deseable (próximo a 90°) en Pino ponderosa.

Foto 4 - Injerto apical o de hendidura en patrones de 4 años de Pino ponderosa.

objetivo fue seleccionar individuos con ángulo de ramas próximos a 90°, diámetro pequeño y de pocas ramas por verticilo.

También se evaluó la **forma de la copa** a través de un criterio de clasificación subjetivo que resultó de comparar visualmente la copa del individuo candidato con la considerada como promedio de los árboles testigos. Se consideró principalmente el ancho de copa y su simetría.

2. Propagación vegetativa

En agosto de 1998 se realizó un curso de injertos en el Estación Agroforestal Trevelin (INTA Esquel) dictado por profesionales de la Cooperativa de Mejoramiento Genético de la Universidad Austral de Chile con sede en Valdivia, Chile. Se capacitaron más de veinte personas de distintos viveros forestales de la región relacionados al desarrollo del Programa de Mejoramiento Genético de Pino Ponderosa y Pino Oregón. Con estos conocimientos se realizó un pre-ensayo de injertación en Pino ponderosa, Pino oregón, Roble Pellín y Raulí. En base a esta experiencia y a publicaciones sobre este tema se definió la estrategia de injertación operativa. Los injertos se realizaron solamente en Pino ponderosa por haberse obtenido un porcentaje de prendimiento superior al promedio internacional. En tres años consecutivos (1999, 2000 y 2001) se realizó un total de 6423 injertos en cuatro sitios distintos en donde se injertaron en la misma época del año las púas de los árboles más próximos: Vivero Pcial de Huinganco, EEA INTA Bariloche, Campo Forestal General San Martín INTA Bariloche y Estación Agroforestal Trevelin de INTA Esquel. Un punto clave para el éxito de las operaciones de propagación vegetativa estuvo relacionado con el correcto acondicionamiento de los patrones o pies sobre los cuales se injertan las púas de los individuos seleccionados. Se utilizó el tipo de injerto apical o de hendidura (Foto 4).

3. Áreas Productoras de Semillas

Las Áreas Productoras de Semilla (APS) cumplen un papel muy importante dentro de un programa de mejoramiento ya que permiten obtener inmediatamente semilla con cierto grado de ganancia genética (5% a 10%). Para su establecimiento se identificaron rodales que por sus condiciones de accesibilidad, conveniencia o grado de aislamiento de fuentes de contaminación de polen pudieran transformarse en áreas de producción de semilla. Estos rodales se identificaron, delimitaron y para cada uno de ellos se recomendaron raleos genéticos según su situación particular. En todos los rodales se eliminaron aque-

llos individuos fenotípicamente inferiores mediante un raleo en dos tiempos, dejando en una primera instancia entre 400 y 500 individuos por hectárea para llevar la densidad final luego de una segunda selección y raleo a 200 – 250 arb/ha.

Por ejemplo, en Huingan-co, Norte de la Provincia de Neuquén, se establecieron dos APS, una en San Pedro y otra en El Manzano para abastecer la demanda de semilla propia del Vivero Provincial de esa localidad. Del mismo modo, los plantines de Pino ponderosa y Pino oregón que se producen en la actualidad en el vivero de la Estación Agroforestal Trevelin del INTA provienen de las APS que se establecieron en el marco del proyecto.

4. Huertos Semilleros

Se establecieron Huertos Semilleros de Progenies, tal como estaba formulado en los objetivos del proyecto. Sin embargo, por el éxito obtenido con la propagación vegetativa de Pino ponderosa, en esta especie se decidió adicionalmente establecer Huertos Semilleros Clonales debido a la mayor ganancia genética que se obtiene en la semilla que produce este tipo de huertos.

Entre mayo de 2001 y mayo de 2002 se estableció una serie de tres HSC de esta especie que completan en total 6 ha. de donde se espera cosechar más de 300 kg semilla mejorada a partir de los próximos 8-10 años que permitirán obtener una ganancia genética en volumen del orden de 25-30 % por sobre la semilla comercial. Los huertos clonales de Pino ponderosa se constituyeron con una cantidad relativamente alta de clones (> 50) para esta primera etapa del ciclo de mejoramiento genético. El diseño de todos los HSC de Pino ponderosa se estableció en bloques completamente aleatorizados con una distancia de plantación de 6m x 6m y una distancia mínima entre ramets de un mismo clon de 30m para reducir la probabilidad de endogamia.

5. Ensayos genéticos

5.1 Pruebas de Progenie

Con el propósito de evaluar el valor de mejora de los árboles plus seleccionados y de estimar el control genético de las características de interés comercial, se instalaron pruebas de progenies de polinización abierta en diferentes sitios en campos estatales y privados, representativos del área de plantación.

Para la cosecha de los árboles plus se debió contar con personal técnico capacitado en las tareas de ascenso de escaladas, particularmente en la cose-

cha de los individuos de mayor edad y por lo tanto de mayores dimensiones (30-40 m de altura). Este personal se contrató entre los andinistas frecuentes en la región. Las semillas de los individuos cosechados se almacenó y distribuyó entre los viveros que participaron en la producción de plantas para los ensayos de progenie: Vivero Provincial de Huinganco, Vivero Forestal Campo General San Martín de INTA Bariloche y el Vivero Forestal del Estación Agroforestal Trevelin de INTA Esquel. Debido a la irregularidad en la productividad de semilla, se realizaron cosechas en varios años, procurando contar con progenies conectoras entre los diferentes años de cosecha para validar la comparación de los datos de las diferentes pruebas de progenie de una misma especie.

Los ensayos instalados en vivero permitieron estimar, en características iniciales como la altura en progenies de dos años de edad, los valores de mejora y establecer parámetros de ganancia genética y heredabilidad mediante el método BLUP.

5.2 Ensayos de procedencias

Atento a los antecedentes antes mencionados de escasa variación genética de la procedencia o raza local, principalmente de Pino oregón, y con el objetivo de evaluar el comportamiento de las dos especies frente a otras fuentes de semilla es que se realizaron introducciones de nuevos orígenes y fuentes semilleras provenientes de programas de mejoramiento genético de los Estados Unidos, Canadá, Francia y Alemania. En el año 1997 se realizó la primera introducción de 27 procedencias de Pino oregón y 11 de Pino ponderosa. Este material se vivirizó y evaluó en la etapa de vivero para luego instalar a campo dos ensayos con cada una de las especies. En el año 1999 se realizó una segunda introducción de procedencias y fuentes semilleras de otros programas de mejoramiento. Se evaluó el comportamiento en vivero y se instalaron nuevos ensayos a campo en diferentes sitios. Con el objetivo de ampliar el área actual de implantación de Pino oregón se ensayaron diferentes procedencias de las dos variedades de la especie en sitios considerados marginales, con heladas recurrentes y precipitación límite para una de ellas (*var menziesii*).

Nothofagus

En las dos especies de este género se seleccionaron las poblaciones a muestrear dentro del área de distribución natural, en base a características ecológicas, dasométricas y de distribución espacial. En ellas se cosechó la semilla colocando redes

media sombra a 1,5 m del suelo antes de la caída de los frutos (diciembre - enero) distribuidas dentro de cada rodal de modo de captar la semilla de al menos 40 individuos por población. Una vez arribada al laboratorio de semillas de la EEA Bariloche del INTA, la semilla se sometió a una limpieza manual con ayuda de tamices (Foto 5). Se estimó un valor medio de porcentaje de semilla llena, así como el peso de mil semillas. Estos parámetros ayudaron en el diseño de las siembras. Luego de un período de estratificación de 45 días en el caso del Roble o de lavado durante 5 días en el caso del Raulí, la semilla se sembró bajo condiciones de invernáculo para luego repicar a cantero las plantas de un año de crecimiento. Paralelamente, árboles individuales fueron cosechados al azar dentro de poblaciones previamente seleccionadas en función de características particulares de ubicación, condiciones ecológicas y accesibilidad, para establecer pruebas de progenie de polinización abierta. Con ellas se pretende estimar el control genético de las características adaptativas de interés y formar parte de la población base del futuro programa de selección masal.



Foto 5 - Semilla de Raulí.

Los ensayos de campo se instalaron bajo condiciones de media sombra brindada por vegetación nativa o plantaciones de pino, con plantas a raíz desnuda, acondicionadas para evitar la pérdida de humedad. Al año de instalación de los ensayos a campo se relevó la supervivencia (realizando la reposición necesaria) y se midió la altura de las plantas (altura inicial del ensayo). La altura así como otras características morfométricas de interés comercial, se evaluaron anualmente.

Con el objetivo de identificar los orígenes de mayor diversidad genética se analizaron las poblaciones en laboratorio utilizando marcadores izoenzimáticos, de fragmentos de restricción en ADN de cloroplasto y con SSRs (microsatélites).

Para la identificación de las APS se tomaron parámetros de productividad medida en número de semillas por unidad de superficie, calidad de semilla (% de semilla llena) y altura de las plantas en los ensayos de orígenes en vivero, junto a los valores de diversidad genética de cada población estimados con diferentes marcadores genéticos. La característica de accesibilidad a los mismos fue un elemento también tenido en cuenta.

Con marcadores morfológicos y marcadores especie-específicos de isoenzimas se monitoreó el proceso de hibridación natural entre Raulí y Roble Pellín. Se siguió en vivero el crecimiento en altura y la fenología de los híbridos.

Obras

- Remodelación de la planta procesadora de semillas del Campo Forestal General San Martín, INTA Bariloche, con adquisición de equipamiento para secado de conos, extracción, almacenamiento, limpieza y clasificación de semillas.
- Remodelación parcial de la planta de secado de conos y extracción de semillas del Campo Forestal Trevelin, INTA Esquel.
- Construcción y/o reparación de invernáculos en los viveros del Campo Forestal General San Martín, Campo Forestal Trevelin y Unidad de Genética Forestal INTA Bariloche.
- Ampliación y/o instalación sistema de riego en los viveros mencionados arriba.
- Pequeña ampliación del laboratorio de genética molecular de la Unidad de Genética Forestal del INTA Bariloche

Capacitación

Cursos tomados

Desde los inicios de esta primera fase del PFD hasta la fecha distintas personas pertenecientes al área de trabajo de la Unidad de Genética Forestal de la EEA Bariloche, de otras experimentales de la región Patagónica y de otras instituciones participantes del proyecto han participado de cursos de postgrado, seminarios y talleres en distintas partes del país y el extranjero.

Entre ellos se pueden citar:

Curso de Mejora Genética Forestal Operativa, 16 al 21 de noviembre de 1998, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Seminario sobre Detección y Uso de Marcadores

Genéticos en Planes de Mejoramiento, 8 al 12 de diciembre de 1998, San Carlos de Bariloche.

Aporte a la dasometría de plantaciones de Pino oregón y Ponderosa en la Patagonia Argentina, Campo General San Martín, marzo de 2000, El Bolsón, EEA INTA Bariloche.

Curso de Postgrado “Modelos para datos categóricos aplicados a investigaciones biológicas”, 26 al 30 de junio de 2000, carga horaria 40 horas. EEA INTA Bariloche.

Taller “Métodos de Evaluación de Materiales Genéticos. Aplicación de modelos mixtos (BLUP). 29 y 30 de noviembre de 2000, EEA INTA Pergamino.

Curso de Postgrado “Escritura de trabajos científicos”, carga horaria 50 horas. Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche.

VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia, 15 y 16 de noviembre de 2001, Esquel, Chubut.

Curso de postgrado “Análisis Multivariado: su aplicación en la caracterización de recursos genéticos”, 8 al 12 de julio de 2002, carga horaria 40 horas. INTA Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche.

Curso de postgrado “Arquitectura y modelización de plantas vasculares: fundamentos y aplicaciones”, del 7 al 12 de julio de 2003, carga horaria 50 hs. Profesores Drs. Javier Grosfeld y Javier Puntieri. Universidad Nacional del Comahue. Centro Regional Universitario Bariloche.

Curso de postgrado “Análisis de la Varianza: Anova” 31 de Mayo – 4 de Junio de 2004, 40 horas. Universidad Nacional de Buenos Aires, Facultad de Agronomía.

Cursos ofrecidos

Curso de Diseño de Ensayos Genéticos y BLUP. Dictado por el Dr. Roberto Ipinza en la EEA Bariloche los días 14 y 15 de marzo de 2001 en el marco del Proyecto Forestal.

Curso Genética Forestal “Introducción a la Genética Forestal”, abril de 1999, como parte del programa de Maestría de “Ecosistemas Boscosos” de la FAUBA.

Curso “Genética Forestal: Bases Conceptuales y Metodológicas para la Conservación y Utilización de los Recursos Genéticos Forestales” (segundo año de dictado), octubre de 2004, INTA Bariloche como parte del programa de Maestría de “Ecosistemas Boscosos” de la FAUBA. El Proyecto Forestal de Desarrollo realizó aportes para el desarrollo del mismo.

Capacitación del personal de las Campos Forestales de INTA en la técnica de propagación vegetativa

mediante injertos dictado en Agosto de 1998.

Curso AMOVA y método TWO GENER dictado por el Prof. Peter Smouse (Rutgers University, New Brunswick, EEUU), EEA INTA Bariloche, 19-24 de mayo de 2005.

Se han desarrollado varias pasantías y colaborado en la dirección de tesis para la obtención de sus títulos de grado de la carrera de Técnico Forestal de la Universidad Nacional del Comahue con sede en San Martín de los Andes y del Centro Regional Universitario de San Carlos de Bariloche en la carrera de Licenciatura en Biología.

Tres tesis de grado, dos tesis de doctorado y tres trabajos de post-grado finalizados.

Acciones de transferencia

Reuniones técnicas

Reunión técnica para presentar la fundamentación y objetivos principales del proyecto a productores privados, empresas forestales, direcciones de bosques provinciales y otros actores del medio.

Reunión técnica sobre propiedad del material de propagación mejorado

Reunión técnica de estado de avance del proyecto VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia, Esquel, 15 y 16 de Noviembre de 2001. Unidad de Genética Forestal, Programa de Mejoramiento Genético de Pino Ponderosa y Pino Oregon en la Región Andino Patagónica. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPYA-BIRF). Módulo Patagónico de Producción de Material de Propagación Mejorado Poster.

VI Jornadas Técnicas de Viveristas Forestales de la Patagonia, Esquel, 15 y 16 de Noviembre de 2001. Mondino V., Martinez Meier A. Avances en el Programa de Mejoramiento Genético de Pino Ponderosa y Pino oregón en la Región Andino Patagónica.

En el año 1998 y dentro del marco de un acuerdo firmado anteriormente con la APN (1993) se define la estrategia de cosecha anual de semilla de Raulí y Roble Pellín con el Dto. Forestal del Parque Lanín. Propietario Ea. Cauquén (San Martín de los Andes) para trabajo de sustitución de una plantación de pino ponderosa por roble pellín.

Jornadas de campo

3 jornadas de capacitación para la cosecha de semilla en Pino ponderosa y Pino oregón

2 jornadas de capacitación para la cosecha de semilla de *Nothofagus* para el Cuerpo de Guardaparques de los Parques Nacionales Lanín y Nahuel Huapi.

Publicaciones

(58 publicaciones relacionadas con el tema del proyecto)

Publicaciones en revistas científicas (10)

Marchelli P; Gallo L.A.; Scholz, F. & Ziegenhagen, B., 1998. Chloroplast DNA markers revealed a geographical divide across Argentinean southern beech *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. distribution area. *Theoretical and Applied Genetics*, 97 (4): 642-646.

Marchelli, P. y Gallo, L.A., 1999. Annual and geographic variation in seed traits of Argentinean populations of southern beech *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. *Forest Ecology and Management*, 121: 239-250.

Marchelli, P. y Gallo, L.A., 2000. Genetic analysis of isozyme variants in open pollinated families of Southern beech *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. *Silvae Genetica*, 49: 90-98.

Marchelli, P. y Gallo, L.A., 2001. Genetic diversity and differentiation in a southern beech subjected to introgressive hybridisation. *Heredity*, 87: 284-293.

Rehfeld G.E. y Gallo L.A., 2001: Introduction of ponderosa pine and Douglas-fir to Argentina. Using quantitative traits for retrospective identification and prospective selection of provenances. *New Forests* 21: 35-44.

Marchelli, P y Gallo, L.A., 2004. The role of glaciation, fragmentation and hybridization in shaping the distribution of the genetic variation in a Patagonian southern beech. *J. of Biogeography*, 31, 451-460.

Azpilicueta M. M.; Caron H; Bodénès C; Gallo L. A., 2004. SSR markers for analysing South American *Nothofagus* species. *Silvae Genetica* 53/5: 240-243.

Martinez Meier A; Mondino V. y Gallo L. A. Evaluación de daños por heladas tardías en ensayos de procedencias de pino oregón introducidos en el norte de la Región Andino Patagónica Argentina. Evaluation of damage in provenances trials of Douglas -fir by late frost introduced in Argentine. *Revista Bosque* (aceptado).

Puntieri, J; Grosfeld, J; Stecconi, M.; Brion, C;

Azpilicueta, M.M. y Gallo, L. 2005 : Desarrollo temprano de roble pellín (*Nothofagus obliqua*): un análisis arquitectural de procedencias. *Bosque* (aceptado)

Azpilicueta M. M., Gallo L. A. Genetic variation in the natural fragmented distribution of southern beech *Nothofagus obliqua* in Argentina. *Genetica*, (aceptado).

Publicaciones en revistas de divulgación (9)

Gallo L. A., 1998. La genética en el vivero forestal. *Revista Presencia* 44: 13-19.

Martinez Meier, A. y Gallo L. A., 2001. El Programa de Producción de Material de Propagación Mejorado en la Región Andinopatagónica, Subprograma para Coníferas y otras especies. *SAGPyA Forestal*, Nro 19: 14-15.

Martinez Meier A; Umaña F.; Gallo L., Ayesa J., Lopez C. 2001. Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para el Proyecto Forestal de Desarrollo SAGPyA, Subprograma para Coníferas y otras especies de la Subregión Andino Patagónica. Aplicación en CD.

Basil G.: Planta Procesadora de Semillas Forestales. Patagonia Forestal N° 1 – 2001

Basil, G.: Ensayo de Germinación de semillas de pino con diferentes estratificaciones en frío. *Patagonia Forestal* N° 4- 2001.

Mondino V; Martinez Meier A. y Gallo L. A., 2003. Mejoramiento Genético en Pino ponderosa y Pino oregón. *Patagonia Forestal*, Año IX, Nro 1: 6-8.

Martinez Meier A., Mondino V. y Gallo L. A., 2004. Selección de individuos candidatos de Pino ponderosa (*Pinus ponderosa* (Dougl) Laws.) y Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco.) para la instalación de huertos semilleros en la Región Andino Patagónica, Argentina. *SAGPyA Forestal* Nro 33: 2-9.

Martinez Meier A; Mondino V; Gallo, L.A., 2005. Estrategia de Mejoramiento Genético de Pino Ponderosa y Pino oregón. *IDIA XXI Forestales*: 191-196.

Gallo, L. A., Marchelli, P., Pastorino, M., Izquierdo, F., Azpilicueta, M. M., 2005. Programa de conservación y utilización de los recursos genéticos forestales. *IDIA XXI, Forestales*: 157-163.

Capítulos en libros ((10) se enumeran algunos de ellos)

Gallo, L.; Marchelli, P.; Crego, P., Oudkerk, L.; Izquierdo, F.; Breitembücher, A.; Gonzalez Peñalba, M.; Chauchard, L.; Maresca, L.; Cuerpo de Guardaparques P.N. Lanín y Nahuel Huapi y Mele, U. (2000). Variación genética en poblaciones y progenies de Raulí en Argentina. I. Introducción, distribución y variación en características seminales y adaptativas. En: Domesticación y Mejora Genética de raulí y roble. Editores: R. Ipinza; B. Gutiérrez y V. Emhart. Universidad Austral de Chile, Instituto Forestal, Valdivia, Chile. ISBN: 956-288-691-3. Pp 133-156.

Marchelli, P. y Gallo, L.A., 2000. Variación aloenzimática, de ADN de cloroplasto y de ADN nuclear en poblaciones y progenies de raulí en Argentina. En: "Domesticación y mejora genética de raulí y roble". Editores: R. Ipinza; B. Gutiérrez y V. Emhart. Universidad Austral de Chile, Instituto Forestal, Valdivia, Chile. ISBN: 956-288-691-3. Pp 157-180.

Gallo, L.A.; Marchelli, P. y Crego, P., 2000. Dinámica de hibridación interespecífica entre Raulí y Roble Pellín. En: "Domesticación y mejora genética de raulí y roble". Editores: R. Ipinza; B. Gutiérrez y V. Emhart. Universidad Austral de Chile, Instituto Forestal, Valdivia, Chile. ISBN: 956-288-691-3. Pp 181-196.

Gallo, L., 2004. Modelo conceptual sobre la hibridación natural interespecífica entre *Nothofagus nervosa* y *N. obliqua*. En: Variación intraespecífica en especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Donoso C., Premoli A., Gallo L. Ipinza R Eds. Editorial Universitaria, Chile. Pp: 397-408.

Gallo, L., Donoso, C.; Marchelli, P. y Donoso, P., 2004. Variación en *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil (N. alpina, N. procera). En: Variación intraespecífica en especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Donoso C., Premoli A., Gallo L. e Ipinza R. (Eds). Editorial Universitaria, Santiago, Chile. ISBN: 956-11-1702-9Pp 115-144.

Donoso, C.; Gallo, L. A.; Donoso, P.; Azpilicueta, M. M., 2004. En: Variación en *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, Donoso C., Premoli A., Gallo L. e Ipinza R. (Eds). Editorial Universitaria, Santiago, Chile. ISBN: 956-11-1702-9Pp 79-113.

Presentaciones a Congresos Nacionales e Internacionales ((29) se enumeran algunos de ellos)

Gallo L.A; Marchelli P; Azpilicueta M.M.; and Crego, P; 2001: Genetic variation in *Nothofagus* species of north western Patagonia. International Conference on: Wood, Breeding, Biotechnology and industrial expectations. EU funded projects related to genetics of wood properties and forestry biotechnology, 9th Conifer Biotechnology Workign Group (CBWG) and IUFRO Working Parties 5.01-02: Natural variations in wood quality, 2.04.00: Genetics. June 11-14, 2001, Bordeaux, France.

Marchelli, P. y Gallo, L.A., 2001: Variación temporal en el sistema de apareamiento de *Nothofagus nervosa*. XXX Congreso Argentino de Genética. 16-19 septiembre 2001, Mar del Plata, Argentina. P. 146.

Marchelli, P; Azpilicueta, M.M; and Gallo, L. 2002: Joint analysis of post-glacial migration in two southern beeches (*Nothofagus spp.*) DYGEN Conference. "Dynamics and conservation of genetic diversity in forest ecosystems". Strasbourg, France- 2-5 December 2002. Abstracts: P 157.

Azpilicueta, M.M. y Gallo, L.A. 2002: Variación genética alozímica como herramienta de diagnóstico para la conservación e interpretación evolutiva de los bosques de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. en Argentina. XXXI Congreso Argentino de Genética. La Plata, 17-20 septiembre de 2002. Actas. P.135.

Crego, P. y Gallo, L.A. 2002: Variación temporal en la hibridación natural entre *Nothofagus nervosa*, Raulí, (PHIL.) DIM. ET MIL. y *Nothofagus obliqua*, Roble Pellín, (MIRB.) OERST. XXXI Congreso Argentino de Genética. La Plata, 17-20 septiembre de 2002. Actas. P.136.

Gallo L.; Marchelli P; González Peñalba M; Chauchard L. y Vellido S. 2003: Genética de poblaciones en la definición de áreas protegidas. IV Simposio de recursos genéticos para América Latina y el Caribe. 10-14 de noviembre de 2003, Mar del Plata, Argentina. Libro de resúmenes. pp 158

Azpilicueta M.M; Marchelli P. y Gallo, L. 2004: Diversidad genética alozímica y de ADN de cloroplasto asociada a la localización de refugios glaciares en dos especies del género *Nothofagus*. II Reunión Binacional de Ecología. XI Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile

Crego . y Gallo L. 2004. Variación temporal y micro-espacial en características seminales del bosque mixto de *Nothofagus nervosa* y *N. obliqua*. Simposio Internacional IUFRO. Raulí, riqueza de los bosques templados: Silvicultura, genética e industria. Valdivia, Chile, 14-16 abril 2004. Actas P. 40.

Marchelli P. y Gallo L.A., 2004. Conservación y utilización de la variación genética en poblaciones argentinas de Raulí (*Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil.). IUFRO International Symposium, April 14 – 16 2004, Valdivia, Chile. Trabajo completo en CD, 17 pp

Crego M.P and Gallo, L. A. 2004: Phenological aspects of flowering affecting hybridization between two southern beeches (*Nothofagus spp.*). Southern Connection Congress, South Africa, January 2004.

Azpilicueta, M.M. y Gallo, L.A. 2004: ADN de cloroplasto: un acercamiento a la historia glaciaria de los bosques de *Nothofagus obliqua*. Actas del XXXIII Congreso Argentino de Genética. Malargüe, Mendoza, 26-29 septiembre 2004. In Journal of Basic and Applied Genetics. P 137.

Martinez Meier, A.G; Mondino V. y Gallo L.A. 2004: Evaluación de daños por heladas tardías enorígenes de Pino Oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) introducidos en el norte de la Región Andino-Patagónica Argentina. Actas del XXXIII Congreso Argentino de Genética. Malargüe, Mendoza, 26-29 septiembre 2004. In Journal of Basic and Applied Genetics. P 116.

Azpilicueta M M; Marchelli P and Gallo L 2005. Common and multiple ice-age refugia in two South American southern beeches (*Nothofagus spp.*) XXII IUFRO World Congress 8 – 13 August 2005, Brisbane Australia

Resultados

Pino ponderosa y *Pino oregón*

1. Selección de Individuos plus para la constitución de Huertos Semilleros

Se exploraron 1.500 ha.de Pino ponderosa y 386 ha.de Pino oregón, estimándose las respectivas intensidades de selección en 1:17.440 y 1:4.300. A través de la comparación del desempeño de cada individuo seleccionado con el comportamiento promedio de los testigos se obtuvo el valor fenotí-



Foto 6. Individuos plus de Pino ponderosa y Pino oregón.

pico para cada una de las categorías o criterios de selección (Foto 6). La sumatoria de los valores parciales de cada categoría nos da el Valor Fenotípico (VF) de un Individuo Plus.

O sea:

$$VF = \Sigma(\Delta \text{ Vigor} + \Delta \text{ Fuste} + \Delta \text{ Angrama} + \Delta \text{ nrorama} + \Delta \text{ Diamrama} \Delta \text{ Diamcop})$$

Donde:

Δ Vigor	Superioridad o inferioridad de AB respecto al promedio de los testigos
Δ Fuste	Superioridad o inferioridad de fuste respecto al promedio de los testigos
Δ Angrama	Superioridad o inferioridad de ángulo de ramas respecto al promedio de los testigos
Δ nrorama	Superioridad o inferioridad de número de ramas respecto al promedio de los testigos
Δ Diamrama	Superioridad o inferioridad de diámetro de ramas respecto al promedio de los testigos
Δ Diamcop	Superioridad o inferioridad de diámetro de copas respecto al promedio de los testigos

AB = Área Basal

Este VF es el resultado de la suma de su componente ambiental, genético y de desarrollo y en esta etapa no es posible diferenciar las proporciones de cada uno de ellos. Fue la herramienta utilizada para determinar umbrales de aceptación o rechazo de los individuos evaluados. Así fue como se priorizaron para la cosecha de semillas y para la propagación vegetativa los individuos de mayor VF, conformando éstos los huertos semilleros, tanto de progenies como clonales.

Cada individuo plus de Pino ponderosa y Pino oregón posee un soporte magnético a manera de ficha identificatoria. Allí se especifican características de sitio (pendiente, exposición), ubicación (latitud, longitud, elevación, establecimiento, propiedad), la clasificación de cada criterio evaluado y el valor que resulta de comparar con el promedio de los vecinos; un croquis de ubicación, foto y una descripción en palabras de cómo llegar al lugar. Se confeccionó un mapa a escala regional con Arc Explorer que permite la visualización de los individuos con una base de datos asociada. A escala predial se digitalizaron los rodales que se recorrieron y se identificaron los individuos seleccionados para su rápido reconocimiento a campo. Para ello se utilizó información disponible en las Direcciones de Bosques de las Pcias. de Neuquén, Río Negro y Chubut; y la aportada por cada uno de los propietarios de los establecimientos. Esta información se digitalizó utilizando el software Map Maker (versión libre) y Map Maker Pro 2.2.

Si las características que se pretenden mejorar estuvieran inversamente relacionadas, entonces modificaciones en alguna de ellas implicaría un perjuicio en las otras. Para ello es necesario adoptar un equilibrio de manera que la ganancia genética lograda en una de ellas no implique un perjuicio para las otras. Correlaciones fenotípicas negativas y significativas se pudieron establecer entre la selección por vigor y las características de forma de diámetro de ramas y tamaño de la copa para Pino ponderosa y Pino oregón. O sea que, si se hubiesen seleccionado los individuos solamente por su superioridad en volumen, se habrían obtenido consecuencias desfavorables en las características de forma.

2. Propagación vegetativa

La propagación vegetativa en Pino ponderosa utilizando la técnica de injertos arrojó resultados satisfactorios. Para el primer año de injertación el porcentaje promedio de prendimiento fue superior al 50%. La variación del prendimiento de los injertos dependió fuertemente del clon, con valores promedios para cada clon que en algunos sitios de injertación y años varió de 97,5% a 7,3%. La edad de los árboles fue otro de los factores que más influyó en el porcentaje de prendimiento. En uno de los años el promedio de prendimiento para los injertos realizados con púas de individuos de más de 40 años fue del 18 % mientras que individuos plus con una edad promedio de 20 años tuvieron un porcentaje de prendimiento de 66 %. Mediante este procedimiento operativo de propagación vegetativa y con la coordinación y colaboración

del personal de los viveros de INTA y de la Provincia de Neuquén en Huinganco se pudieron obtener los ramets necesarios para la instalación de los primeros huertos semilleros clonales de Pino ponderosa en la región Patagónica.

En la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Bariloche se instaló en el año 2001 un banco clonal de Pino ponderosa que fue ampliado en los sucesivos años, contando en la actualidad con 89 clones y 198 ramets. Este Banco Clonal es una herramienta para la conservación de los individuos plus seleccionados en la primera generación de mejoramiento genético de la especie en Patagonia. Nos permitirá ensayar líneas de mejoramiento a través del desarrollo de cruzamientos controlados entre las familias elite que del programa de mejora que se destaquen en las pruebas de progenie de polinización abierta ya instaladas.

3. Áreas Productoras de Semillas

Las APS (Cuadro 1) se encuentran en distinto grado de intervención, algunas de ellas en plena producción de semillas con un leve grado de mejora genética. Todas las APS del Programa de Mejoramiento se encuentran inscriptas en el Instituto Nacional de Semilla (INASE) como fuentes proveedoras de semilla y han recibido en distintos años las inspecciones del organismo con el objetivo de constatar la existencia, metodología, traslado y acondicionamiento de la semillas cosechadas de dichas áreas de producción de semillas.

Para mejorar la calidad de la semilla que comercializaban los campos anexos de INTA se modernizó la planta procesadora de semillas forestales que la EEA INTA Bariloche posee en el Campo Forestal General San Martín de El Bolsón. Con aportes de la SAGPYA dentro del marco del Proyecto Forestal de Desarrollo se adquirió una maquina para la limpieza y clasificación de semillas que mejoró significativamente la calidad de las mismas (Foto 7). Desde la adquisición de la máquina limpiadora y clasificadora, se incrementó significativamente la pureza de la semilla de 60 a 97 % y se puede clasificar por tamaño si fuera necesario. Ambas posibilidades permiten una mayor eficiencia en las tareas de siembra, mejorando sustancialmente el porcentaje de germinación y por lo tanto la reducción de los costos de producción de plantines. Para Pino ponderosa se pasó de sembrar 50 g/m² a 20-25 g/m², mientras que en Pino oregón se redujo la densidad de siembra de 20 a 10 g/m².

Los viveros que adoptaron la tecnología de pro-

Cuadro 1. Ubicación y superficie de las Áreas Productoras de Semilla en Pino ponderosa y Pino oregón.

Especie	Rodal	Superficie (ha)	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
Pino oregón					
1	EAT	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 oregón		25.3			
Pino ponderosa					
4	Los Cipreses	7	43° 08' 10"	71° 31' 25"	420
5	EAT	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			

ducción en contenedores mejoraron el proceso de producción, al obtener una semilla de mejor calidad en pureza y capacidad germinativa. Debido a esta mejora, aumentó en un 150% la demanda de procesamiento de semilla por parte de los viveros privados. Previa a la adquisición de esta máquina, por razones de capacidad operativa y de calidad del servicio prestado, el INTA prácticamente procesaba y almacenaba semilla de su propia cosecha. Adicionalmente, la mejor calidad de la semilla junto con la evaluación ocular de los árboles y APS selectas por parte de investigadores chilenos abrió

para el INTA Bariloche un mercado de venta de semilla de Pino ponderosa al vecino país a precios más elevados.

4. Huertos Semilleros

El porcentaje de prendimiento de los ramets de Pino ponderosa llevados a campo fue superior al 90 % al primer año de la plantación, apareciendo en los años sucesivos algunas incompatibilidades entre “ramets” y “ortets” comunes en los injertos. En Pino ponderosa, se instalaron tres huertos clonales (Foto 8), el primero de ellos se instaló en Huinganco. Además, se instalaron dos huertos semilleros de progenie, uno ubicado en el Vivero



Foto 7 - Máquina limpiadora y clasificadora de semillas. Campo Forestal San Martín, El Bolsón, EEA INTA Bariloche.



Foto 8 - Huerto semillero clonal de Pino ponderosa en El Bolsón.

Cuadro 2. Descripción de los Huertos Semilleros de Pino ponderosa y Pino oregón.

Especie	Sitio	Huerto	Plantación	Número de clones o progenies
Pino ponderosa	Trevelin	HSC	2001	65
Pino ponderosa	Huinganco	HSC	2001	50
Pino ponderosa	El Bolson	HSC	2002	55
Pino ponderosa	Chos Malal	HSP	2003	28
Pino ponderosa	Trevelin	HSP	2004	32
Pino oregon	Trevelin	HSP	2003	20
Pino oregon	El Bolson	HSP	2003	15
Pino oregon	Huinganco	HSP	2003	18
Pino oregon	El Bolson	HSP	2004	23

HSC = Huerto Semillero Clonal
HSP = Huerto Semillero de Progenies

de la Provincia de Neuquen en Chos Malal y el otro en el Estación Agroforestal Tevelin. Estos huertos de progenie poseen un diseño de parcela monoárbol completamente aleatorizado y cada familia o progenie se repite 40 veces.

Con Pino oregón se instalaron solamente huertos semilleros de progenie que poseen las mismas características de diseño; tres huertos en campos de INTA y uno en el Vivero Provincial de Huinganco, siendo éste tal vez el único de los huertos de progenie que se encuentra fuera del área actual de plantación de Pino oregón. Estos huertos además de estar instalados en sitios representativos de plantación para cada una de las especies cumplen con los requisitos de aislamiento de fuentes de contaminación de polen externo (Cuadro 2).

5. Ensayos genéticos

5.1 Pruebas de Progenie

No todos los individuos plus produjeron abundante cantidad de semillas durante el transcurso del período de cosecha. A la fecha se cuenta con una colección de 65 progenies de polinización abierta de Pino ponderosa y 27 de Pino oregón en los ensayos de campo. Es necesario continuar con la cosecha de semilla de Pino oregón en los años venideros con el objetivo de aumentar el número de árboles plus evaluados genéticamente y para instalar nuevos huertos semilleros. Los resultados de las pruebas de progenie de Pino ponderosa muestran diferencias en el crecimiento de la altura promedio a los dos años de edad entre la descendencia de árboles seleccionados con respecto

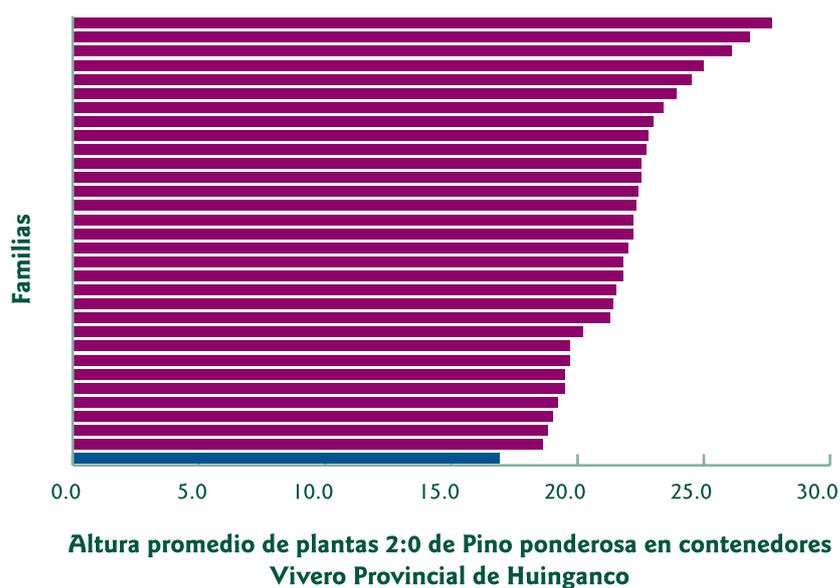
al testigo comercial que en algunos casos supera el 50 % (Gráfico 1).

La instalación de los ensayos de progenie (Cuadros 3 y 4) fue posible gracias al compromiso asumido por cada uno de los participantes del Programa de Mejoramiento y el interés demostrado por parte de productores y empresas prestadoras de servicios forestales de la región, quienes pusieron a nuestra disposición el personal necesario para la realización de las tareas de acondicionamiento y plantación de los ensayos de progenie. El análisis de esta red de ensayos será la base para la selección de los clones y familias que constituyen los huertos semilleros clonales y de progenies que se encuentran instalados.

5.2 Ensayos de procedencias

En noviembre de 2002 una helada tardía, en pleno inicio de brotación, afectó fuertemente uno de los ensayos de Pino oregón lo que permitió evaluar el porcentaje de daño sobre las distintas procedencias. Se registró el daño provocado por heladas de primavera de hasta -7° C de mínima absoluta. Se estableció una fuerte correlación significativa entre el porcentaje de daño por heladas con la longitud (asociación positiva) y altitud del origen de la semilla (asociación negativa) y moderada con el crecimiento (asociación negativa), aunque con una dispersión de la variación que permitiría una evaluación y selección simultánea de rendimiento y susceptibilidad para extender el cultivo de la especie hacia áreas con mayor riesgo de heladas.

Gráfico 1.- Resultados de las pruebas de progenie de Pino ponderosa. Diferencias en la altura promedio entre la descendencia de árboles selectos y un testigo comercial.



Cuadro 3. Descripción de los Ensayos de Progenie de Pino oregón.

Especie	Sitio	Año de Plantación	Nº de Progenies	Tipo de Parcela	Dist de Plantación (m)
Pino oregón	Alumine	2003	13	monoárbol	2*2
Pino oregón	EAT	2003	20	monoárbol	3*3
Pino oregón	CFGSM	2003	15	monoárbol	3*3
Pino oregón	Huínganco	2003	18	monoárbol	3*3
Pino oregón	CFGSM	2004	23	monoárbol	2.5*2.5

Cuadro 4. Descripción de los Ensayos de Progenie de Pino ponderosa.

Especie	Sitio	Año de Plantación	Nº de Progenies	Tipo de Parcela	Dist de Plantación (m)
Pino ponderosa	EAT	2002	34	poliárbol	3*3
Pino ponderosa	Cuesta del Ternero	2002	21	monoárbol	3*3
Pino ponderosa	Leleque	2002	27	monoárbol	3*3
Pino ponderosa	Manzano Amargo	2002	31	poliárbol	3*3
Pino ponderosa	Río Pico	2002	16	monoárbol	3*3

Pino ponderosa	EAT	2003	20	monoárbol	3*3
Pino ponderosa	Chos Malal	2003	28	monoárbol	3*2
Pino ponderosa	Las Lagunas	2003	16	monoárbol	3*3
Pino ponderosa	Perito Moreno	2003	11	monoárbol	2*2
Pino ponderosa	EAT	2004	33	monoárbol	3*3
Pino ponderosa	Nahuel Pan	2004	22	poliárbol	3*3

5.3 Calidad de madera

Si bien este aspecto no estaba previsto en los objetivos iniciales del proyecto, se realizaron estudios exploratorios sobre la variación de la densidad básica de la madera y la posible eficiencia de selección para este criterio en una porción de los individuos plus y testigos que constituyen la población de selección por características de vigor y forma en este primer ciclo. Para ello se tomaron muestras con barrenos de 12 mm de diámetro al DAP y se enviaron al Laboratorio de Tecnología de la Madera del CIEFAP. No se encontraron relaciones significativas entre la densidad básica de la madera y el valor fenotípico de los individuos plus. Esto nos indicaría que, los criterios de selección utilizados y la ponderación de cada uno de ellos (determinantes del valor fenotípico) no afectarían la densidad básica de la madera, lo cual permitirá incorporar como criterio de selección a la densidad básica sobre la población de selección del primer ciclo de mejoramiento genético.

Se elaboró, gestionó y logró la aprobación de la Comunidad Europea de un proyecto sobre aspectos genéticos de la calidad de madera (GEMA) dentro del marco del programa de intercambio y formación académicas denominado ALFA. En el marco de este programa varios jóvenes investigadores de INTA y de universidades argentinas se encuentran realizando estudios de post-grado. En nuestro caso se intensificará por un lado, el estudio de la densidad de madera y proporción de leño temprano y tardío en Pino ponderosa y Pino oregón en relación con variables climáticas y se analizará, por otro, la existencia de genes candidatos que controlen esta característica.

Nothofagus

1. Identificación de orígenes

Se identificaron 29 y 14 orígenes de Raulí y Roble Pellin, respectivamente.

2. Cosecha de semilla

Los orígenes identificados se cosecharon durante cuatro años consecutivos. Se analizaron características como producción, peso y daño ocasionado por insectos tanto entre poblaciones como entre años. En Raulí se observó una gran variación en las características seminales evaluadas, encontrándose que la producción de semillas tiene una periodicidad bianual con años de producción extraordinaria. Estos resultados indicaron que los mejores años tanto para estudios de genética poblacional como para producción en vivero son aquellos en que la producción es abundante.

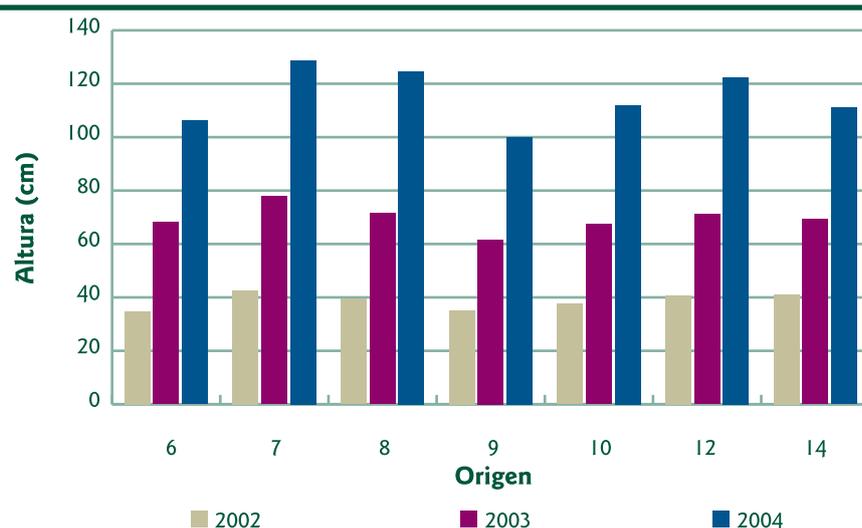
Actualmente la semilla conforma un banco ubicado en una cámara de frío instalada para tal fin en instalaciones del vivero de la EEA INTA Bariloche.

3. Huertos semilleros y ensayos en vivero y a campo

Aprovechando la posibilidad de identificación inequívoca de híbridos naturales entre Raulí y Roble se comparó el crecimiento y la fenología de los híbridos con respecto al comportamiento de ambas especies parentales. Se observó que en todas las familias de polinización abierta los individuos más vigorosos resultaron ser híbridos aunque no todos los híbridos presentaron un crecimiento destacado. Por otro lado, se observó que el crecimiento de los híbridos se alarga más en el verano tardío por lo que son más susceptibles al daño provocado por heladas tempranas.

Los ensayos de vivero proporcionaron una valiosa información en cuanto a características de sobrevivencia, crecimiento, fenología y morfología. En el caso de Roble Pellin, el origen Quillén 7 fue el que alcanzó la mayor altura en los tres años de crecimiento en vivero (Gráfico 2), y este resultado, junto a otras características evaluadas en este rodal fueron el motivo por el que este origen se consti-

Gráfico 2.- Altura de orígenes de Roble Pellín en vivero en tres años consecutivos de mediciones.



**Altura orígenes Roble en vivero.
Tres años de mediciones**

Cuadro 5. Descripción de los Ensayos de Orígenes y Progenies de Raulí y Roble Pellín.

Especie	Sitio	Tipo de ensayo	Año de plantación	Nro de Orígenes/Progenies
Raulí	Yuco	Progenies (Tromen-Lacar)	1999	8 tromen/4Lácar
Raulí	Yuco	Orígenes	1999	20
Raulí	Yuco	Progenies (Bahía Azul)	2000	17
Raulí	Yuco	Orígenes	2000	22
Raulí	Trevelin	Progenies (Lácar)	1997	19
Raulí	Trevelin	Progenies (Tromen, Espejo, Pucará, Lácar) *	1999	27
Raulí	Trevelin	Orígenes	1999	18
Raulí	Trevelin	Orígenes	2000	22 (1 Chile)
Raulí	Trevelin	Progenies (Bahía Azul) *	2000	22
Raulí	Trevelin	Progenies (Tromen) *	2001	22
Raulí	Pucará	Progenies Lácar	1997	11
Raulí	Santa Lucía	Orígenes	2000/2002	15
Roble Pellín	Vivero Pcial. Manzano Amargo	Progenies Las Lagunas	2004	17
Roble Pellín	Campo Forestal INTA Trevelin	Progenies Las Lagunas *	2004	20
Roble Pellín	Ea. Santa Lucía, Meliquina	Progenies Quila-Quina	2004	13
Roble Pellín	Quilanhue, Parque Lanín	Orígenes	2004	10

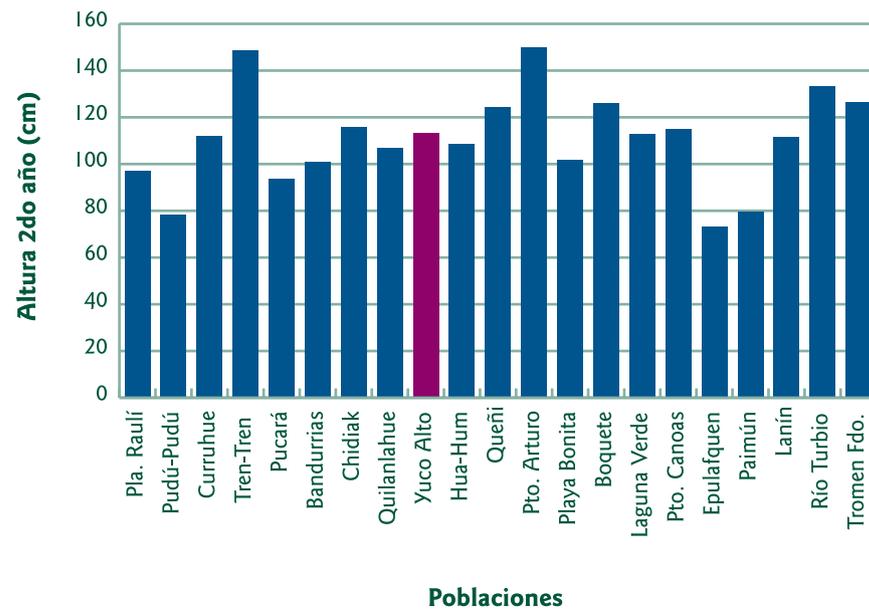
* diseño instalado con parcela monoárbol que será transformado en el futuro en huerto semillero de progenies

tuyó en una de las APS de Roble seleccionadas. En campo se instalaron 7 ensayos de progenies de Raulí y 3 de Roble así como también 5 ensayos de orígenes de Raulí y 1 de Roble (Cuadro 5). Los ensayos de progenies con parcela monoábol se constituirán en el futuro en Huertos Semilleros de Progenies y fueron instalados en el Campo Forestal de Trevelin del INTA (Foto 9). En estos ensayos se evaluó supervivencia al año de instalación y se realizaron mediciones anuales de características morfométricas como altura. Se observa una gran variación entre orígenes en el crecimiento inicial en altura resultando varios orígenes superiores a la semilla procedente de la misma población del sitio de ensayo. (Gráfico 3).



Foto 9 - Huerto semillero de Raulí en Campo Forestal Trevelin INTA Esquel, en sitio con regeneración post-incendio.

Gráfico 3.- Evaluación de altura al segundo año en ensayo de orígenes de Raulí en Yuco Alto, Lácar.



4. Análisis genético de los orígenes

Se analizó la variación genética de los distintos orígenes con marcadores génicos isoenzimáticos y de ADN de cloroplasto mostrando los primeros, altos niveles de variación. Mientras en Raulí las poblaciones más diversas resultaron aquellas situadas hacia el oeste de la distribución en Argentina, con el mayor porcentaje de hibridación con *N. obliqua* hacia el este, en Roble las poblaciones del este de la distribución presentaron la mayor diversidad genética agrupándose en cuanto a su diferenciación genética. En Roble, serían estas poblaciones del este las que podrían llegar a tener mayor potencialidad de

éxito en plantación, fuera del área de distribución de la especie en condiciones más xéricas. Los marcadores de cloroplasto permitieron inferir la posible localización de refugios glaciarios en ambas especies y así, definir áreas prioritarias para la conservación. Asimismo, se establecieron en base a los resultados de la combinación de ambos marcadores, zonas de transferencia de semilla. Fueron desarrollados e identificados 8 marcadores microsátélites que ya están siendo utilizados en estudios de flujo polínico y que serán de gran utilidad para el monitoreo de contaminación genética vía polen en los huertos semilleros (Foto 10).

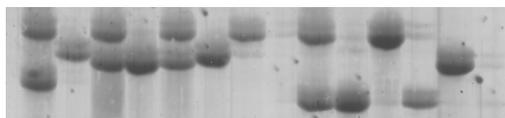


Foto 10 - Gel de microsatélites mostrando los distintos fenotipos de una familia de medio hermanos (izquierda de la foto) de Roble Pellín.



Foto 11 - Rodal semillero de Raulí en Yuco Alto.

5. Áreas productoras de semillas

En función de características de importancia adaptativa de la semilla, el rendimiento de las plantas en vivero y la diversidad genética detectada se definieron inicialmente cuatro áreas productoras de semillas por especie (Foto 11) que son cosechadas anualmente en coordinación con la Administración de Parques Nacionales (Parque Nacional Lanín) (Cuadro

6). La semilla de APS se comercializa, acompañada por una certificación de calidad detectándose una demanda que aumentó en cinco veces desde el inicio del proyecto.

Cuadro 6. Nombre y ubicación de las ocho Áreas Productoras de Semillas de Raulí y Roble Pellín que se cosechan anualmente.

Especie	APS	Latitud	Longitud	Altitud (m snm)
Raulí	Yuco	40° 07' 48"	71° 34' 48"	930
	Quila Quina	40° 12' 00"	71° 25' 48"	930
	Hua Hum	40° 10' 12"	71° 40' 12"	940
	Curruhue	39° 51' 00"	71° 29' 24"	970
Roble Pellín	Yuco	40° 09' 07"	71° 30' 39"	930
	Pío Protto	40° 06' 48"	71° 14' 31"	980
	Quillén Corral de Bueyes	39° 22' 16"	71° 17' 31"	1140
	Pilolil	39° 30' 05"	70° 57' 44"	836

Recomendaciones

La falta de infraestructura industrial básica, la gran distancia a los centros de consumo y los comparativamente largos turnos de corta final de las plantaciones forestales hacen que la región Andino Patagónica se encuentre en desventaja competitiva respecto a otras regiones del país. Esto puede ser reducido en parte, orientando la producción forestal a madera de calidad, entendiendo por calidad al total de los atributos que contribuyen a la satisfacción de las necesidades de un producto determinado. En Pino ponderosa resulta importante incorporar criterios de selección que se encuentren directamente relacionados con las propiedades de la

madera tales como disminución de la proporción de madera juvenil, eliminación de tensiones durante los procesos de secado y mejora de la estabilidad dimensional de los productos madereros.

En Pino oregón, especie reconocida a nivel mundial por la calidad de sus productos maderables, sería necesario ampliar el área de cultivo hacia sitios menos favorables que los utilizados actualmente. Para ello se requiere continuar con la introducción y evaluación de procedencias más resistentes y/o tolerantes a heladas y con la selección, en las actuales plantaciones, de aquellos genotipos que combinen atributos de crecimiento y forma con características adaptativas a condiciones ambientales más severas.

El cambio climático global presenta una nueva problemática en el campo de la conservación de los recursos naturales y su uso productivo, habiéndose originado en los últimos años eventos de extrema sequía acompañados por distintos grados de afectación en arboles, tanto de poblaciones naturales como de plantaciones (Davel *et al.* 1999, Rozenberg *et al.* 2004), desde necrosis parcial de copa hasta la muerte de algunos individuos. El conocimiento de la reacción de los árboles a estos desbalances hídricos provocados por una alta demanda atmosférica, permitiría seleccionar individuos por sus características de adaptación y asegurar la estabilidad de la producción forestal de las próximas décadas.

Los patrones de variación genética en Raulí permitieron definir seis áreas de transferencia de semillas y áreas prioritarias para la conservación (oeste Lácar y Lolog) y como fuentes de semillas para futuros planes de mejoramiento y plantaciones comerciales. Estos primeros resultados deberán ser ratificados o rectificadas en función de los patrones de variación que se obtengan en las características de valor adaptativo medidas en los numerosos ensayos de campo. En Roble, los rodales prioritarios para conservación y como fuentes de variación genética estarían ubicados en las poblaciones orientales de su área de distribución natural. Resulta interesante para tener en cuenta en los programas de mejoramiento de estas especies la posibilidad de hibridación interespecífica lo que permitiría generar una nueva fuente de variación donde seleccionar genotipos superiores con posibles combinaciones de características deseables de ambas especies. Los ensayos instalados irán produciendo la información necesaria para la mejora y domesticación tendientes a llevarlas al cultivo comercial con fines de producción de madera de calidad para usos sólidos.

Impactos logrados

Desde 1999 hasta la fecha se han cosechado 65 kg de semilla de Pino oregón y 389 kg de Pino ponderosa de las Áreas de Producción de Semilla (APS) lo que equivale a un potencial de plantación de 2600 ha. y 3500 ha. respectivamente para cada una de las especies con semilla levemente mejorada.

Se dispone entre 50 y 65 clones de Pino ponderosa manejados para la producción de semilla genéticamente mejorada, en tres HSC ubicados en las estaciones forestales de INTA y de la Dirección de

Bosques del Neuquén. Los alentadores resultados de la selección realizada observados en características iniciales de crecimiento en vivero, permiten predecir una importante ganancia genética de los Huertos Semilleros Clonales que superará el 30 % en crecimiento volumétrico con respecto al testigo comercial. Se estima que se podrán cosechar inicialmente 300 kg de semilla con relevante grado de mejora que podrá ser suministrada a los principales viveros forestales de la región a partir del año 2015 y que permitirá forestar inicialmente una superficie anual de 3300 has con material mejorado.

La modernización de la Planta de Procesamiento de Semillas del Campo Forestal General San Martín permitió mejorar sensiblemente la calidad de la semilla lo que produjo un fuerte impacto en las técnicas de viverización de los viveros de la región. Se redujo la densidad de siembra, motivó a la adopción de tecnología de cría en contenedores, incrementó la demanda de los servicios de limpieza y clasificación por parte de viveros privados y facilitó el acceso al mercado internacional de ventas de semilla.

La instalación de una red de ensayos de progenies en varios campos de productores privados no sólo posee la importancia técnica para la estimación de parámetros genéticos, de la interacción genotipo-ambiente y del valor de mejora de los árboles plus sino que se constituyó en una fuerte estrategia de vinculación con el sector productivo privado que reconoció el positivo accionar del PFD a través del INTA.

Los incipientes estudios de calidad de madera como nuevo criterio de selección iniciaron los contactos con el sector privado industrial. Por otro lado, la aprobación de un programa de formación académica (GEMA) con la Comunidad Europea en aspectos relacionados con la genética de la madera, que se gestionó desde nuestro Subprograma y en el que participan jóvenes investigadores de diferentes unidades de INTA y universidades argentinas, tendrá sin lugar a dudas un fuerte impacto en la mejora de la calidad de madera en el país.

La introducción de nuevas procedencias y fuentes de semilla de otros programas de mejoramiento cuyo impacto sobre el programa de mejora era esperable en el mediano y largo plazo, nos sorprendió con resultados rápidos y contundentes sobre la selección de procedencias de Pino oregón resistentes a heladas tardías, una de las principales causas de la limitación de uso de esta importante especie en sitios marginales.

Importantes empresas forestales de la región que al inicio del programa se mostraron renuentes a participar, en vistas de los resultados obtenidos en estos años, terminaron solicitando la participación activa en el mismo.

En función de los resultados obtenidos en los estudios de variación genética sobre la ubicación de áreas de alta diversidad genética en Raulí, las autoridades del Parque Nacional Lanín modificaron el estatus de protección de la zona Hua-Hum-Boquete ubicada en Área de reserva con aprovechamiento del recurso maderero a Área de Reserva con uso turístico (sin posibilidad de corta del bosque nativo), aumentando de ese modo el grado de protección de la misma. Este sería el primer caso en el país y uno de los pocos en el mundo en donde el estatus de protección de un área boscosa se define en función de datos de diversidad genética.

Se iniciaron tareas de sustitución y/o enriquecimiento de plantaciones de pinos con ambas especies de *Nothofagus*. Esta novedosa modalidad en la región, que fue utilizada para brindar protección de media sombra a los ensayos y parcelas demostrativas motivó el interés por la plantación experimental de Raulí y Roble por parte de varios propie-

tarios de predios con plantaciones de pino, prácticas casi inexistentes en la región. La demanda de semilla y plantas de estas especies nativas aumentó en cinco veces desde el inicio del programa.

La adquisición de equipamiento para el desarrollo en la Unidad de Genética Forestal de diferentes marcadores genéticos bioquímicos y moleculares puede considerarse de alto impacto. Con estas herramientas se abre en el futuro un abanico de posibilidades en aplicaciones tecnológicas y de investigación para la certificación de material y el monitoreo de los programas de mejoramiento tanto especies nativas como introducidas. Entre las aplicaciones previstas se destacan estudios de contaminación polínica de huertos, estimación de tasas de endogamia, efectos de la selección sobre la diversidad genética, instalación de futuros huertos semilleros, análisis de parentesco, etc.

Por último, el Subprograma patagónico permitió el inicio de la consolidación de un grupo de trabajo en genética y mejoramiento genético forestales y la interacción con otros grupos disciplinarios dentro de INTA, con otras instituciones y con numerosos productores privados y las principales empresas forestales de la región.

Referencias

- Andenmatten E., Rey M. y Letourneau F. 1995. Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco). Índice de Densidad de Reineke para la región Andino Patagónica. Comunicación Técnica Área Forestal. Silvicultura, No. 11. Actas Cuartas Jornadas Forestales Patagónicas, San Martín de los Andes, Neuquén; UNC, CIEFAP, INTA-SAGYP, PNL-APN, SFA, CFN; 24 – 27. Tomo I: 229–252.
- Davel M., Barroetaveña C., Rajchenberg M., 1999. Muerte del Pino Oregón por sequía en la región Andino Patagónica. Año V – Nro. 2: 2-3.
- Davel M. y Ortega A., 2003. Estimación del índice de sitio para pino oregón a partir de variables ambientales en la Patagonia Andina Argentina. Bosque (Valdivia), ene. 2003, vol.24, No.1: 55-69.
- Gallo, L., 1979. Analogías climáticas como guía para la introducción de Pino oregón, Pino ponderosa y Pino contorta en la Región de los Bosques Subantárticos. Informe de Beca Estudiante INTA Castelar. 13 pp.
- Enrici J. A., Pasquini N. y Picco O. A., 1995. Ensayo de orígenes de *Pinus ponderosa* Laws. y *Pinus contorta* Dougl. en cinco sitios del oeste de Río Negro y Chubut. Actas de las IV Jornadas Forestales Patagónicas, Tomo I, 26 al 27 de octubre, San Martín de los Andes, Argentina.
- Laclau P y Andenmatten E, 2005. La calidad de sitio y el negocio forestal. IDIA XXI Forestales: 230-232.
- Ledig, T., 1974. An Analysis of Methods for the Selection of Trees from Wild Stands. Forest Science, Vol. 20, No. 1: 2-16.
- Rehfeldt, G. & 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.
- Rey M., Andenmatten E. y Letourneau F., 1995. Tarifa de volumen para pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) en la Región Andina de las Provincias de Río Negro y Chubut. Actas Cuartas Jornadas Forestales Patagónicas, San Martín de los Andes, Neuquén, UNC, CIEFAP, INTA, SAGYP, PNL APN, SFA, CFN. 24 – 27 de Octubre 1995. Tomo I: 306-311.
- Rozenberg P. & Pâques L., 2004 Evidence of the effect of the climate of year 2003 on Douglas-fir and larch wood formation in France, abstract in proceedings of conference "Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests", 17-19 November, Freiburg, Germa

Responsable Técnico:

Dr. Leonardo Gallo (INTA Bariloche)

Responsables Ejecutivos:

Ing. Ftal. Alejandro Martínez Meier (SAGPyA – INTA Bariloche)

Ing. Ftal. Víctor Mondino (Fontar – SAGPyA – INTA Esquel)

Participantes:

Ing. Ftal. María Marta Azpilicueta (INTA Bariloche)

Ing. Ftal. Gustavo Basil (INTA Bariloche)

Ing. Agr. Matías Fariña (Dirección de Bosques y Fauna de la Pcia de Neuquén)

Téc. Ftal. Liliانا Lozano (Parque Nacional Lanín-APN)

Dra. Paula Marchelli (INTA Bariloche- CONICET)

Ing. Ftal. Marcelo Peñalba (Parque Nacional Lanín-APN)

Ing. Ftal. Luis Tejera (INTA Esquel)

Personal Técnico de apoyo de :

Vivero Forestal de la Unidad de Genética Forestal (INTA Bariloche)

Campo Forestal General San Martín (CFGSM El Bolsón, INTA Bariloche)

Estación Agroforestal Trevelin (EAT Trevelin, INTA Esquel)

Vivero Provincial de Huíngan-co (Dirección de Bosques y Fauna de la Pcia de Neuquén)

Ea. Santa Lucía.

Ea. Lemu Cuyen

Instituciones:

Dirección Provincial de Bosques y Fauna de la Provincia del Neuquén (DPByFPN)

Vivero Provincial de Huínganco.

Asentamiento Universitario San Martín de los Andes (AUSMA)

Parque Nacional Lanín (APN)