

TECNICATURA EN VIVEROS
INFORME DE PRÁCTICA LABORAL

“Programa de mejora genética de baja intensidad para la domesticación del Ciprés de la Cordillera en Patagonia”



Fotografía: Everett Hansen

Mayo – Septiembre 2013
San Carlos de Bariloche

Alumna: Maria Pilar Lasmartres

Directora TEVI: Gustavo Sanchez

Docente de Práctica Profesional: Ariel Mazzoni

Tutor: Martha Riat

INDICE:

1. DATOS CONCERNIENTES A LA PRÁCTICA LABORAL.....	4
2. OBJETIVO DE LA PRÁCTICA LABORAL.....	4
3. GENERALIDADES DE LA EEA INTA BARILOCHE Y AREA FORESTAL.....	5
3.1. Estación experimental agropecuaria INTA Bariloche.....	5
3.2. Área forestal.....	5
3.2.1. Grupos de trabajo.....	6
3.2.1.1. Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal.....	6
3.2.1.2. Integrantes del grupo.....	6
3.2.2. Infraestructura del área forestal.....	6
3.2.2.1. Invernáculos.....	6
3.2.2.2. Provisión de agua para riego.....	11
3.3. Consideraciones ambientales, climáticas y edafológicas de la Región Andino patagónica.....	10
3.3.1. Zona cordillerana donde se ubica Bariloche y zonas de influencia:.....	10
3.3.1.1. Clima.....	10
3.3.1.2. Relieve.....	11
3.3.1.3. Suelos.....	11
4. INTRODUCCIÓN.....	12
5. AMENAZAS Y PROBLEMÁTICA COYUNTURAL DE LA ESPECIE.....	13
6. CONSERVACIÓN DE BOSQUES NATIVOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO.....	14
6.1. Manejo para la conservación de las especies.....	14
6.2. Estrategias de conservación del bosque.....	14
6.2.1. Conservación in situ.....	15
6.2.2. Conservación ex situ.....	15
6.2.2.1. Propósitos de la conservación ex situ.....	15
6.2.2.2. Almacenamiento ex situ de recursos filogenéticos.....	15
7. MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL.....	16
7.1. Etapas del mejoramiento forestal.....	16
7.2. Objetivos de un programa de mejoramiento forestal.....	16

8. PRUEBAS DE PROCEDENCIA Y PROGENIE.....	17
8.1. Procedencia.....	17
8.2. Progenie.....	17
9. BIOTECNOLOGÍAS BASADAS EN MARCADORES MOLECULARES.....	18
10. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE BAJA INTENSIDAD PARA LA DOMESTICACIÓN DEL CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN PATAGONIA.....	20
10.1. Información taxonómica de la especie.....	20
10.2. Distribución natural del Ciprés de la cordillera.....	21
10.3. Antecedentes y fundamentos del Programa.....	23
10.4. Programa de mejoramiento de baja intensidad.....	25
10.4.1. Objetivos del programa.....	25
10.4.2. Orden de prioridades para el cumplimiento de objetivos.....	26
10.4.3. Uso de material genético en el programa.....	26
10.4.3.1. Unidades operativas de manejo genético.....	27
10.5. Etapas del programa comprendidas en la práctica laboral y evolución general del mismo.....	28
10.5.1. Cosecha de semillas en poblaciones representativas de la cuenca.....	29
10.5.2. Apertura de conos y secado, limpieza, almacenamiento y clasificación de semillas.....	32
10.5.3. Separación y limpieza de los lotes de semillas.....	32
10.5.4. Disposición y almacenamiento de los lotes de semillas.....	33
10.5.5. Preparación de los lotes de siembra.....	33
10.5.6. Tratamientos pregerminativos.....	36
10.5.7. Preparación de sustratos de siembra y acondicionamiento del invernáculo.....	37
10.5.8. Siembra.....	37
10.5.9. Repique post-emergencia.....	38
10.6. Etapas subsiguientes del programa no comprendidas en la práctica laboral.....	40
10.6.1. Cría de plantas en vivero.....	40
10.6.2. Transplante a campo.....	41
10.7. Etapa final del programa.....	41
10.7.1. Selección y generación de materiales básicos de propagación.....	41
10.7.2. Forestaciones demostrativas.....	41
10.8. Impactos esperados.....	42
11. CONCLUSIONES.....	43
12. AGRADECIMIENTOS	
13. BIBLIOGRAFIA.....	43

1. DATOS CONCERNIENTES A LA PRÁCTICA LABORAL

Lugar: Estación experimental agropecuaria (EEA) INTA Bariloche – Patagonia Norte,
“Área forestal – Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal”.

Ubicación de la EEA Bariloche: Modesta Victoria 4450 (8400), San Carlos de Bariloche Río Negro

Fecha de realización de la práctica laboral: Mayo-Junio-Julio y Agosto de 2013

Horas trabajadas: 120 horas

Director del programa: Dr. Mario Pastorino

Tutor de la práctica: Ing. Forestal Alejandro Aparicio

2. OBJETIVO DE LA PRACTICA LABORAL

2.1. Objetivo general:

Realizar una práctica laboral para obtener el título de Técnico en Viveros, sobre un tema que me resultara aplicable al interés productivo que me motivó a estudiar la carrera.

Participar de un proyecto productivo de envergadura con objetivos específicos

En el contexto del año 2013, donde se iniciaba en el área forestal de la EEA INTA Bariloche, el “Programa de mejora genética de baja intensidad para la domesticación del Ciprés de la Cordillera en Patagonia” y a través de un convenio firmado con la UNRN para llevar a cabo las prácticas laborales de los estudiantes de la TEVI, surgió la oportunidad de involucrarse en parte del programa mencionado.

2.2. Objetivos específicos:

- Adquirir conocimiento sobre conceptos y procesos básicos para lograr la domesticación de especies nativas.
- Participar en el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto que involucre desde la recolección de semillas hasta la siembra y repique de la totalidad de plantas involucradas.
- Aprender a planificar etapas, sistematizar procesos y resolver contingencias.
- Familiarizarse con el uso de tecnología aplicada a viveros productivos.
- Calcular insumos, proyectar y aplicar los mismos de forma correcta.

3. GENERALIDADES DE LA EEA INTA BARILOCHE Y AREA FORESTAL

3.1. Estación experimental agropecuaria INTA Bariloche



Figura 1. Ubicación del INTA Bariloche

Fuente: Google Earth
Latitud: 41°7'23.17"S
Longitud: 71°15'3.43"O
810 msnm

INTA Bariloche depende del Centro Regional Patagonia Norte que articula sus actividades territoriales a través de tres Estaciones Experimentales en las provincias de Río Negro y Neuquén.

La Unidad está organizada en base a 4 áreas de trabajo:

- Producción animal
- Recursos naturales
- Forestal
- Desarrollo rural

3.2. Área forestal

El INTA desarrolla e incorpora tecnologías que contribuyan a obtener productos maderables y no maderables de calidad, mejorando la competitividad de la silvicultura, a través del mejoramiento genético, la conservación de la diversidad de especies forestales, la protección sanitaria, el conocimiento de las propiedades tecnológicas de los productos y el manejo, considerando los servicios ambientales que brinda el bosque (Recuperado de: <https://inta.gob.ar/forestales>)

El contexto geográfico para los trabajos del Área abarca en general las zonas de Cordillera y pre-cordillera, desde el norte de Neuquén hasta el centro-sur de Chubut. En esta región hay aproximadamente 3 millones de hectáreas de bosques nativos, 80 mil ha de forestaciones y más de 800.000 ha con aptitud forestal. Este amplio territorio se caracteriza por una gran heterogeneidad ambiental y la ocurrencia de eventos extremos, sobre todo por sus veranos secos como principal limitante para la producción forestal.

3.2.1. Grupos de trabajo:

- Grupo de Ecología de Poblaciones de Insectos
- Grupo de Ecología Forestal
- Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal
- Campo Forestal General San Martín

3.2.1.1. Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal:

El trabajo de la unidad se enmarca en la genética de poblaciones y las principales líneas de investigación incluyen la caracterización genética de poblaciones naturales, estudios de procesos evolutivos, genómica funcional, genética cuantitativa y mejoramiento genético. Las especies que han sido estudiadas son las nativas Ciprés de la Cordillera, Roble Pellín, Raulí, Lengua, Ñire, Pehuén, Coihue y Sauce Criollo, y las exóticas Pino Ponderosa y Pino Oregón.

3.2.1.2. Integrantes del grupo:

Se trabajó durante la práctica en estrecha colaboración con los siguientes integrantes del equipo del área forestal:

Dr. Leonardo A. Gallo, Dr. Mario Pastorino, Alejandro Aparicio, Técnico Forestal Abel Martínez y Mario Huentú.

3.2.2. Infraestructura del área forestal

3.2.2.1. Invernáculos:

El sector de genética forestal cuenta con 3 invernaderos para la implementación de los distintos ensayos de investigación llevados a cabo en la institución.

➤ Un invernáculo sin marca de estructura metálica, tipo parabólico con ventanas laterales (Figura 2). Semi automatizado: Riego, fertirriego y temperatura.



Figura 2. Vista de invernáculo parabólico interna y externa

Para el riego de esta estructura, la distribución del agua se realiza a través de microaspersores de impacto, con un timer que se regula según demanda del cultivo. También cuenta con foggers de bajo caudal (7 litros/hora) intercalados en las líneas de

microaspersores de impacto y provistos de un sensor de humedad y temperatura, ya que este a veces se utiliza para enraizar estacas que precisan de un ambiente con mayor humedad relativa presente, para disminuir la demanda por evapotranspiración 

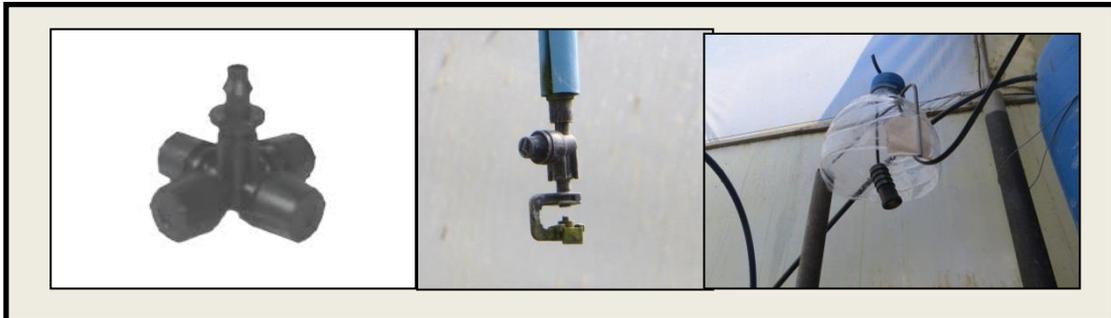


Figura 3. Los diferentes dispositivos de riego disponibles Fogger, microaspersor y sensor de humedad

El fertirriego consta de un circuito con inyectores tipo venturi  que consisten en un tubo conectado en paralelo a la tubería principal de riego con un estrechamiento donde se produce una succión que hace que el fertilizante pase a la red.



Figura 4. Tanque fertilizador con inyector tipo venturi

La temperatura se regula con una caldera a gas con sensor de temperatura (Figura 5)



Figura 5. Caldera a gas con sensor de temperatura

Se cuenta además con una cámara de frío: La misma se utiliza para conservar semillas, tratamientos pre-germinativos, etc. (Figura 6).



Figura 6. Cámara de frío

➤ Un invernáculo de marca ULMA de estructura metálica de 6m x 14m, tipo parabólico con ventanas laterales y ventilaciones cenitales. Automatizado: Riego, Temperatura y Ventilaciones (es el que se utilizó para el repique de plantines de Ciprés) (Figura 7).

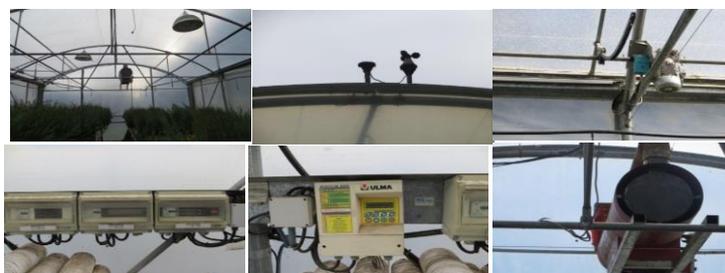


Figura 7. Vista de los accesorios para riego y control ambiental del invernáculo ULMA

Para el riego se utilizan microjets o microaspersores de impacto con contrapeso para que no se inclinen y no vibren. Constan de una central automatizada con control de tiempo y sensor de humedad.

El fertirriego consta de una bomba inyectora portátil que trabaja por pulsos.

Para calefaccionar esta estructura se utiliza una caldera a gas con sensor.

Las ventilaciones cenitales se abren o cierran a través de una central que está comandada por sensores que indican temperatura y humedad relativa. El mismo también está provisto por un anemómetro que indica cuando cerrar la ventilación por los fuertes vientos laterales presentes en el predio que pueden dañar la estructura.

➤ Un invernáculo de marca IRIE de estructura metálica de 7m x 12m, tipo parabólico con ventanas laterales y ventilaciones cenitales (Figura 8). Automatizado. Caldera a gas y sistema de riego con microaspersores rotativos. (Se está trabajando en el mismo para ponerlo en producción).



Figura 8. Vista exterior del invernáculo IRIE

3.2.2.2. Provisión de agua para riego:

El riego de los invernáculos es provisto por agua proveniente de una vertiente. Consta de un piletón (Figura 9) y gaviones para decantar la arena que viene de arrastre. La toma de agua está compuesta por una válvula de retención y filtro, con una compuerta para el excedente. La bomba que se utiliza es centrífuga. La provisión de agua es permanente y uniforme durante todo el año.



Figura 9. Piletón de toma de agua

3.3. Consideraciones ambientales, climáticas y edafológicas de la Región Andino patagónica

El área presenta un marcado gradiente biofísico en sentido oeste-este dado por el efecto de la presencia de la cordillera de los Andes que actúa como una barrera a la penetración de las masas de aire cargadas de humedad procedentes del Océano Pacífico. Estos vientos ascienden por la ladera Occidental descargando su humedad, principalmente, en el sector chileno y al descender por la ladera Oriental del sector argentino se observa una rápida disminución de las precipitaciones (de 3.000 a 300 mm/año) en una distancia de aproximadamente 100 km (Muñoz, 1985). Las temperaturas medias anuales se encuentran entre 8 °C y 10 °C. La vegetación está caracterizada por las fisonomías de bosque y matorral, sobresaliendo una conífera (*Austrocedrus chilensis*) y varias especies del género *Nothofagus* (*N. dombeyi*, *N. pumilio* y *N. antarctica*). Hacia el este de la isohieta de 800 mm la vegetación corresponde a un mosaico, con predominio de estepas gramíneas con *Stipa speciosa* y *Festuca pallelescens* e intrusiones del bosque en forma de isletas.

En general las precipitaciones se concentran en la estación fría (régimen de precipitaciones de tipo mediterráneo). Este gradiente de precipitaciones condiciona la existencia de 2 regiones contrastantes, la región andina con clima húmedo y la Patagonia extra-andina de clima semiárido a árido. El gradiente de temperaturas está dado por la altimetría (gran parte de la Patagonia Norte presenta alturas superiores a los 1.000 msnm) y por la latitud, en ambos casos la temperatura desciende en la medida que la altura y la latitud aumentan.

A estos gradientes climáticos se suma la complejidad geomorfológica, que contribuye a generar diferentes tipos de suelos y sistemas de drenaje. A su vez estas características ambientales han favorecido el desarrollo de factores histórico-culturales que han ido condicionando variantes en los procesos de apropiación y uso de las tierras (Donato et al., 2010).

3.3.1. Zona cordillerana donde se ubica Bariloche y zonas de influencia:

3.3.1.1. Clima:

En la zona cordillerana el clima es templado-frío con precipitaciones anuales que superan los 800 mm, con una fuerte concentración otoño-invierno. La temperatura media es de alrededor de 8°C, siendo menor en las altas cumbres y mayor en los valles más bajos. La Precordillera, contigua a la zona precedente, se extiende desde el límite de los bosques hasta la isohieta de 300 mm anuales. Su relieve está caracterizado por cordones montañosos y sierras modeladas por procesos exógenos. El clima se caracteriza por un marcado gradiente en las precipitaciones, que pasan de 800mm a 300mm anuales en unas pocas decenas de kilómetros, concentrándose particularmente en la época invernal. La temperatura media es de alrededor de 8°C (D. BRAN et al., 2000). De oeste a este, con una zona de transición, se llega a la estepa patagónica donde el clima cambia drásticamente, es frío y seco, con características de semidesierto, con precipitaciones menores a los 250mm de promedio anual en casi toda la región. Son característicos los fuertes vientos del oeste, las lluvias o nevadas de invierno, los veranos secos y heladas durante casi todo el año. Las temperaturas medias anuales son del orden de 10 a 14°C.

3.3.1.2. Relieve:

Correspondiente a la región montañosa del oeste donde gran parte del territorio fue cubierto por glaciares pleistocénicos, a menudo de espesores considerables, los rastros de la glaciación son muy visibles y forman parte del paisaje. Se encuentran valles y numerosos lagos de origen tectónico-glaciario. La zona constituye las nacientes de importantes cuencas hidrográficas, principalmente la del Limay y Neuquén (vertiente Atlántica) y la de El Manso-Puelo (vertiente Pacífica). El relieve está caracterizado por montañas con una altura media de 2000 m.s.n.m., sobresaliendo el Monte Tronador de 3.550 m. El relieve correspondiente a la estepa patagónica es de mesetas escalonadas hacia el este, montañas y colinas erosionadas (M.L.Lanciotti, A.A.Marcolin, INTA 1995)

3.3.1.3. Suelos:

Las acciones vulcanológicas de volcanes predominantemente localizados en la región chilena tuvieron gran influencia en la formación de suelos. El área de dispersión de cenizas es amplia con una sedimentación de espesor marcadamente constante, en todos los sectores donde el clima es suficientemente húmedo como para impedir que las cenizas sean removidas por los vientos (M.L.Lanciotti et al., 1995). Los detritos glaciales y los materiales volcánicos son los materiales parentales más importantes de los suelos patagónicos. Por lo detallado se puede decir que predominan los suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas y pumicitas holocenas.

En la zona montañosa y húmeda, gran parte de los antiguos suelos cordilleranos de nuestra región, han sido decapitados por los glaciares, reemplazados luego por profundos depósitos de cenizas volcánicas, las que evolucionaron a través del tiempo dando origen a materiales arcillosos, alófanos. Derivados de la alteración de las cenizas volcánicas, se han desarrollado suelos fértiles y profundos (grupo de estudios de la Zonificación Forestal de Suelos, INTA, 1995). Se encuentran presentes los andisoles que presentan nulo déficit hídrico estival con moderado desarrollo del perfil. Evolucionaron bajo una vegetación de bosques densos. Son suelos medianamente profundos a profundos, de textura franco-arenosa, muy bien provistos de materia orgánica, leve a moderadamente ácidos. Los Andisoles tienen como característica desfavorable la retención de Fósforo (>85%). La capacidad de retención de fosfatos se relaciona positivamente con el pH y la concentración de aluminio y hierro. Esto constituye un importante criterio diagnóstico en estos suelos. La retención de fosfatos es causada por el Al y Fe activos presentes en el alófano, imogolita, complejos Al-humus y ferrihidrita (Besohain, 1985; Shoji, et al., 1983). En las altas cumbres y divisorias de aguas los suelos son someros y se encuentran asociados a afloramientos rocosos (M.L. Lanciotti, A.A. Marcolin, INTA Bariloche, 1995).

En las zonas de transición (bosque-estepa) encontramos suelos mólicos xéricos e hidromórficos, desarrollados a partir de cenizas y arenas volcánicas, en un clima subhúmedo, presentan un leve déficit hídrico estival, con un moderado desarrollo del perfil, los que evolucionaron bajo una vegetación de matorrales semidensos.

Hacia el este y con el aumento de la aridez, los Aridisoles y los Entisoles dominan el paisaje. Éstos suelen presentar una gruesa capa calcárea cementada de entre 40 y 50 cm de profundidad (del Valle, 1998).

4. INTRODUCCIÓN

En el año 2007 se sancionó en el Congreso Nacional la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Esta norma fue puesta en marcha durante el año 2009, constituyendo un Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos, con el objeto de compensar a las jurisdicciones que conservan los bosques nativos, por los servicios ambientales que estos brindan, así promoviéndose, con políticas activas, el uso sustentable del bosque con una concepción del largo plazo.

El marco legal ha renovado el impulso de restaurar los ecosistemas forestales nativos degradados y ha destacado la relevancia del uso de especies nativas en forestaciones, que al mismo tiempo que productivas sean compatibles con la conservación de los ecosistemas. Es entonces que surge el interés inmediato sobre el Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) para planes de forestación y reforestación, encontrándose el mismo en una situación compleja debido a la negativa intervención antrópica que se ejerce sobre las masas forestales localizadas en el noroeste patagónico. La especie se ubica como la conífera de mayor potencial productivo, tanto por su madera de alta calidad y buena forma, como por su rol ambiental y paisajístico.

La influencia humana sobre la dinámica de los ecosistemas es una realidad que hoy afecta al planeta y es profunda. La expectativa es que los efectos antropogénicos aumenten en la medida que la población humana así también lo haga. Los bosques albergan gran parte de la biodiversidad de nuestro planeta, y proveen muchos de los recursos que el ser humano necesita para sobrevivir, así mismo estos ecosistemas fundamentales se encuentran entre las actividades humanas de mayor impacto. Esto es lo que sucede en la actualidad en los diversos bosques de Ciprés de la Cordillera, tanto bosques puros, densos o ralos, como mixtos, con especies del género *Nothofagus* o matorrales multiespecíficos. Así es como muchas de las ciudades de la región (San Carlos de Bariloche, El Bolsón, San Martín de los Andes, Corcovado) se encuentran rodeadas por remanentes de bosques originales de la especie, y la presión de uso sobre ellos va en aumento conforme aumenta la densidad poblacional, lo que ha provocado una degradación creciente de los ecosistemas que conforma.

5. AMENAZAS Y PROBLEMÁTICA COYUNTURAL DE LA ESPECIE

Entre los disturbios antropogénicos de mayor impacto en el ecosistema, se encuentran los incendios forestales, casi exclusivamente originados en la actividad humana. La ocurrencia cada vez más frecuente de temporadas estivales secas aumenta la posibilidad de que se originen incendios, y dado que el Ciprés es altamente combustible, el impacto que ocasionan en el sistema es de gran magnitud.

El área post-incendio es ocupada rápidamente por especies con capacidad de rebrote, perdiéndose en forma completa la cobertura de ciprés y la posibilidad de reclutamiento de regeneración dada la masiva mortalidad de árboles adultos portadores de semilla, por lo que a corto plazo la única alternativa de recuperación del sistema es mediante la plantación y clausura de áreas degradadas al ganado.

Otro de los disturbios antropogénicos a mencionar, que es el producto de la actividad económica más usual que se desarrolla en áreas de bosques mixtos o puros de baja densidad de Ciprés de la Cordillera, es la ganadería, y en forma asociada la extracción de leña. Este uso se encuentra muy arraigado socialmente, y dadas las condiciones económicas coyunturales y proyectadas que favorecen a la producción bovina, se espera que en el corto plazo se incremente. Por lo tanto, constituye un condicionante ineludible en la planificación del manejo silvícola de los bosques de Ciprés de la Cordillera. El principal impacto de la ganadería ocurre sobre la regeneración, ya que el pisoteo y el ramoneo de los renovales restringen el reclutamiento natural. La incorporación de nuevos individuos que aseguren la perpetuación del bosque en forma natural requiere de ciclos plurianuales, lo que muchas veces determina procesos paulatinos de degradación en los ecosistemas bajo presión antrópica, ya que, al no observar renuevos, los propietarios del bosque lo abren al pastoreo en un círculo vicioso que termina con la transformación del bosque en parques y luego praderas. Este proceso observado repetidas veces en la región lleva a proponer como estrategia de renuevo del bosque, la de regeneración asistida, o sea la plantación. A través de la misma no sólo se aceleran significativamente los tiempos de reclutamiento, sino que además el ganadero puede percibir en forma evidente el costo de no restringir el pastoreo en las áreas en regeneración, ya que la plantación implica un desembolso efectivo de dinero. (Mario Juan Pastorino et al., 2013)

Los cambios del uso del suelo, esto es la pérdida de bosques por conversión en agricultura/silvicultura intensiva o usos urbanos con desarrollo de infraestructura traen como consecuencia grave, el empobrecimiento de poblaciones arbóreas nativas adaptadas localmente, ocasionando una erosión genética grave. En lo que respecta específicamente a la sustitución del bosque nativo por plantaciones resulta muy riesgoso introducir especies exóticas que pueden resultar potencialmente invasoras. Así mismo el establecimiento de procedencias externas de la misma especie nativa, puede conllevar a la hibridación, induciendo cambios en los caudales genéticos locales.

Es un hecho inducido por la presión urbana la fragmentación del bosque, que se traduce como el aislamiento de poblaciones arbóreas, lo que aumenta el riesgo de endogamia y deriva genética, pérdidas de polen, polinizadoras y dispersoras de semillas, lo que se puede traducir en cambios en el sistema de apareamiento y regeneración.

Las nuevas plagas de insectos y patógenos son una amenaza constante en la silvicultura. La variación genética necesaria podría no encontrarse en todas las poblaciones. La frecuencia de una forma de resistencia genética a un determinado ataque puede ser cero en una población, pero encontrarse con mayor frecuencia en otra (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, CIEFAP, 2005).

En el presente trabajo se desarrollará principalmente como la genética forestal puede contribuir a través del mejoramiento genético, y de las estrategias de conservación de los recursos genéticos, para lograr un desarrollo territorial con una distribución más equitativa de los bienes y servicios de bosques y plantaciones forestales.

6. CONSERVACIÓN DE BOSQUES NATIVOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

6.1. Manejo para la conservación de las especies

Los criterios de selección en la planificación de áreas reservadas o protegidas, dentro de bosques ordenados, deben tener en cuenta el potencial para aumentar la conservación de los recursos genéticos forestales, mediante la determinación de poblaciones amenazadas, restringidas o únicas de especies arbóreas prioritarias. La caracterización de la estructura silvícola de las masas boscosas se entiende como una información básica para la toma de decisiones, no solo para el aprovechamiento maderero sino también para cualquier otro uso que se le quiera dar. Por tanto, la información sobre los acervos genéticos que albergan es relevante. Conservar la diversidad genética de las poblaciones forestales es de gran importancia, ya que forman la estructura base para la evolución en general y para la adaptación a diferentes cambios ambientales. Así mismo mantener la diversidad genética, resulta indispensable tanto en el aprovechamiento productivo sustentable de los recursos genéticos como en el mantenimiento de programas de mejoramiento estables en el largo plazo (Leonardo Gallo et al., 2005)

6.2. Estrategias de conservación del bosque

Las principales estrategias de conservación son in situ y ex situ. Ambas desempeñan una función esencial y son complementarias, y deben considerarse como parte integrante de los programas de desarrollo y aprovechamiento de los recursos forestales para lograr una mejor utilización de ellos sin menoscabo de su persistencia.

Al iniciar trabajos de conservación de los recursos genéticos de una determinada especie, el primer problema es definir el tamaño de la población a muestrear para su conservación in situ o ex situ, para reunir en ella la suficiente diversidad genética que la represente y permita la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos.

6.2.1. Conservación in situ:

La conservación in situ es la manutención continua de una población dentro de la comunidad a la que pertenece y en el ambiente en el cual está adaptada, lo que permite la protección de los ecosistemas completos en donde se tiene continuidad en los procesos evolutivos y ecológicos, cuya dimensión necesita de estudios cuidadosos, principalmente de las interacciones entre las especies de plantas y animales presentes en ellos. Esta forma de conservación corresponde a la que los bosques naturales como acervos genéticos primarios, mantienen por sí solos (Frankel, 1976)

Las formas más seguras de conservación in situ continúan siendo los sistemas de áreas naturales estrictas tanto regionales como nacionales, que protegen al bosque de cualquier uso extractivo, que aún en épocas críticas poseen mejores garantías de integridad. Establecer un ordenamiento territorial a través de la ley de bosques ha sido un paso importante en este sentido.

6.2.2. Conservación ex situ:

Consiste en el mantenimiento de algunos componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

Es considerada un complemento para la conservación de especies y recursos genéticos in situ.

Debe buscarse un compromiso con los extractores forestales para manejar las áreas de conservación *ex situ* que se puedan establecer fuera de los sistemas de áreas naturales protegidas. En los bosques bajo responsabilidad de extractores privados se debe establecer la obligatoriedad de reservar áreas semilleras para las especies de mayor valor comercial, o que se sospeche se encuentren bajo fuertes presiones de uso, como parte de las prescripciones de manejo de bosques.

6.2.2.1. Propósitos de la conservación *ex situ*:

- ✓ Rescatar el germoplasma amenazado.
- ✓ Producir material para investigación.
- ✓ Producir materiales para la reintroducción, restauración y manejo de hábitat
- ✓ Almacenar el germoplasma de diversas formas (bancos de semillas, colecciones de campo, bancos de germoplasma, etc.)
- ✓ Proveer material con el fin de reducir la presión contra la recolección de plantas nativas.
- ✓ Disponer de material para los programas de educación.

En principio, las plantas que deben ser incluidas en los programas de conservación *ex situ* comprenden:

- ✓ Especies que tienen un peligro inmediato de extinción tanto local, nacional como internamente.
- ✓ Especies de importancia económica local.
- ✓ Especies que se requieren para ser reintroducidas en lugares específicos.
- ✓ Especies de interés científico, endémicas o pertenecientes a relictos geográficos.

6.2.2.2. Almacenamiento *ex situ* de recursos filogenéticos:

- ✓ **Banco de semillas:** es el método más valioso de conservación *ex situ*; una muestra de semillas almacenadas en un pequeño envase hermético puede contener un amplio rango de variabilidad genética (Hamrick et al. 1991). Un análisis realizado en más de 400 especies señaló que las plantas tienen, en promedio, un 78% de la variación total de la especie dentro de la población y un 22% entre poblaciones, aunque estos porcentajes cambian si las especies tienen distribuciones geográficas amplias o restringidas)
- ✓ **Bancos de germoplasma en campo:** disposición de especies, en forma de plantación, en un hábitat semi-natural cercano al de la población natural.
- ✓ **Colecciones vivas:** grupo de plantas que se mantienen con un propósito definido.
- ✓ **Almacenamiento de tejidos en instalaciones especiales:** (cultivo de callos o células en suspensión por largos períodos de tiempo)
- ✓ **Plantaciones artificiales**

Los ensayos de procedencia y las pruebas de progenie tradicionales pueden servir como archivos genéticos al mismo tiempo, que como pruebas de evaluación. Los archivos o bancos clonales, igual que los huertos semilleros, también funcionan como bancos genéticos de campo.

7. MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL

El mejoramiento forestal se basa en aquellas actividades dirigidas a producir árboles genéticamente más deseables, esto es a partir del cruzamiento de individuos con características superiores. Por medio de la selección se busca utilizar los mejores genotipos que se han desarrollado en la naturaleza mediante el cruce controlado de progenitores seleccionados, para obtener nuevos genotipos que combinen propiedades favorables.

La expresión “mejoramiento forestal” y más aún el término “genética” generalmente hacen pensar en actividades sofisticadas y altamente especializadas. En la práctica esto implica algunos ajustes en el manejo forestal y prácticas silviculturales, teniendo en cuenta algunos principios genéticos básicos. Con base en la comprensión de tales principios, se pueden utilizar y manipular conscientemente los materiales que la naturaleza ha desarrollado durante miles de años y que están a nuestra disposición. A su vez la conservación de la variación genética de las especies como parte integral de las estrategias de mejoramiento, garantiza las existencias de opciones abiertas para el futuro (Palmberg, 1987)

7.1. Etapas del mejoramiento forestal:

- Selección entre especies
- Selección entre poblaciones dentro de especies (procedencias, progenies, fuentes semilleras, etc.)
- Selección entre individuos dentro de poblaciones superiores
- Cruzamiento controlado

El mejoramiento (selección y cruzamiento) a nivel individual incluye la identificación de árboles con un fenotipo superior, la evaluación de su descendencia en ensayos de progenie para determinar su valor genético, el establecimiento de los genotipos superiores en huertos semilleros para la producción de semilla.

El mejoramiento necesita de técnicas eficaces de propagación masiva, vía sexual o vegetativa, para que los genotipos superiores puedan ser usados en plantaciones a gran escala.

El desafío de las estrategias de mejoramiento genético forestal está en la formulación de planes a largo plazo que incluyan muchas generaciones y que, al mismo tiempo, sean lo suficientemente sólidos y flexibles como para incorporar los cambios en los métodos silviculturales y las innovaciones en las técnicas de genéticas y de propagación (Wellendorf y Kaosa-ard, 1988).

7.2. Objetivos de un programa de mejoramiento forestal:

1. Maximizar la adaptabilidad de las especies a los sitios potenciales de plantación (y por tanto la posterior sobrevivencia)
2. Maximizar la tasa de crecimiento

3. Mejorar la resistencia a enfermedades y plagas
4. Aumentar la calidad del producto final de los individuos (madera, leña, forraje, estabilización del suelo, etc.)

Todas las especies tienen el potencial de ser mejoradas, pero la justificación de cualquier programa de mejora y la cantidad de recursos que se asignen al mismo, están en gran parte determinados por la política forestal, por lo cual los cambios y adaptaciones deberían sincronizarse con las políticas vigentes y más importante aún que los gobiernos mantengan políticas con visiones de largo plazo para acompañar a las instituciones e investigadores que sigan estos planes.

Se deben considerar las posibilidades de producción masiva de material mejorado para que los resultados del programa se puedan extrapolar de forma significativa a la silvicultura práctica.

Es fundamental la conservación de la población original para su uso en el programa de mejora.

8. PRUEBAS DE PROCEDENCIA Y DE PROGENIE

8.1. Procedencia (fuente o raza geográfica):

Área geográfica original (natural) desde donde se obtienen semillas (u otros propágulos). Se define como el área geográfica y ambiental donde crecieron los árboles progenitores, dentro de la cual, se formó su constitución genética por selección natural o artificial. La población de progenitores debe tener una base genética amplia y puede ser nativa o introducida.

Es inadecuado el empleo de la palabra procedencia refiriéndose a una región. En algunos estudios se ha demostrado que los árboles de un cierto origen local han diferido de todos los otros y a veces se ha querido considerar a toda una extensa región representada por este origen como una procedencia. Sin duda un estudio más profundo mostraría la existencia dentro de la misma, de muchas procedencias.

Así, pues, la procedencia tiene un significado biológico aproximadamente equivalente a una población local o «deme». Una procedencia será una parte de una raza, ecotipo, clino, subespecie o variedad.

8.2. Progenie:

Los árboles producidos a partir de la semilla de un árbol progenitor se conocen como su progenie. Las pruebas de progenie se utilizan para determinar el valor genético de los árboles progenitores o para determinar otras características genéticas

Las pruebas de procedencia y de progenie o estudios de ambiente uniforme o de ambiente común tienen como objetivo eliminar la posibilidad de que el ambiente ocasione sesgos en la estimación de diferencias entre procedencias, por lo cual el resultado (por

convención), promediando a cero cualquier variación ambiental que no pueda controlarse, será que las diferencias que se evalúen luego corresponderán a un origen genético.

La investigación de procedencias persigue la determinación de los componentes genético y ambiental de la variación fenotípica entre árboles de diferentes orígenes geográficos.

El objetivo amplio de la investigación de procedencias comprende todos los estudios a nivel superior al individuo e inferior al de la especie.

Langlet (1962) considera la investigación de procedencias como «... el estudio de la variabilidad ecológica dentro de la especie, la relación entre esa variabilidad y la influencia del medio ambiente y las reacciones de poblaciones diferentes al desplazamiento a un medio ambiente extraño al suyo...».

La aplicación más importante en el presente es determinar los orígenes de semilla que dan árboles bien adaptados y productivos para la regeneración o formación de masas. Aunque la investigación de procedencias puede requerir mucho tiempo para determinar la mejor fuente de semilla para una zona particular, debe ser capaz de determinar una aceptable en una o dos generaciones de ensayo. Cuando los caracteres juveniles permiten estimar la calidad futura, el tiempo puede ser acortado.

Otro aspecto importante de la investigación de procedencias son los datos que proporciona a la mejora por hibridación dentro de la especie. Los híbridos por combinación de diferentes procedencias reúnen a menudo caracteres deseables de diferentes razas y pueden exhibir vigor híbrido en muchos caracteres (Clausen, Keck, y Heisey, 1948; Wettstein, 1958). Tales híbridos, pueden estar adaptados a una serie de condiciones ambientales menos restringidas que sus ascendientes. Conociendo la diversidad inherente geográfica, el genetista forestal puede elegir el origen de semilla adecuado e intentar ventajosamente la hibridación de razas dentro de las especies.

Estas pruebas o ensayos en sí mismos, si se protegen y mantienen adecuadamente, son un mecanismo para la conservación ex situ de los recursos genéticos.

Además de los ensayos clásicos de procedencias y progenie donde se miden caracteres cuantitativos, las técnicas fisiológicas y moleculares desarrolladas recientemente también contribuyen al mejoramiento genético forestal a nivel cualitativo.

9. BIOTECNOLOGÍAS BASADAS EN MARCADORES MOLECULARES

El objetivo del mejoramiento vegetal ha sido seleccionar genotipos superiores a partir de la identificación de fenotipos superiores. El proceso de caracterización y/o selección se vuelve más eficiente a través del uso de marcadores genéticos. Consiste en la caracterización molecular de genomas enteros y aporta información acerca de la secuencia y de la función de cada sector del genoma en diferentes situaciones de desarrollo y bajo diferentes condiciones ambientales, así como de los mecanismos implicados en la regulación de la expresión e interacción génica.

Para ello, las herramientas que se utilizan para el análisis individual de genes o pequeñas regiones cromosómicas, se aplican al análisis global de genomas completos, estudiando en conjunto los miles de genes, proteínas y metabolitos que constituyen un organismo, así como las complicadas redes de interacciones que operan entre ellos. La información generada es enorme y es clave para la identificación y el aislamiento de genes de interés y permitirá interpretar, en términos moleculares, los procesos biológicos. Para ayudar en este proceso han surgido poderosas herramientas bioinformáticas que permiten almacenar e interpretar esta información. Las aplicaciones de la genómica alcanzan a todos los ámbitos de la actividad humana relacionados con la biología, como la salud, la alimentación y el medio ambiente. Actualmente se encuentran disponibles las secuencias de nucleótidos y aminoácidos de miles de genes y productos génicos codificados por los genomas de varios organismos complejos. Esta información la utiliza la ciencia para comprender fenómenos tales como la fisiología celular, el desarrollo, la conducta, la evolución, etc. También aportan información acerca de todos los aspectos del crecimiento y desarrollo vegetal, diferenciación y respuesta a estreses bióticos y abióticos. Gracias al potencial de relacionar fenotipos biológica y económicamente importantes con los genes responsables de los mismos actualmente es posible identificar genes de interés para ser transferidos a otros organismos por medio de tecnología génica. Por otro lado, el conocimiento de la secuencia de los genes posibilita el desarrollo de marcadores perfectos, basados en la secuencia del mismo gen, lo cual facilita la selección y la transferencia de los mismos. La conjunción entre tecnología génica, marcadores moleculares, genómica y bioinformática ha revolucionado el mejoramiento genético vegetal dando origen a lo que se denomina mejoramiento molecular.

Los marcadores moleculares son fragmentos de ADN que pueden corresponder o no a un gen, y pueden usarse en la biotecnología forestal con los siguientes fines:

- **Identificación genética de árboles:** Los marcadores moleculares son capaces de detectar diferencias entre individuos a nivel de sus ADN, proporcionando el perfil genético preciso de cada organismo estudiado (“DNA fingerprint” o huella dactilar del ADN). En un programa de mejoramiento, esta huella permite diferenciar a los árboles y determinar si hay errores dentro de los cultivos de campo que serían difíciles de reconocer visualmente. Estos errores son frecuentes y pueden tener serias consecuencias económicas.
- **Medir la diversidad genética dentro de las poblaciones:** La aplicación de marcadores moleculares sobre individuos de una misma población permite analizar cuán distintos son a nivel de sus ADN, aun cuando no se detecten diferencias fenotípicas, estimando así la riqueza y variabilidad genética de las especies.
- **Localizar genes que determinan características cuantitativas:** Es posible localizar genes que determinan características económicamente importantes, como la tasa de crecimiento, la adaptabilidad, la forma del tronco y la calidad de la madera (densidad y cantidad de lignina), entre otras. Una vez conocidos esos genes, se pueden seleccionar a aquellos árboles que tengan los alelos deseados, sin necesidad de esperar años hasta que el árbol sea adulto. Este procedimiento se denomina Selección Asistida por Marcadores (MAS) y permite elegir, en las primeras etapas del crecimiento, a aquellos árboles que tendrán buenas características de adultos, permitiendo al productor ahorrar tiempo y trabajo.

- Otras aplicaciones. Los marcadores moleculares pueden, además, proporcionar información sobre los patrones migratorios (hacia dónde y en qué medida se dispersa el polen o las semillas), los sistemas de reproducción (si hay autofecundación y reproducción cruzada), y la paternidad y grado de parentesco entre árboles, por lo que constituyen instrumentos útiles para la formulación y seguimiento de programas de conservación de árboles forestales (Lic. Cintia Acuña, “La biotecnología forestal”, INTA-CONICET)

10. DESCRIPCIÓN DEL “PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE BAJA INTENSIDAD PARA LA DOMESTICACIÓN DEL CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN PATAGONIA”

10.1. Información taxonómica de la especie:

Nombre científico: *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic Sermolli et Bizarri

Nombre común: Ciprés de la cordillera, ciprés, lahuán, len

Sinonimia: *Thuja chilensis* D. Don, *Thuja chilensis* Hook, *Thuja andina* Poepp, *Libocedrus chilensis* (D. Don) Endl., *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Florin et Bout (comb. ileg.)

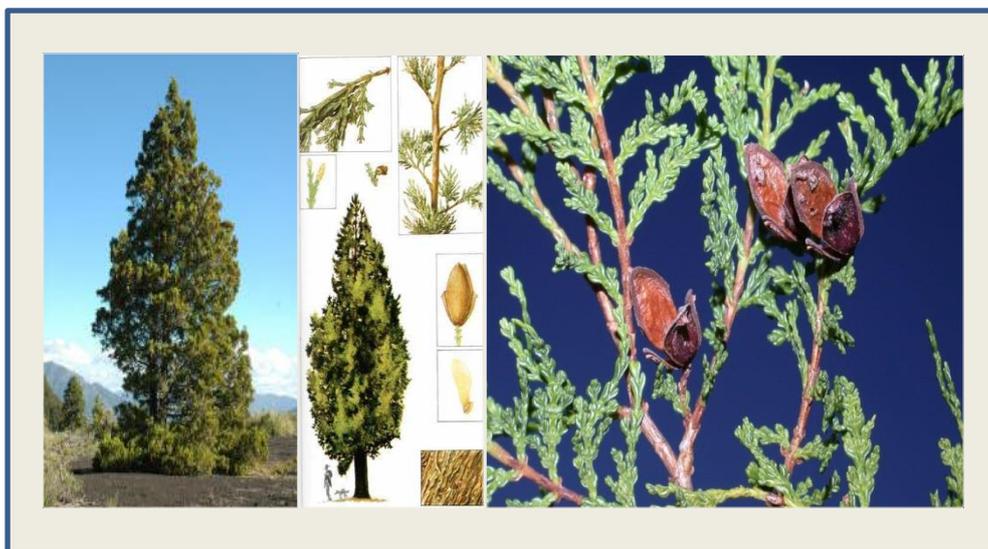


Figura  Morfología ciprés de la cordillera

Especie forestal nativa de Chile y Argentina. Es una conífera perteneciente a la familia de las Cupresáceas, subfamilia de las Callitroideas (Li 1953), tribu Austrolibocedreas (de Ferré & Gausson 1968). Es un árbol siempreverde dioico, de hasta 25 m de alto, aunque se citan ejemplares de hasta 37 m, con copa piramidal y tronco de medidas habituales

entre los 30-40 cm, pero suelen encontrarse individuos de entre 1-2 m de diámetro. Su fuste es recto, algo cónico, con una corteza delgada en individuos jóvenes y con grietas longitudinales a la madurez, de copa mayormente piramidal, compacta. Ramas ascendentes densas, con ramillas comprimidas amarillento-verdosas, con hojas como escamas (escuamiformes, imbricadas), las laterales de 2-3 mm de largo, borde aquillado o agudo, las ventrales son triangulares, menores, usualmente con bandas blancas por el envés de ceras epicuticulares (Gallo et al. 2008). Inflorescencia en conos, los masculinos solitarios y terminales, los femeninos ovoides, de 1-1,5 cm de largo, compuestos de un par de escamas valvadas y opuestas, coriáceas y con espina corta, dorsal, el par inferior es más pequeño y estéril; floración entre octubre y noviembre (Rodríguez *et al.* 1983; Rodríguez *et al.* 1995). Semillas con un ala membranacea unilateral, obtusa. El peso medio es de 3,94 g por 1000 semillas (Pastorino y Gallo 2000) produciéndose normalmente 4 por cono. Maduran entre febrero y marzo cuando los conos se vuelven leñosos, se resecan y se abren para liberar las semillas que se dispersan por el viento. Género monotípico formado por una sola especie.

Para germinar y sobrevivir en su primera etapa de vida, el Ciprés requiere protección de la insolación directa, ya sea con plantas nodrizas en ambientes áridos o por el mismo canopeo de la especie.

El ciprés forma distintos tipos de bosques, en mayor medida determinado por las condiciones de humedad, vegeta en un amplio rango de precipitaciones, desde menos de 400 mm a más de 2500 mm anuales. En los sitios más húmedos aparece como individuos dispersos en el bosque de *Nothofagus*, en bosques mixtos y a medida que baja el nivel de humedad, con unos 1200 mm anuales se encuentran bosques puros compactos. En sitios de precipitaciones medias de unos 800 mm anuales donde se ubica el ecotono con la estepa se pueden encontrar bosques puros marginales y en los niveles más bajos con menos de 400 a 600 mm anuales, ya en la estepa patagónica se destaca la presencia de bosquetes constituidos por una decena de árboles, típicamente vegetando sobre promontorios rocosos.

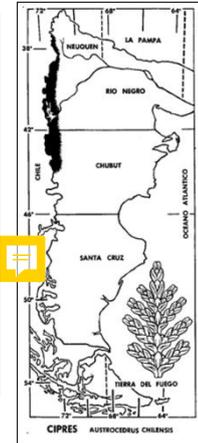
10.2. Distribución natural del Ciprés de la Cordillera:

Para poder planificar la conservación y hacer uso de los recursos genéticos resulta fundamental conocer la distribución de la especie en nuestro territorio. Los sitios donde las poblaciones presentan mayor desarrollo en términos de continuidad y densidad, por tanto donde los individuos que la conforman expresan mayor vigor y tamaño, indican los óptimos ambientales para el Ciprés, este conocimiento por tanto resulta fundamental para planificar su cultivo, especialmente si se hace *ex situ*, tanto con fines de conservación como de producción.

El Ciprés se distribuye a ambos lados de la Cordillera de los Andes, entre los 32° 39' S (al norte de Santiago de Chile) y los 43° 44' S (al sur de Corcovado, en la Provincia de Chubut), a lo largo de unos 1.230 km de distancia en línea recta, representando la conífera nativa de mayor desarrollo latitudinal de Argentina y Chile (Pastorino et al. 2006a). Esta distribución se da en forma de parches boscosos de variadas dimensiones repartidos sobre una franja de unos 50 km de ancho paralela a la Cordillera, que en el norte comienza del lado chileno y en el sur termina del lado argentino, cruzando la Cordillera a la latitud del Lago Aluminé, Provincia de Neuquén. Asimismo, es posible encontrar algunos bosquetes

marginales fuera de esta franja. En Chile también se reportan algunos parches boscosos en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, entre los 37° 30' S (Cordillera de Nahuelbuta) y los 40° 20' S (Río Bueno) (Veblen & Schlegel, 1982). Según antecedentes en la bibliografía, el bosque de Ciprés ocupa una superficie de 47.157 ha en Chile (CONAF 2011) y unas 141.000 ha en Argentina (Bran et al. 2002).

Jurisdicción	ha	%
Provincia de Neuquén	52.072	19,9
Provincia de Río Negro	32.710	12,5
Provincia de Chubut	68.006	25,9
Parque Nacional Lanín	25.778	9,8
Parque Nacional Nahuel Huapi	51.227	19,5
Parque Nacional Los Arrayanes	188	0,1
Parque Nacional Lago Puelo	10.330	3,9
Parque Nacional Los Alerces	22.111	8,4
TOTAL	262.422	100



La provincia y el parque nacional con mayor superficie con presencia de Ciprés son Chubut y Nahuel Huapi respectivamente. Por otro lado, algunos grandes parches en la Provincia de Neuquén, entre los lagos Aluminé y Lolog, contienen a la especie en muy baja densidad, por lo que la gran proporción de Ciprés en esta provincia en verdad debe verse de manera relativa.

A continuación se presenta un mapa detallado de la distribución natural de la especie:



Figura 11. Mapa distribución natural  especie

10.3. Antecedentes y Fundamentos del Programa:

En las últimas dos décadas, el INTA y también otras instituciones públicas de investigación, han comenzado diversos estudios para la domesticación de especies forestales nativas argentinas del noroeste patagónico.

Existe un creciente interés en los países emergentes por la domesticación de sus especies nativas con mayor potencial productivo. Esto implica el desarrollo de tecnologías para poder llevarlas a plantación comercial, involucrando en ello todas las etapas de

producción, desde la elección del material genético a reproducir hasta el manejo de la plantación adulta.

Entre los principales objetivos de domesticar especies forestales nativas nordpatagónicas se destacan tres de relevancia:

1. la búsqueda de alternativas productivas al Pino Ponderosa y el Pino Oregón para evitar los riesgos propios de los monocultivos (económicos, sanitarios),
2. la producción de madera a partir de plantaciones comerciales con las mismas especies de los ecosistemas nativos, lo que aliviaría sensiblemente la presión sobre estos bosques, permitiendo que los mismos cumplan funciones socialmente más importantes, como la protección de cuencas, la purificación del aire y el agua, o la preservación de la biodiversidad, y
3. contar con la tecnología para afrontar los programas de restauración ecosistémica que cada vez más impulsan las provincias patagónicas, Parques Nacionales, el Estado Nacional e incluso algunos productores privados.

El mejoramiento genético de *Ciprés de la cordillera*, a través del establecimiento y manejo de las fuentes semilleras de clase superior, permitirá a futuro, proporcionar a los usuarios semillas que cumplan con los rigores de calidad genética, física, fisiológica, y sanitaria; criterios que garantizarán la producción de material conocido, el mismo que podrá ser utilizado con eficacia en proyectos de repoblación forestal y plantaciones comerciales.

En el año 1993, la Unidad de Genética Forestal de la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche del INTA formuló el primer programa de conservación y utilización de los recursos genético forestal de la Patagonia. En primera instancia se estudió el grado y la distribución de la variación genética, así como los procesos evolutivos que impactan en la misma. Este conocimiento se logró observando la variación de características fenotípicas medidas en las plantas en ensayos de campo de orígenes (descendencia de poblaciones naturales) y pruebas de progenie (familias) y haciendo uso de la biotecnología a través de marcadores genéticos bioquímicos y marcadores moleculares.

En el caso específico de la distribución argentina del Ciprés de la Cordillera se observó un abrupto gradiente de precipitaciones, así como un extendido gradiente latitudinal. Se encontró un patrón de distribución de la diversidad genética que no concuerda con el gradiente de precipitación, aunque sí con el gradiente latitudinal, resultando más variables las poblaciones del norte. Los mayores niveles de variación se encontraron en poblaciones marginales esteparias dispuestas en bosquetes aislados, vegetando en ambientes de gran aridez con rangos de precipitaciones anuales de 300 milímetros. Aquí se seleccionaron 10 bosquetes y a través de su caracterización genética con izoenzimas, se comprobó que bosquetes vecinos difieren en sus estructuras genéticas tanto o más que en poblaciones separadas por grandes distancias, probablemente por la deriva genética y flujo génico restringido. Las poblaciones más conspicuas se encuentran ubicadas hacia la Cordillera, entre las isoyetas de 800 y 1500 milímetros.

Para estudiar la variación en caracteres adaptativos se estableció una red de ensayos de campo que incluye a unos 20 orígenes y más de 300 progenies. Estos ensayos se

encuentran localizados en predios privados y públicos desde el norte de Neuquén hasta el norte de Chubut. Sobre ellos se han estado midiendo caracteres morfométricos (capacidad germinativa, crecimiento en altura, etc.).

Posteriores estudios genéticos (Pastorino y Gallo 2009 y Azpillicueta et al. 2013) evidenciaron un gradiente latitudinal de variación (siendo más variables las poblaciones del norte) y permitieron identificar cinco zonas genéticas conformadas por poblaciones que se agruparon por similitud genética. Tres de ellas involucraron casi la totalidad de la distribución natural de la especie en Argentina y tienen una evidente disposición latitudinal. En base a la distribución de la especie y sus patrones de variación genética finalmente se definieron 11 unidades operativas de manejo genético para el Ciprés de la Cordillera, cinco regiones de procedencias y 6 procedencias de área restringida.

Lo detallado anteriormente resulta en identificar fuentes semilleras y proponer áreas productoras de semillas (APS) para todas las regiones de procedencia definidas, lo que posibilitará estructurar un correcto plan de forestación de esta especie nativa.

10.4. Programa de mejoramiento de baja intensidad:

En base a este diagnóstico y a los antecedentes logrados en 20 años de estudio de la genética poblacional de la especie, desde INTA Bariloche con apoyo nacional y a partir de la implementación de la Ley 26.331, se propuso iniciar este programa de mejora genética de baja intensidad para el Ciprés de la Cordillera como contribución a su domesticación. El programa es financiado por el Proyecto Silva N° 3: “Bases para el uso sustentable de los recursos genéticos de *Austrocedrus chilensis* en la cordillera nordpatagónica” - Proyecto Conservación de la Biodiversidad en Paisajes Productivos Forestales perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Período de aplicación: septiembre 2013 – septiembre 2015.

La domesticación es una disciplina más amplia que el mejoramiento genético. Además del mejoramiento, la domesticación incluye actividades tales como:

- Identificación y desarrollo de mercados.
- Desarrollo de técnicas silviculturales o agronómicas.
- El estudio de sistemas de abastecimiento de germoplasma.
- Producción y diseminación de información técnica.

La domesticación es un enfoque integral al desarrollo de especies subutilizadas integrando componentes esenciales como la genética, el manejo, el mercadeo y otros.

Por “baja intensidad” se entiende un mayor foco en la selección de procedencias, una proyección de un solo ciclo de mejora y expectativas de lograr un grado de mejoramiento bajo, apenas superior a la media poblacional.

10.4.1. Objetivos del programa:

- a) Definir regiones de procedencia para el Ciprés de la Cordillera en Argentina, atendiendo a los antecedentes existentes en estudios de variación genética con

marcadores neutros y caracteres cuantitativos, y a las variables ambientales de su distribución natural.

- b) Instalar una red de ensayos de procedencias y de progenies de Ciprés de la Cordillera en el noroeste patagónico, incluyendo al menos 20 procedencias representativas de toda la distribución natural de la especie en Argentina y de las cinco unidades operativas de manejo genético definidas en forma preliminar para la especie.
- c) Definir APS en cada una de las tres principales unidades operativas de manejo genético definidas en forma preliminar para la especie, e instalar un huerto semillero de progenies para cada una de las mismas tres unidades operativas.
- d) Instalar al menos 4 ha de forestaciones demostrativas de Ciprés de la Cordillera utilizando el acervo genético local en campos de productores privados (en fracciones de no menos de 1 ha c/u) a través de una asociación genuina que implique el compromiso efectivo de los productores involucrados.

10.4.2. Orden de prioridades para el cumplimiento de objetivos:

- 1) definir regiones de procedencia (RP), una etapa importante en un programa de domesticación es la definición de Regiones de Procedencia (RPs) de la especie de interés, o sea grupos de poblaciones naturales con cierta homogeneidad ecológica y genética, entre las que se verifica una continuidad espacial regional.
- 2) registrar áreas productoras de semillas en cada RP,
- 3) establecer una red de ensayos de procedencias para estudiar adaptabilidad y diferenciación,
- 4) establecer una red de ensayos de progenies para estimar parámetros genéticos,
- 5) instalar huertos semilleros de progenies para cada RP.

10.4.3. Uso de material genético en el programa:

El uso de un acervo genético de otra región o la introgresión de genes exóticos en las masas espontáneas generan el riesgo de contaminación genética, lo que puede causar el efecto de depresión por exogamia, por el cual generaciones híbridas avanzadas expresan una aptitud reproductiva inferior a la de los parentales. En el caso de eventos catastróficos en donde hay que restaurar y no se cuenta con el material genético adecuado, puede ocurrir lo que se denomina inundación genética, el acervo genético local se diluye en aquel que trae la plantación lo que conduciría indefectiblemente a la pérdida de variantes alélicas o de complejos multigénicos, incluso de aquellos con valor adaptativo.

Por este motivo la mejor decisión para la elección de material a propagar es el uso de acervos genéticos locales, tanto para programas productivos como de restauración.

Para determinar coincidencias genéticas entre dos masas boscosas no basta con la distancia geográfica entre ellas, también hace falta reparar en la similitud entre sus condiciones climáticas y la autoecología de la especie, en particular su sistema de

apareamiento y el alcance de la dispersión de su polen y semillas, lo que aseguraría la homogeneización de sus estructuras genética a través del intercambio genético o flujo genético entre ambos.

10.4.3.1. Unidades Operativas de Manejo Genético:

Las unidades operativas de manejo genético se conforman por poblaciones que comparten un acervo genético en común, con una primera aproximación a través de marcadores genéticos. A estos grupos se los llama “zonas genéticas” (ZG).

Es insuficiente el uso de marcadores genéticos por el hecho que los mismos no tienen expresión en el fenotipo, por lo que se dice no poseen valor adaptativo. Dos poblaciones con una misma historia de vida y consecuentemente con una identidad genética común valorada a través de marcadores genéticos, pueden haberse diferenciado en las últimas generaciones por aspectos de adaptación a condiciones ambientales distintas. Para estimar estas diferencias y medirlas cuantitativa y cualitativamente es que se utilizan técnicas de vivero en ambiente común. Así surgen entonces las “regiones de procedencia” y con estas últimas se conforman las unidades operativas de manejo genético básicas:

- Zona genética (ZG): un grupo de poblaciones naturales con continuidad geográfica que guardan cierta similitud genética verificada con marcadores genéticos.
- Región de procedencia (RG): un grupo de poblaciones naturales con continuidad geográfica que pertenecen a una misma zona genética y de las cuales se esperan similares respuestas adaptativas, comprobando caracteres cuantitativos a través de ensayos con condiciones ambientales homogéneas.

Las zonas genéticas pueden servir para la definición de unidades de conservación, en cambio sí se fueran a tomar decisiones de manejo que impliquen el uso de recursos genéticos se deben tomar como base las regiones de procedencia. Estas últimas pueden servir para definir poblaciones base en programas de mejora genética. Tal vez la aplicación más inmediata para las RPs sea la regulación legal o administrativa del manejo de fuentes semilleras y áreas de transferencia de semilla. Las Regiones de Procedencia (RP) son las unidades operacionales de manejo del acervo genético de una determinada especie. Definirlas es fundamental para establecer áreas de transferencia de semillas y definir fuentes semilleras

También se definieron (Díaz Fernández et al. 1995) las “procedencias de área restringida” (PAR) que son poblaciones muy pequeñas aisladas en las que la deriva genética conforma su proceso evolutivo en la modelación de su acervo genético, y donde son esperables procesos de endogamia. La particularidad de sus acervos genéticos las destaca y amerita el esfuerzo de conservación, por lo que resulta muy útil el uso de semillas para forestaciones in situ. Este concepto aplica a las poblaciones marginales existentes en la estepa patagónica.

- Procedencia de área restringida (PAR): una única población natural de tamaño efectivo muy reducido, que exhibe un alto grado de aislamiento genético del resto de las poblaciones y cuyo acervo genético es claramente diferencial.

Existen dos métodos básicos para la definición de RGs:

- El aglomerativo: que consiste en el agrupamiento de poblaciones naturales identificadas y caracterizadas ambiental y genéticamente. Este método requiere contar con un buen mapeo de las poblaciones existentes y con una caracterización genética de las mismas realizada a través de marcadores genéticos neutros y en caracteres cuantitativos potencialmente adaptativos.
- El divisivo: con este método se delimitan RGs comunes a todas las especies que se encuentran en el territorio. Se basa en la identificación de regiones ecológicas distintas en el área de distribución de la especie, a partir de variables ambientales tales como características edáficas, geomorfológicas, altitudinales y climáticas. Se infiere a partir de esto que debido a procesos adaptativos, los patrones de variación genética de la especie son directamente determinados por las variables ambientales en consideración. Este proceso entonces no contempla que la historia evolutiva de la especie puede haber impreso caracteres genéticos particulares a una determinada población. Es por ello que se prefiere utilizar el método aglomerativo aun conllevando un proceso más complejo.

La selección de regiones de procedencia posibilita reducir el riesgo de mala adaptación de las futuras plantaciones ex situ y de contaminación genética de los bosques naturales que las rodeen, ya que se contará con una herramienta fundamental para el uso de orígenes a utilizar en cada sitio de plantación.

Hoy se cuenta con un mapeo digital detallado del Ciprés de la Cordillera en Argentina.

Para el análisis conjunto de los datos ambientales, genéticos y de distribución de la especie INTA desarrolló un sistema de información geográfica (SIG) con un software tipo ArcView. El producto de este análisis concluyó con mapas de la distribución total de la especie en Argentina subdividida en las regiones de procedencia definidas.

10.5. Etapas del programa comprendidas en la práctica laboral y evolución general del mismo

La práctica comprendió el ciclo completo de producción de plántulas de *Austrocedrus chilensis* “Ciprés de la Cordillera” incluyendo tareas de:

- Cosecha de semillas en poblaciones representativas de la cuenca (la definición de Regiones de Procedencia aún estaban en estudio)
- Apertura de conos y extracción de semillas.
- Separación y limpieza de los lotes de semillas
- Disposición y almacenamiento de los mismos.
- Preparación de los lotes de siembra
- Tratamiento pre-germinativo
- Preparación de sustratos de siembra y acondicionamiento de invernáculo.
- Siembra
- Repique post-emergencia (inicialmente se estimaron repicar un total de 17.770 plántulas).

Cabe destacar que el volumen de semillas y tratamientos procesados en todas estas tareas, incluyeron 24 procedencias en todo el área de distribución natural de la Argentina y unas

561 progenies de polinización abierta en total, con una producción final de alrededor de 17.000 plantas .

10.5.1. Cosecha de semillas en poblaciones representativas de la cuenca:

Para proceder a cosechar correctamente una especie deben conocerse ciertos aspectos fundamentales e inherentes a la misma, y como ya se ha explicado anteriormente, sabemos que el Ciprés de la cordillera es una especie dioica, o sea que posee las estructuras reproductivas masculinas y femeninas en diferentes individuos. Se reproduce por vía sexual generalmente. Los árboles femeninos y masculinos, alcanzan su madurez sexual aproximadamente a los 20 años (Rovere, 2000). La diferenciación de los amentos ocurre en marzo, haciendo visibles a partir de mayo, donde los árboles adquieren una tonalidad amarilla. Los sacos polínicos se diferencian en junio y la polinización que es anemófila ocurre en noviembre, la proporción de polen abortado aumenta con la edad y el tamaño del árbol. La maduración de los frutos o conos comienza a mediados de noviembre y se extiende hasta mediados de mayo. El ciclo completo de la formación de las semillas se produce en un año (Brion et al. 1993). Con los calores de marzo los conos se vuelven leñosos, y el momento óptimo para su cosecha es cuando 1/3 de los mismos ya están abiertos. Si se cosecharan los conos aun estando verdes o inmaduros la apertura de los mismos se hace inviable definitivamente. Las semillas se dispersan por el viento. Las mismas son aladas y dentro de cada cono se pueden encontrar de 3 a 6 semillas.



Figura 12. Cono con semillas aladas

Un tema importante en el uso de semillas de ciprés es que la misma se ve afectada por el ataque de un microlepidóptero (*Nonodacna austrocedrella*), cuyas larvas se alimentan de la semilla. La intensidad del ataque es variable pero muy extendida, se han medido árboles con hasta el 73% de sus semillas afectadas. El ataque se comprueba a simple vista por el orificio que dejan las larvas en el cono (el estadio de pupa lo hacen en el tronco). Al observar este ataque es importante considerar la cantidad de semillas a usar en la planificación de una siembra.



Figura 13. Ejemplar adulto – Fuente: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Esquel.



Figura 14. Semillas dañadas

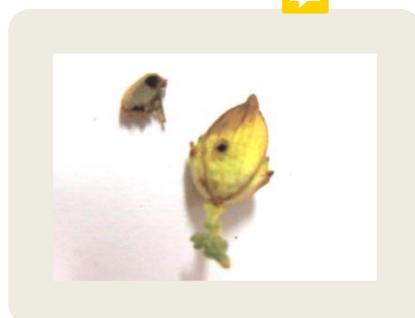


Figura 15. Cono con ataque de microlepidoptero

Fuente: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Esquel.

El objetivo de la cosecha de semillas organizada es lograr, a menor costo posible, la recolección de toda la cantidad necesaria para el plan de producción de plantas que nos hayamos propuesto viverizar.

El Ciprés de la cordillera al igual que otras especies nativas puede pasar por una sucesión de años de escasa cosecha tras otros de grandes producciones lo que se denomina vecería. En particular el año 2013 fue un año de mucha producción de semilla, lo que permitió contar con un volumen importante de la misma para iniciar el programa descrito.

El muestreo de las poblaciones fue completado en el primer trimestre del año 2013. En los meses de febrero a abril de 2013 se cosecharon conos de unos 20-25 árboles por procedencia en 24 procedencias seleccionadas, sobre poblaciones de cada zona atendiendo a representar todos los tipos forestales que forma la especie en Argentina y

las 5 unidades operativas de manejo genético definidas en forma preliminar para la especie (ver mapa con las poblaciones cosechadas). Con este muestreo se cubrieron los rangos ambientales más significativos de la distribución natural argentina de la especie (de precipitaciones, altitudinal y latitudinal). Se colectaron los conos directamente de los árboles, en algunos casos utilizando pértigas, guardando una distancia mínima entre árboles de 30 m para disminuir la probabilidad de muestrear árboles emparentados. Las semillas de cada árbol constituyen así una familia de polinización abierta. El número de familias de polinización abierta cosechadas asciende a 561.

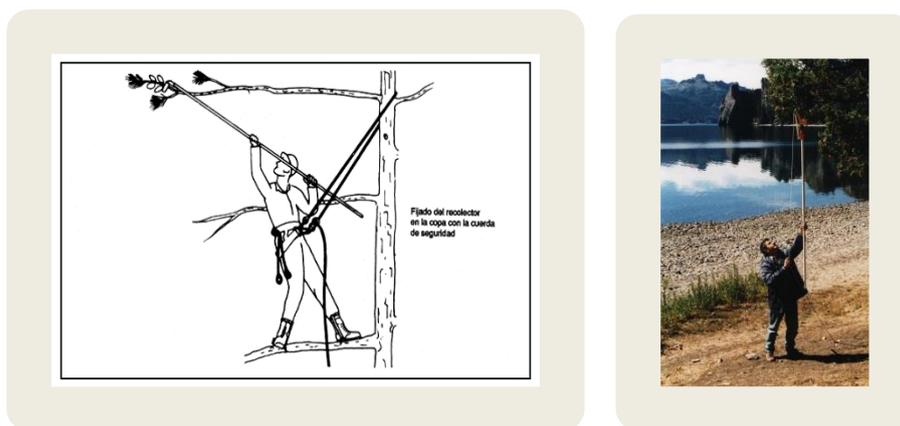


Figura 15. Metodo de recoleccion de semillas

Al momento de seleccionar los individuos a cosechar, se hizo hincapié en encontrar la presencia de valores biológicos sobresalientes, valores sobre los que están basados los fundamentos de la persistencia de bosque a perpetuidad que permiten mantener bosques nativos con un alto valor de conservación, a través de las reglamentaciones vigentes. Estas características que suman valor son árboles adultos mayores a 20 años aproximadamente, de buena forma, vigorosos y carentes de enfermedades, con fuste recto, cilíndrico y sobresaliente sobre la masa arbórea, buen ángulo de inserción de ramas cercano a los 90°, preferentemente cortas y de poco diámetro.

Se tuvo especial cuidado en el proceso de cosecha en controlar de manera precisa la identificación de las semillas y el estado sanitario de las mismas. En cuanto al primer punto, se juntaron las semillas en baldes o bolsas donde se agregaba una etiqueta exterior y otra interior identificando el individuo cosechado. Así mismo se tomó registro de la ubicación exacta de cada uno de los árboles cosechados a través de GPS, para poder

establecer la ubicación en el futuro de los mejores ejemplares, en función de los resultados observados en el vivero.

10.5.2. Apertura de conos y secado, limpieza, almacenamiento y clasificación de semillas:

En relación al estado sanitario se buscó que las semillas estuvieran correctamente oreadas para prevenir el ataque de hongos y posterior pudrición de los lotes.

Una vez en gabinete, el cual contaba con buena luminosidad, aireado, seco y con temperaturas de 20-22°, las semillas se acondicionaron en cajas de cartón previamente identificando cada lote, por el lapso aproximado de unos 15 días, así permitiendo se terminarán de orear correctamente, perdiendo la humedad residual para su posterior almacenamiento.



Figura 16. Secado de semillas

Este proceso contribuye a secar la humedad exterior e interior de la semilla, lo que es fundamental para prolongar la viabilidad de la misma en el tiempo. El contenido de humedad de las semillas debe mantenerse entre el 6 y 9%.

Las semillas de la especie en cuestión son ortodoxas, quiere decir que pueden secarse hasta un rango de humedad bajo, de alrededor del 6-9 por ciento (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0°C durante largos períodos.

Los conos se abrieron finalmente por desecación, pero hubo un porcentaje relativamente bajo de los mismos que no lo hicieron. En este caso se introdujeron los conos cerrados, a modo de ensayo, en agua helada y luego se secaron con viento caliente proveniente de un caloventor y se logró la apertura de varios conos que hubieran estado imposibilitados de abrirse por secado natural.

10.5.3. Separación y limpieza de los lotes de semillas:

Luego se comenzó con la etapa de limpieza de semilla. Este proceso consiste en eliminar todas las impurezas acumuladas durante la recolección. Estas impurezas pueden ser hojas, tierra, fragmentos de ramas, semillas en mal estado, semillas de otras especies y/o insectos. Las semillas pasan por tamices de diferentes diámetros de malla.

Cuando se procesa una gran cantidad de semillas como este caso se debe hacer un gran esfuerzo en no mezclar lotes, es importante mantener siempre la identificación de cada uno y sistematizar el trabajo para no cometer errores que luego repercutan negativamente en los ensayos.

10.5.4. Disposición y almacenamiento de los lotes de semillas:

Se dispusieron las semillas de cada familia en bolsas plásticas por separado, registrando el peso neto de cada lote y como se explicó anteriormente cuidando nuevamente en este proceso no perder su identificación.

Cada uno de los envases donde se almacenó la semilla debía contar con una identificación que indicara mínimamente lo siguiente:

- Especie
- Origen o Procedencia y/o progenie
- Fecha de recolección
- Peso neto

Si se contara con la información también se puede agregar: pureza y capacidad germinativa. Así mismo el recolector.

Las variables utilizadas para determinar la calidad son variables físicas: como pureza y peso y biológicas: como viabilidad, vigor y sanidad. Todos estos conforman lo que se denomina test o análisis de semillas. En este programa solo se utilizaron variables físicas de medición y sanidad. No se realizaron pruebas de germinación para determinar viabilidad y vigor, ya que INTA cuenta con estudios anteriores de variación en la emergencia de semillas de la especie en cuestión.

El peso promedio de 1000 semillas es de 3,94 gramos (Gallo y Pastorino, 2000).



Figura 17. Método de recolección de semillas 

10.5.5. Preparación de los lotes de siembra:

Una vez limpias las semillas y rotuladas, se optó, según grado de pureza y ataque de la larva del microlepidóptero mencionado y otros insectos, por seleccionar una medida

acorde de cada progenie, según el objetivo previamente determinado en cuanto a cantidad de plantines a obtener por cada una de ellas, individualizándolas correctamente. Se tomó como medida standard 1g por familia, en el caso de lotes muy atacados o con mayor cantidad de impurezas se tomaron lotes de 2 o 3 gramos para equilibrar la cantidad de semillas sanas y potencialmente viables. Posteriormente se hizo otra selección tomando de cada progenie 0,5 gramos para mezclarlas en una procedencia que las represente a todas. Teniendo 20 a 25 familias por procedencia se pesaron lotes por procedencia de 10-12,5 gramos aproximadamente.

Para las pruebas de progenie se seleccionaron ciertas procedencias y en este caso no se mezclaron las semillas en una procedencia, si no que se conservó la individualización de cada familia para realizar la posterior siembra.

➤ Para la red de ensayos por procedencias:

Las poblaciones seleccionadas para establecer el ensayo de vivero fueron las siguientes: Cañada molina (Mo), Lago Aluminé (LA), Pulmarí (Pu), Pilolil (Pi), Lago Huechulafquen (Hue), Cerro Comandante Díaz (D), Paloma Araucana (PA), Confluencia (U), Arroyo Chacay (Y), Estancia Paso Chacabuco (Ch), Península LLao LLao (L), Cerro Otto (O), Estancia San Ramón (SR), Estancia Pilcañeu Sur (PS), El Foyel (Fo), Río Azul-Lago Puelo (A), Loma del Medio (LM), El Maitén (M), Estancia Leleque (Q), Lago Rivadavia (V), Lago Futralauquen (Fu), Aldea Escobar (AE), Lago Rosario (Ro), Corcovado (Co).

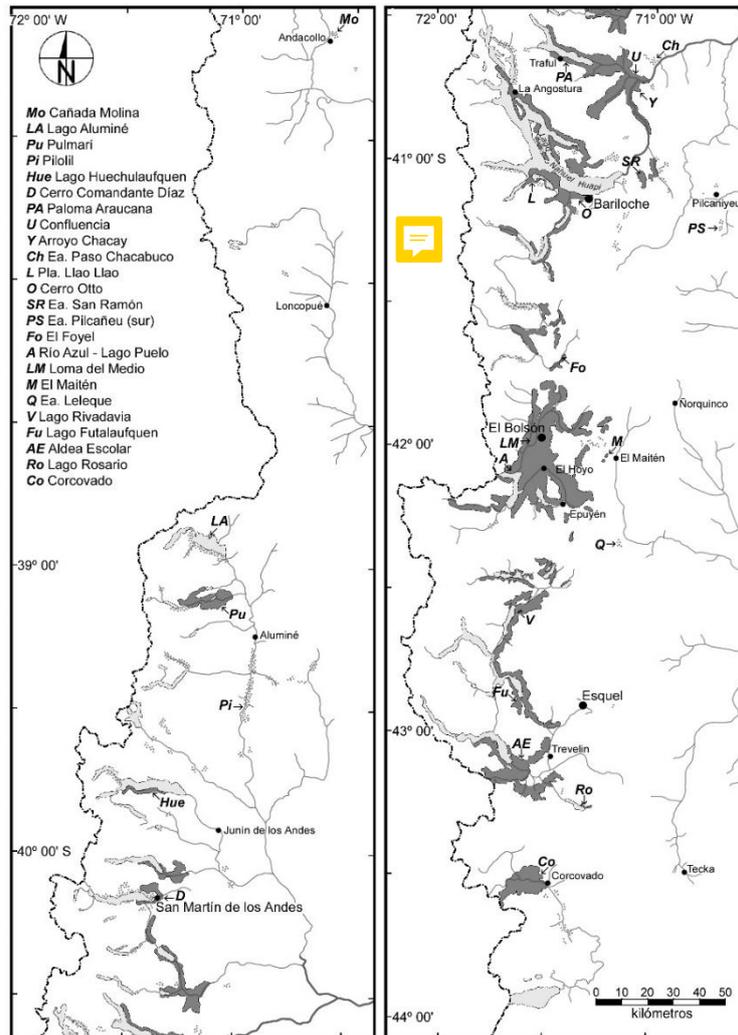


Figura 18. Poblaciones seleccionadas para ensayo

➤ Para la red de Ensayos de Progenie:

Seis de las 24 procedencias cosechadas fueron seleccionadas para ser incluidas en una red de ensayos de progenies. Las 6 procedencias que se seleccionaron representan tres condiciones de precipitación (un sitio húmedo, uno méxico y otro seco) en cada una de 2 transectas latitudinales, una a la latitud de San Carlos de Bariloche, y la otra a la latitud de El Bolsón, cada una con tres poblaciones: Transecta Norte: Villa Tacul (húmeda), Cerro Otto (mésica), Estancia San Ramón (seca). Transecta Sur: Río Azul (húmeda), Loma del Medio (mésica), El Maitén (seca). De esa forma se podrá evaluar si algunas de las características que se midan en el futuro sobre los ensayos instalados con esas plantas, están moduladas por precipitación o latitud. De cada una de estas procedencias se seleccionaron 25 progenies (familias de polinización abierta), lo que hace una total de 150 en cada ensayo. El procesamiento de las semillas y la producción de plantas fueron iguales y simultáneos a los descriptos para los ensayos de procedencias. Se prevé un diseño en parcelas de 6 plantas con tres repeticiones por ensayo.

10.5.6. Tratamientos pregerminativos:

Las semillas luego de esta clasificación y medidas ya por peso exacto, se sometieron a un tratamiento pregerminativo.

El ciprés de la cordillera requiere de un tratamiento previo a la germinación, ya que la especie por ser de bosque templado cuenta con una estrategia adaptativa de supervivencia frente a condiciones adversas. Este fenómeno se denomina latencia y es dinámico. La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo y cuando las condiciones para emerger no sean las adecuadas. Existen diferentes intensidades de latencia y éstas están dadas por las condiciones ambientales en el momento de formación de las semillas. También hay distintos tipos de latencia en función de variables adaptativas que desarrolla cada especie en particular y que responden a características genéticas. Básicamente entre los factores que afectan la germinación, se puede mencionar la latencia fisiológica y la física o morfológica. Puede ocurrir que el embrión se encuentre fisiológicamente inmaduro para germinar o que la semilla posea una cubierta impermeable al agua y/o al oxígeno.

Luego de un estudio realizado en INTA durante el año 2000, por Mario Pastorino y Leonardo Gallo se estableció que en condiciones naturales en vivero, sin tratamiento previo, germina el 12% de las semillas de la especie en cuestión, sobre la base de un ensayo con 11 poblaciones representativas de la cuenca de distribución del ciprés.

La incapacidad de germinación de las semillas o la germinación en porcentajes tan bajos, puede traer problemas en condiciones de vivero. Por ello es preciso simular para la producción de plántulas en vivero, procesos naturales para estimular la germinación de forma uniforme y simultánea. Por lo tanto, mediante la aplicación de protocolos pregerminativos en vivero es posible disminuir la latencia a un grado mínimo, promoviendo la germinación de la semilla.

En este caso, donde aparentemente la especie estudiada tiene un tipo de latencia fisiológica, las condiciones de humedad y bajas temperaturas promueven la pérdida de la latencia, y son estas condiciones las que utilizan los viveristas al incubar estas semillas por meses en frío y humedad antes de su siembra, a este proceso se lo denomina estratificación y consiste en mezclar las semillas con arena húmeda y mantenerlas en bolsas por un período variable de tiempo, que dependerá de la especie, en temperaturas entre 2 y 5°C. En el caso del ciprés de la cordillera, con un tipo de latencia fisiológica el protocolo de tratamiento pregerminativo es de estratificación frío-húmeda por un período de 60 días. Los porcentajes de germinación en vivero luego de cumplir con este, son altos y generalmente exitosos.

Por lo expuesto anteriormente, las diferentes procedencias, se dispusieron en bolsas con arena húmeda previamente esterilizada en autoclave, luego se las sometió a un tratamiento sanitario para prevenir el ataque de hongos evitando así su pudrición. Se utilizó un fungicida de forma preventiva con los siguientes principios activos: Carboxin: 5,6 dihidro-2-metil-1,4 oxatin-3-carboxanilida (20g) y Thiram: bisulfuro de tetrametil tiocarbamilo (20g). Este tiene acción sistémica y de contacto y previene principalmente contra el ataque de Esclerotinia, Phomopsis, Fusarium y protección contra el damping-off causado por Rhizoctonia solani. La dosis aplicada fue de 15cm³ en 3 litros de agua.



Figura 9.

10.5.7. Preparación de sustratos de siembra y acondicionamiento del invernáculo:

En general cuando se va a realizar un ensayo grande, se deben tomar decisiones respecto de los sustratos a utilizar y envases tanto para la siembra como para el repique de plantines.

Cuando se aplican tecnologías que luego deben estar al alcance de los productores, es necesario evaluar los recursos locales para que los insumos tengan la menor incidencia posible en la matriz de costos.

El sustrato que se seleccionó para la siembra en terrinas y bandejas almacigueras fue 50% de turba sphagnum proveniente de Tierra del Fuego y 50% de arena volcánica de granulometría media de Cholila (Chubut). El mismo sustrato se utilizaría luego para el repique de plántulas. Al ser un sustrato inerte, carente de nutrientes, fue seleccionado en base a que la incorporación de los mismos se haría por fertirriego. Se acondicionó para la siembra un invernáculo, en el Vivero Experimental de la Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal del INTA Bariloche con calefacción a 20-22°C y riego por microaspersores y fogger dos veces al día por intervalos de 15 minutos para mantener la humedad constante en los sustratos.

10.5.8. Siembra:

A principios de agosto, una vez finalizado el tratamiento pregerminativo, inmediatamente se sembraron las semillas en almácigos (bandejas y terrinas) las cuales se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 2%. En total se ocuparon 205 bandejas con las semillas separadas previamente en poblaciones y progenies, según la procedencia y el objetivo. Las temperaturas del invernáculo se mantuvieron permanentemente entre 18° y 23° C. Se cuidó la profundidad de siembra ya que esto puede afectar la emergencia de plántulas. La medida recomendada es una profundidad 2 veces el tamaño de la semilla, para luego cubrirla con una capa de arena que evita la proliferación de musgos y malezas, sobre todo en ambientes controlados de temperatura y humedad (invernáculo).



Figura 16

A los 15 días comenzó la germinación. No todos los lotes fueron parejos y hubo diferencias en los porcentajes de germinación, como estaba previsto. Como ya se explicó las distintas procedencias acumulan una serie de variables ambientales que alteran las condiciones fisiológicas de las semillas de cada lote y lo que determinó las diferencias observadas en la emergencia. Se estimaba según estudios anteriores de poblaciones locales (Mario Pastorino et al., 2012) un porcentaje de capacidad germinativa del orden del 70%. En una de las procedencias donde no hubo germinación en absoluto, se decidió someter el lote de semillas de reserva del mismo origen, a tratamiento con hormonas, específicamente giberelinas, las cuales actúan sobre la estimulación y madurez del embrión. Según el protocolo de tratamiento con esta hormona para Ciprés de la cordillera, se utilizó una dosis de 1000 ppm con un tiempo de inmersión de las semillas en solución de 12 horas. En el caso este se preparó 1 gramo de la hormona por litro de agua. Se obtuvo un resultado medianamente favorable con un bajo porcentaje de germinación pero al menos se pudo contar con algunos plantines.

10.5.9. Repique post-emergencia (inicialmente se estimaron repicar un total de 17.770 plántulas)

Seguidamente se inició el repique de pos-emergencia a bandejas de contenedores con sustrato inerte de turba y arena. Se utilizaron plugs de tubetes de 28 celdas de 265 cm³, con costillas o ranuras laterales en base a observaciones realizadas en ensayos anteriores donde se logró el mejor desarrollo de raíces y diámetro de cuello. Estos contenedores se han desarrollado para controlar el espiralamiento y otras deformaciones de las raíces por medio de la poda al ponerse en contacto con el aire. El principio básico que utilizan es sencillo: las raíces dejan de crecer y se suberizan cuando llegan a una hendidura lateral, tal como sucede con las raíces que llegan al orificio del fondo del contenedor.

La elección del contenedor es una de las consideraciones más importantes al establecer un cultivo, el tipo y tamaño de contenedor no solo determina la cantidad de agua y nutrientes minerales que están disponibles para el crecimiento de una planta, sino que también afecta otros aspectos operativos del vivero, como el tamaño de la mesada y el tipo de equipo o mano de obra a utilizar para el llenado y extracción de los contenedores. El tamaño del contenedor puede determinarse en función de varias de sus expresiones, de las cuales el volumen, la profundidad y el diámetro son las más importantes. El volumen de un contenedor determina el tamaño que podrá alcanzar la planta que crezca en el

mismo. Para plantas forestales el mayor volumen a bajas densidades de plantas repercute en el crecimiento en altura y en diámetro de cuello obtenido. El largo del contenedor es importante porque determina la longitud del sistema radical, lo cual es un factor clave para sitios de plantación secos. En contenedores con múltiples celdas o cavidades, la distancia entre plantas es otro factor importante a considerar. El espaciamiento afecta la cantidad de luz, agua y nutrientes que están disponibles para cada planta. La distancia entre contenedores afectará la altura, la rectitud de los tallos, el diámetro del cuello y la frondosidad.

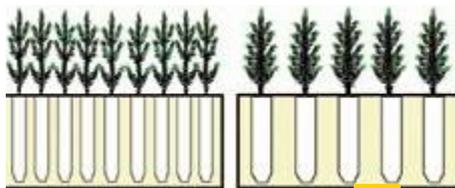


Figura 21. Fuente CIEFA 

Cuando se aplica agua a un contenedor lleno de sustrato, esta percola hacia abajo, por acción de la gravedad, hasta llegar al fondo. Allí se detiene por la atracción del medio de crecimiento, creando una zona de saturación que está siempre presente en el fondo de todo contenedor. Con igual sustrato, la profundidad de la zona de saturación es siempre proporcionalmente mayor en los contenedores menos profundos.



Figura 22. Fuente  FAP

Para los ensayos de procedencias, de las cuales se habían seleccionado 18 de ellas, las cuales estaban representadas por un mix de progenies, se repicaron 364 plantas por cada una de ellas. Se destinaron 13 bandejas por procedencia de 28 celdas. El total de plántulas repicadas para este ensayo fue de 6.552.

Para los ensayos de progenie, donde se plantearon 6 procedencias correspondientes a 2 transectas latitudinales, se destinaron 2,5 bandejas de 28 celdas por progenie. Contando unas 25 progenies por procedencia en promedio, el total general para estos ensayos fue de 10.500 plántulas.

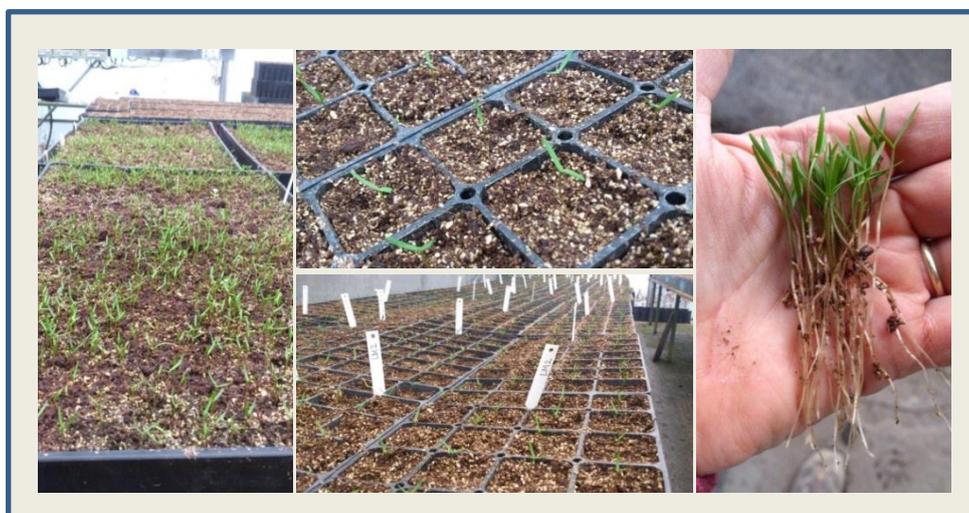


Figura 23 

Hubo una mortandad importante de individuos durante el repique, las plántulas se debilitaban por la raíz hasta perderla completamente y luego morían. No se pudo establecer la causa pero preventivamente y ante la presencia de un díptero que se observó dentro del sustrato, no especificado, se procedió a fumigar con un insecticida que contenía cipermetrina. También puede haber influido algún hongo no identificado.



Figura 2 

Hasta esta etapa se trabajó en el proyecto detallado, luego se iniciaron las siguientes etapas las que se continuaron con personal de INTA exclusivamente.

10.6. Etapas subsiguientes del programa no comprendidas en la práctica laboral

10.6.1. Cría de plantas en vivero:

Las plantas se encuentran en el invernadero ULMA, con condiciones ambientales controladas, por dos temporadas, con un sistema de fertirriego según protocolos ajustados. En dos ciclos vegetativos se espera lograr plantas de 20 a 30 cm de altura, rustificadas y aptas para la plantación a campo.

10.6.2. Trasplante a campo:

Durante el presente año (2015) se instalarán en el campo al menos tres ensayos con todas las procedencias. Se seleccionarán los sitios captando el gradiente latitudinal en el que se distribuye la especie pero procurando buenas condiciones, que aseguren la supervivencia. El sitio más austral se ubicará en la Estación Agroforestal Trevelin del INTA, el sitio central podría ubicarse en el Campo Forestal Gral. San Martín del INTA en El Bolsón, y se procurará un sitio septentrional en la Provincia de Neuquén, para lo que es posible la asociación con la empresa estatal CORFONE, con la que INTA Bariloche tiene convenios en curso.

El diseño de cada ensayo será en parcelas de 40 plantas con 3 repeticiones (120 plantas por procedencia, unas 2880 plantas totales por ensayo). Se plantará a alta densidad (1 X 1 m) para minimizar la heterogeneidad micro-ambiental, con lo que la superficie necesaria por ensayo será de un cuarto de hectárea aproximadamente. Se pondrá protección contra liebres y ganado doméstico con un alambrado perimetral de malla (tipo gallinero).

La instalación de la red de ensayos marcará el inicio de estudios sobre la variación de caracteres adaptativos para la especie que se desarrollarán en los años siguientes en forma permanente.

10.7. Etapa final del programa según los objetivos detallados:

10.7.1. Selección y generación de materiales básicos de propagación

Para cada una de las tres principales unidades operativas de manejo genético (UOMG) definidas en forma preliminar para la especie (Pastorino & Gallo 2009^a y b) se definirá una APS y se instalará un huerto semillero de progenies. Para las APS deberán evaluarse en el campo distintas alternativas en base a ubicación, accesibilidad, productividad y calidad general de los rodales. Las APS definidas se inscribirán en el INASE como material base de propagación.

Para uno de los huertos, el correspondiente a la UOMG sur, ya se produjeron las plantas de manera análoga a la descrita para los ensayos de procedencias, pero en este caso la siembra se llevó a cabo en el vivero forestal de la Estación Agroforestal Trevelin, del INTA, y además, en vez de un régimen de fertirrigación, se optó por aplicar fertilizantes de liberación lenta junto con el sustrato y riego con agua. En este caso se representaron cuatro procedencias correspondientes a la UOMG sur, con un total de 96 progenies. Por cada una de estas progenies se repicaron 24 plantas. En 2015 se instalará en el predio del INTA en el Campo Agroforestal Trevelin un ensayo de progenies con un diseño de parcelas monoárbol, con al menos 15 repeticiones, de tal modo que luego de la evaluación genética a los 15 años de instalado pueda ser convertido en un huerto semillero. El mismo procedimiento se repetirá para las UOMG central y norte, a partir de una nueva siembra en 2015.

10.7.2. Forestaciones Demostrativas

En la zona de El Manso, El Foyel y Mallín Ahogado, entre las localidades de San Carlos de Bariloche y El Bolsón (Provincia de Río Negro) existen muchos predios ganaderos

con bosque, algunos de los cuales hacen aprovechamiento del mismo e incluso tienen forestaciones con pinos. La casi totalidad de los planes de manejo presentados a la Ley de Bosques 26.331 en la Provincia de Río Negro pertenecen a esta zona.

INTA ha logrado interesar a dos productores para que se involucren en el presente programa. Cada uno de ellos posee un predio que representa una situación ambiental muchas veces repetida en la zona. Existe también un interés manifiesto del Servicio Forestal Andino de la Provincia de Río Negro en experimentar alternativas de manejo en ambientes como el de estos dos productores (Dr. Javier Grosfeld, Subsecretario de Recursos Forestales de Río Negro, com. pers.).

En cada uno de estos predios se establecerá una forestación de 2 ha con plantas producidas en el vivero de INTA, con semilla de procedencia local. Para este objetivo ya se han producido 6000 plantas en el vivero forestal del INTA en el Campo Forestal General San Martín de Golondrinas bajo la misma modalidad que en el vivero de Trevelin.

Durante el año 2015 se establecerán las forestaciones demostrativas, con procedimientos y manejos propios de la producción comercial, para lo cual los productores contribuirán con la mano de obra.

10.8. Impactos Esperados

Durante el primer trimestre de 2015 el INTA Bariloche se logró tener la definición de regiones de procedencia. La misma tendrá un impacto inmediato sobre los tomadores de decisión relacionados con el cumplimiento de la Ley 26.331, en particular las direcciones de bosques de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut. Es de esperar que esta definición sirva para reglamentar áreas de transferencia de semillas para la especie. Esta reglamentación repercutirá sobre los interesados en planes de restauración en la región que incluyan la asistencia a la regeneración.

La definición de APSs de la especie servirá para poder llevar un control del material base a utilizar en futuras plantaciones. Esto es relevante para el INASE y repercutirá principalmente en los viveristas de la región. La creación de huertos semilleros específicos para cada región de procedencia significará en el largo plazo un salto cualitativo en los materiales básicos disponibles para la producción de la especie.

La instalación de ensayos de procedencias y progenies es el objetivo de más largo plazo, y pretende sentar bases sólidas para el futuro del programa de mejora genética de la especie. Permitirá el planteo de diversas hipótesis científicas referidas a la variación entre procedencias en distintos caracteres: e.g. fisiológicos, morfológicos, fenológicos, de relevancia ecológica y/o de importancia forestal. En el mediano y largo plazo el impacto será sobre la comunidad de productores a los que se les presente como alternativa económica el uso del Ciprés de la Cordillera en forestaciones comerciales.

El objetivo de las forestaciones demostrativas responde a una demanda actual de los tomadores de decisión (direcciones de bosques) y también de productores. Además de los fines de restauración, existe un interés manifiesto de utilizar especies nativas en forestaciones comerciales, pero aún no existe la experiencia que brinde suficiente seguridad como para que los privados tomen el riesgo empresarial requerido. Aún los impulsores de esta idea carecen de la seguridad necesaria para apoyarlos en esa decisión. Las experiencias a escala productiva tendrán impacto sobre toda la comunidad de

productores de la zona de referencia en Río Negro, y posiblemente trasciendan fuera de ella en el resto de la región cordillerana de Nordpatagonia.

11. CONCLUSIONES:

El programa en cual participé, desde mi punto de vista es de gran importancia para la zona si se lo continúa con una visión de largo plazo y no depende solo del financiamiento otorgado en una situación conyuntural específica, sino como parte de una política de estado con una base de sustentabilidad en el largo plazo, donde los productores puedan proyectar inversiones y que las mismas se encuadren en un marco jurídico que genere expectativas de seguridad y confianza, con líneas de financiamiento o incentivos especiales. De esta manera se lograría desarrollar economías regionales que ya no dependan de una matriz productiva como lo es el turismo en la región, sino también con recursos genuinos con los que se podría generar una industria, la de la madera, que hasta el día de hoy significa una asignatura pendiente para nuestra sociedad. La transferencia de tecnología desde INTA en mi opinión debería estar al alcance de todos los productores, hacer conocer los avances del proyecto e involucrar activamente a todos los actores del sector.

12. AGRADECIMIENTOS:

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis profesores Silvana Alsogaray, Santiago Naón, Ariel Mazzoni, Martha Riat, al director de carrera Gustavo Sanchez por su constante apoyo y motivación para finalizar el presente informe y los profesionales del INTA que generosamente me dieron un espacio y tiempo de dedicación. Sus valiosas sugerencias y conocimientos han sido fundamentales para lograr este trabajo.

13. BIBLIOGRAFIA

Donaldo Bran, Virginia Velasco, Juan Gaitán, Priscilla Edwards, Santiago Quiroga, Dardo López y Fernando Umaña, 2010: Proyecto de Evaluación de Degradación de Tierras en Zonas Áridas (LADA), INTA, EEA Bariloche.

Juan José Gaitán, Carlos Rodolfo López. 2007. Análisis del gradiente edáfico en la región andino-patagónica. INTA, EEA Bariloche, Área de Investigación de Recursos Naturales.

Muñoz, E. 1985. Relevamiento integrado de los recursos naturales de la provincia de Río Negro. Comunicación Técnica N°14, Agrometeorología. INTA, EEA Bariloche.

D. Bran, J. Ayesa y C. López, 2000. Áreas Ecológicas de Río Negro. Laboratorio de Teledetección -SIG. INTA-EEA Bariloche.

M.L.Lanciotti, A.A.Marcolin, 1995. Importancia Forestal de los suelos volcánicos de la Patagonia Norte y Central. INTA, EEA Bariloche.

José M. Paruelo, Rodolfo A. Golluscio, Esteban G. Jobbágy, Marcelo Canevari y Martín R. Aguiar, 2005. Ecorregión Estepa Patagónica. Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Nacional de San Luis y CONICET.

M.J. Pastorino, A.G. Aparicio, M.M. Azpillicueta, D.S. Massone, sept. 2013. Un programa de mejora genética de baja intensidad para la domesticación del Ciprés de la Cordillera en Patagonia. INTA EEA Bariloche.

Arana MV, Gallo LA, Vendramin GG, Pastorino MJ, Sebastiani F & Marchelli P, 2010: High genetic variation in marginal fragmented populations at extreme climatic conditions of the Patagonian Cypress *Austrocedrus chilensis*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 941-949.

Bischoff A, Steinger T & Müller-Schärer H, 2010: The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. *Restoration Ecology* 18: 338-348.

Frankel, O.H. 1976. Natural variation and its conservation. Pp. 21/44 in *Genetic Diversity in Plants* (A. Muhammed, R. Aksel and R.C. von Borstel, eds.). Plenum, New York, USA.

Bran D, Pérez A, Barrios D, Pastorino MJ & Ayesa J, 2002: Eco-región Valdiviana: distribución actual de los bosques de “Ciprés de la Cordillera” (*Austrocedrus chilensis*)– Administr. Parques Nacionales – Fundación Vida Silvestre Argentina. Bariloche.

Contardi L, 1995: Morfología, estructura y calidad de semillas de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Flor. et Boul. Publicación Técnica 23 CIEFAP, 41 p.

Langlet, O. 1962. Variación ecológica y taxonomía de árboles forestales.

McKay JK, Christian CE, Harrison S & Rice KJ. 2005: “How local is local?” A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology* 13: 432-440.

Palmberg, C. 1987. Conservation of Genetic Resources of Woody Species. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético, Paper preparado por CIEF Buenos Aires.

Pastorino MJ & Gallo LA. 2000. Variación geográfica en peso de semilla en poblaciones naturales argentinas de “Ciprés de la Cordillera”. *Bosque* 21: 95-109.

Pastorino MJ & Gallo LA. 2002. Quaternary evolutionary history of *Austrocedrus chilensis*, a cypress native to the Andean-Patagonian Forest. *J. Biogeogr.* 29: 1167-1178.

Pastorino MJ, Gallo LA & Hattemer HH. 2004. Genetic variation in natural populations of *Austrocedrus chilensis*, a cypress of the Andean-Patagonian Forest. *Biochemical Systematics and Ecology* 32: 993-1008.

Pastorino MJ, Fariña MM, Bran D & Gallo LA, 2006: Extremos geográficos de la distribución natural del "Ciprés de la Cordillera". *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41: 307-311.

Pastorino MJ & Gallo LA, 2009a: Preliminary operational genetic management units of a highly fragmented forest tree species of southern South America. *Forest Ecology and Management* 257: 2350-2358.

Pastorino MJ & Gallo LA, 2009: Definición de regiones de procedencia para las especies nativas de mayor potencial de domesticación: resultados preliminares en Ciprés de la Cordillera. Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, octubre 2009.

Santiago Varela, Alejandro Aparicio, 2011: Aspectos Básicos sobre semillas y frutos de especies forestales. Recomendaciones para su cosecha. Cuadernillo Área Forestal – INTA EEA Bariloche.

Vargas H., J. Jesús, Basilio Bermejo V. y F. Thomas Ledig, 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales, Segunda Edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco.

Hans M. Heybroek, Consideraciones primordiales: multiplicación y diversidad genética. Instituto de Investigación de la Planificación Forestal y Paisajística de Dorsschkamp, Países Bajos.

Dra. Gabriela Levitus, Dra. Viviana Echenique, Dra. Clara Rubinstein, Dr. Esteban Hopp, Ing. Agr. Luis Mroginski. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. INTA

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro de Semillas Forestales de Danida (CSFD) y Bioversity International, 2004: Conservación y manejo de los recursos genéticos forestales.

Adriana Rovere, Miriam Gobbi, Maria A. Relva: Regeneración de *Austrocedrus chilensis*.

Lic. Cintia Acuña. La biotecnología forestal. INTA-CONICET

Dr. Leonardo Gallo, Dr. Mario Pastorino, 2000: Variación geográfica en peso de semilla en poblaciones naturales argentinas de "Ciprés de la Cordillera".

Dr. Leonardo Gallo, Dra. Paula Marchelli, Dr. Mario Pastorino, Técnica Forestal Fernanda Izquierdo e Ing. Forestal María Marta Azpillicueta, 1993: Programa de Conservación y Utilización de los Recursos Genéticos forestales de especies nativas patagónicas.

Juan José Gaitán, Carlos Rodolfo López, 2007: Análisis del gradiente edáfico en la región andino-patagónica.

Adriana Edit Rovere, 2006. Cultivo de Plantas Nativas Patagónicas, Ediciones Caleuche.

Mario Pastorino, Mercedes Sa, Alejandro Aparicio, Leonardo Gallo, 2012: Variability in seedling emergence traits of Patagonian Cypress marginal steppe populations. *International Journal on the Biology, Biotechnology and Management of Afforestation and Reforestation*.

Callaham, RZ, Investigación de procedencias: estudio diversidad genética asociada a la geografía

Langlet, O., 1971. Two hundred years of geneecology. *Taxon* 20: 653-722