

El método divisivo es el comúnmente aplicado para especies de segundo orden de las que se cuenta con escasa información básica. Con este método se delimitan RPs 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. En este caso se presume que, debido a procesos adaptativos, los patrones de variación genética de la especie son directamente determinados por las variables ambientales en consideración. Esta es una presunción de mucho peso y difícil de aceptar por sí sola, ya que la historia evolutiva de la especie puede haber impreso rasgos genéticos particulares a una determinada población, distintos a los provocados por el solo efecto de su adaptación a las condiciones ambientales actuales. Por este motivo, el método aglomerativo, aunque más complejo, resulta preferible.

La información genética provista por la variabilidad en caracteres adaptativos (cuantitativos) es probablemente la de mayor relevancia para la definición de RPs, ya que estos caracteres serán los directamente involucrados en los procesos de adaptación de la especie en el sitio de plantación. Sin embargo, generar esta información requiere instalar ensayos de ambiente común en vivero o en campo, o sea estudios de mediano y largo plazo. La utilización de marcadores genéticos puede servir mientras tanto para definir ZGs y así delimitar los rasgos más gruesos de las RPs de la especie que sirvan para orientar los pasos hacia una futura definición más detallada. Más aún, los resultados obtenidos con marcadores neutros a su vez combinados con una caracterización ecológica del área de distribución de la especie, pueden permitir una definición bastante ajustada de RPs, ya que se combinaría información sobre procesos demográficos (historia de vida de las poblaciones) con información referida a procesos de adaptación, al menos presumidos.

Si bien existen múltiples antecedentes de definición de RPs en Europa y Norteamérica, en Latinoamérica pueden encontrarse escasos ejemplos (Vergara, 2000) y en Argentina ninguno. En nuestro país contamos con trabajos recientes que, aunque valiosos, sólo han avanzado hasta la identificación de zonas genéticas (Pastorino & Gallo 2009a y b; Azpilicueta et al. 2013). Sin dudas, el Instituto Nacional de Semillas (INASE), órgano del Estado argentino encargado de la regulación del uso de material de propagación, guarda interés en definir RPs para las especies nativas de mayor potencialidad productiva, ya que con esa herramienta podría generar normas de uso y fomento que atiendan al adecuado uso de sus recursos genéticos. En el presente estudio nos proponemos, entonces, definir Regiones de Procedencia argentinas para el Ciprés de la Cordillera, una especie forestal clave de los ecosistemas boscosos del noroeste de la Patagonia y que a la vez tiene una importante potencialidad productiva.

## LA ESPECIE: *Austrocedrus chilensis*

### Autoecología

El Ciprés de la Cordillera [*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizzarri], también llamado Ciprés, y anteriormente Len o Lahuán por el pueblo Mapuche, es una especie forestal nativa de Argentina y Chile. Se trata de una conífera perteneciente a la familia de las Cupresáceas, subfamilia de las Callitroideas (Li 1953), tribu Austrolibocedreas (de Ferré & Gaussen 1968). Su porte en el bosque natural promedia los 20 a 25 m de altura (Foto 1), según el sitio, aunque se citan ejemplares de 37 m (Tortorelli, 1956) y nosotros hemos medido individuos de hasta 44 m (sobre la margen sur del Lago Traful). Los diámetros habituales en árboles adultos están entre los 30 y 40 cm, pero suelen encontrarse individuos de más de 1 m. 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. Su follaje es siempreverde, con hojas escuamiformes, imbricadas, opuestas, dimorfas (2 a 3 mm las laterales y 0,5 a 1 mm las extendidas sobre el tallo) (Rodríguez et al. 1983). Las hojitas laterales poseen una banda blanquecina de ceras epicuticulares (Gallo et al. 2008).



Foto 1: Ejemplar de Ciprés de la Cordillera en el Parque Nacional Nahuel Huapi.

Las funciones sexuales de esta especie están separadas en distintos individuos, reconociéndose árboles femeninos y masculinos (i.e. especie dioica, Brion et al. 1993; Castor et al. 1996). Los estróbilos femeninos (“conos”) se ubican en la parte superior de la copa, en posición terminal, son de forma ovoide y miden de 8 a 15 mm de largo por 5 a 8 mm de ancho (ver Foto 2). Están formados por cuatro brácteas opuestas, dimorfas, las dos mayores son fértiles, con dos óvulos cada una. Los estróbilos masculinos son amentiformes, de unos 6 mm de largo, también de posición terminal, formados por 6 a 8 pares de brácteas fértiles, cada una con 4 sacos polínicos (Castor et al. 1996). Las semillas tienen unos 8 mm de largo, incluyendo un ala membranácea adnata, unilateral (Donoso et al. 2006), y su peso medio es de 3,94 g por 1.000 unidades (Pastorino & Gallo 2000), produciéndose normalmente 4 por cono.

El ciclo completo de la formación de las semillas se produce en un año (Brion et al. 1993). Las fechas de ocurrencia de los distintos estadios fenológicos de este ciclo varían según la latitud, la altitud y las condiciones climáticas de cada año. En los alrededores de San Carlos de Bariloche, la diferenciación de los amentos ocurre en marzo, haciéndose visibles a ojo descubierto recién a partir de mayo. Los sacos polínicos se diferencian en junio y la polinización (que es anemófila) ocurre en noviembre. Los conos maduran un poco más tarde, diferenciándose en mayo, y logrando un tamaño de unos 2 mm recién en octubre. Al momento de la polinización alcanzan un tamaño de 4 mm (Brion et al. 1993). Para enero logran su tamaño definitivo, pero las semillas en su interior son aún de una consistencia lechosa. La maduración continúa por dos meses más, hasta que con los calores de marzo los conos se vuelven leñosos, se resecan y se abren para liberar las semillas que se diseminan por el viento, incluso hasta avanzado el mes de abril.



**Foto 2:** Ramillete de conos maduros, en el punto de cosecha, poco antes de la dispersión de la semilla.

Durante los meses de noviembre y diciembre, en los bosques abiertos es fácil identificar los individuos masculinos por el tono amarronado de su copa, producto de los amentos secos que persisten por un tiempo en la superficie del follaje. Análogamente, en los años de buena fructificación resaltan en el bosque los individuos femeninos en los meses de febrero, marzo y abril, con un tono verde claro, que vira al amarillo y luego al marrón, en este caso por la madurez de los conos. Este cambio de coloración se ha sugerido como un indicador adecuado del momento de cosecha de semillas con fines productivos (Pastorino et al. 2001), desalentándola cuando la coloración de los conos es verde, ya que la semilla se encuentra aún inmadura, y además los conos colapsan, volviéndose muy difícil su posterior apertura para liberar las semillas.

Para germinar y sobrevivir en sus primeros años de vida, el Ciprés requiere protección de la insolación directa. En los bosques ecotonales y esteparios, donde esta protección no se da por efecto del propio canopeo de la especie, el reclutamiento y establecimiento depende de arbustos que actúan como plantas “nodrizas” (Kitzberger et al. 2000). Los estudios fisiológicos de Gyenge et al. (2005, 2007, 2008) han aportado un importante esclarecimiento sobre la estrategia de la especie para adecuarse a las condiciones de humedad descriptas y a esta relación de facilitación con los arbustos en el campo abierto. Estos autores han demostrado que el Ciprés presenta algunas características propias de especies de alta demanda hídrica, tal como una marcada vulnerabilidad a la cavitación xilemática y un alto contenido de agua celular en el punto de pérdida de turgencia. Sin embargo también encontraron que la especie compensa estas vulnerabilidades a través de una rápida respuesta estomática, ya que aún con disponibilidad de agua en el suelo cierra sus estomas frente a una moderada demanda evaporativa (déficit de presión de vapor de 2,5 kPa aproximadamente), evitando que el potencial agua caiga hasta valores críticos. El costo de esta estrategia es una restringida tasa de fijación de carbono, que puede traducirse en un crecimiento limitado, excepto en los sitios con baja demanda evaporativa.

Asimismo, Gyenge et al. (2007) han sugerido que es esta repuesta estomática veloz lo que (fuera de ambientes nemorosos) obliga a la especie a depender de la protección de arbustos en los primeros años de vida, ya que sólo a la sombra de una “nodriza” puede crecer y activar el flujo de agua en su xilema. Esto último sería crucial para lograr un efecto refrigerante sobre el delicado tallo de los primeros años, evitando así el daño celular por sobrecalentamiento a nivel del cuello del plantín. Esta hipótesis se corresponde con la observación de necrosis a nivel del cuello en plantines plantados sin sombra en ambientes secos (Pastorino et al. 2005), lo que resulta esperable al considerar las elevadas temperaturas que alcanza la superficie del suelo (varias veces superior a la del aire) por el solo efecto de la radiación solar.

## Tipos Forestales

El Ciprés forma distintos tipos de bosques, mayormente determinados por las condiciones de humedad, ya que vegeta en un muy amplio rango de precipitaciones, desde menos de 400 mm a más de 2.500 mm anuales. En los sitios más húmedos aparece como individuos dispersos en el bosque de *Nothofagus* (Coihue las más de las veces, pero también acompañando a Roble Pellín y en menor medida a otros *Nothofagus*), comúnmente en las laderas más expuestas, en las márgenes de los lagos o sobre afloramientos rocosos, o sea en ambientes donde puede superar la competencia de los *Nothofagus*. A este tipo forestal se lo ha denominado “mixto marginal” (Gallo et al. 2004). Si bien por su baja frecuencia la relevancia silvícola de esta presencia del Ciprés es menor, desde el punto de vista de la genética poblacional no debe despreciarse, ya que podría tratarse de un frente de avance de la especie, adaptándose a estas condiciones húmedas y de estrecha competencia con los *Nothofagus*. A su vez, bajo la perspectiva de cambio climático, es dable imaginarse para las próximas décadas un mayor desarrollo de este tipo forestal, ya que un posible aumento de la temperatura conjuntamente con una disminución de las precipitaciones favorecería a la especie en su competencia con los *Nothofagus*.

Con menos de 2.000 mm anuales aparecen verdaderos “bosques mixtos”, con una proporción más equilibrada de Ciprés y *Nothofagus* (ver Foto 3), y a medida que baja el nivel de humedad, con unos 1.200 mm de precipitación media anual se encuentran “bosques puros compactos” (Dezzotti & Sancholuz 1991). Muchas veces, la mayor o menor proporción de estos dos componentes del bosque mixto está determinada por las

condiciones locales. Un ejemplo claro se observa en el Cerro Otto, en San Carlos de Bariloche, donde en la ladera sur dominan claramente los *Nothofagus* (Lenga en altura y Coihue a mediana altitud) y en la ladera norte se encuentran bosques puros de Ciprés. Esto se explica porque las condiciones de temperatura y precipitación que a nivel regional son similares de uno y otro lado de la misma montaña, cambian sustancialmente a nivel de sitio, determinando el desarrollo de ecosistemas contrastantes. Desde el punto de vista genético podemos señalar que estos dos tipos forestales del Ciprés (bosques “mixto” y “puro compacto”) son los de mayor desarrollo areal y demográfico, lo que permite suponer procesos de adaptación de sus acervos genéticos a las condiciones ambientales en las que vegetan.



**Foto 3:** Bosque mixto de Ciprés y Coihue (las copas más globosas), con unos 1.500 mm de precipitación media anual. Los cipreses femeninos resaltan por su color amarillo provocado por sus copas cargadas de conos maduros.

En Argentina, hacia el borde este del bosque sub-antártico se describen “bosques marginales” de Ciprés (Dezzotti & Sancholuz 1991), conformando el ecotono con la estepa. Acá la precipitación ronda los 800 mm anuales. Si bien la densidad de individuos adultos por hectárea es baja (200 a 300 á/ha), la superficie que ocupa este tipo forestal es extendida en algunos sectores, lo que también abona la idea de que la adaptación tiene un efecto importante en la modelación de los acervos genéticos locales.

Más allá del ecotono, ya en ambiente estepario y con menos de 600 mm (y hasta casi 300 mm) de precipitación media anual, se destaca la presencia de bosquetes de Ciprés constituidos por algunas decenas de árboles, típicamente vegetando sobre promontorios rocosos en medio de una matriz gramínea (Pastorino & Gallo 2002). En este tipo forestal “marginal estepario”, conformado por árboles centenarios, tortuosos, de unos 6 a 8 m de altura, se ha verificado la propagación vegetativa por medio de acodos de ramas basales (Pastorino & Gallo 1997, ver Foto 4). Si bien la productividad seminal de estos bosquetes es buena, y sus semillas tienen una buena capacidad germinativa (Pastorino et al. 2014), las condiciones ambientales son tan rigurosas que el reclutamiento por la vía generativa es esporádico, dependiente de ciclos plurianuales de condiciones climáticas más favorables que la media (Villalba & Veblen 1997). Así, la propagación vegetativa sería una estrategia habitual para la persistencia de estos bosquetes.



**Foto 4:** Grupo de cipreses reproducidos vegetativamente por acodo de ramas basales. Todos estos árboles corresponden a un único genotipo.

Desde un enfoque genético, tal vez lo que más destaca al tipo forestal marginal estepario es su grado de aislamiento. En muchos casos la distancia en línea recta entre algunos de estos bosquetes y los parches ecotoniales más próximos de la especie es de varios kilómetros, y en el norte neuquino pueden medirse distancias de más de 100 km de aislamiento. Esta característica, sumada a su exiguo tamaño poblacional, permite pronosticar un fuerte impacto de procesos de deriva genética y endogamia en la modelación de sus acervos genéticos, muy probablemente de mayor efecto que la adaptación a las condiciones locales.

## Historia de Vida

La historia de vida de una especie nos puede ayudar a conformar un panorama general de sus patrones de variación genética. El trazo más grueso en la reconstrucción de esta historia de vida se basa en el análisis de sus relaciones filogenéticas con especies emparentadas. Para rastrear el origen de algunas relaciones filogenéticas actuales debemos remontarnos a otras eras geológicas en las que territorios que hoy se encuentran separados por océanos se hallaban conectados. *Austrocedrus* habría llegado a Sudamérica desde África en el Triásico, hace unos 200 millones de años (de Ferré & Gaussen 1968), momento hasta el cual estos dos continentes actuales se hallaban unidos. Esto explica la cercana relación filogenética con el género sudafricano *Widdringtonia*, del cual derivaría. Hacia fines del Cretácico (alrededor de 90 millones de años atrás) se separaron Nueva Zelanda (primero) y Australia (después) del continente que conformaban junto con América del Sur y Antártida. Esa ancestral conexión explica las relaciones florísticas entre estas masas de tierra (Arroyo et al. 1995), que en el caso de *Austrocedrus* se verifican con los géneros *Libocedrus*, *Papuacedrus* y *Diselma*, de Nueva Zelanda, Nueva Caledonia, Nueva Guinea y Tasmania (de Ferré & Gaussen 1968).

Sin embargo, el área de distribución actual del Ciprés y la constitución genética de sus poblaciones naturales en el presente, difícilmente se deban a lo sucedido en tiempos tan arcaicos. Por otro lado, tampoco es probable que puedan explicarse únicamente por adaptación a las condiciones ambientales actuales. Los climas y las relaciones ecológicas del pasado más reciente debieron sin dudas jugar un rol importante en los patrones genéticos y de distribución de la especie. También algunos disturbios puntuales

o recurrentes pudieron haber tenido un impacto relevante.

Entre los disturbios a considerar se encuentran las glaciaciones, siendo la de mayor impacto en los patrones actuales la última de ellas, con un máximo (último máximo glacial: UMG) ocurrido hace unos 20.000 años. La vastedad de este evento desplegado sobre el área que actualmente ocupa el Ciprés, modificó fuertemente la biota regional. No sólo devastó los ecosistemas previos, sino que los que los sucedieron fueron modelados en función de su impacto. Se trató de una capa de hielo de cientos de metros de espesor, que atravesó la Cordillera de los Andes, cubriendo desde el borde occidental de los lagos de Chile y desde el Océano Pacífico a la latitud de la Isla de Chiloé, hasta el borde oriental de los lagos de la Patagonia argentina. En el mapa regional de Regiones de Procedencia de la especie, y también en los mapas de cada una de las RP definidas, puede verse representada la línea del borde glaciario correspondiente al UMG. Los primeros en trabajar en la delimitación del UMG en nuestro país fueron Flint & Fidalgo (1964, 1969), cuyos estudios pioneros son cita obligada, pese a que se restringieron al rango de latitudes entre los 39° S y los 43° S. Luego Hollin & Schilling (1981) publican un reporte de escala continental, y más recientemente Glasser et al. (2008) delinearon el borde glaciario entre los 38° S y 56° S, aunque con mayor precisión por la disponibilidad de los avances tecnológicos. En nuestro trabajo utilizamos la representación de Glasser et al. (2008), con el agregado de la línea de Hollin & Schilling (1981) hacia el norte de los 38° S.

Para ponderar en toda su dimensión el impacto de la glaciación, a la inmensa superficie demarcada por la línea del UMG debe sumarse la correspondiente a los fenómenos periglaciares, caracterizados por el permafrost, el congelamiento estacional del suelo y procesos de soliflucción, ya que aunque no haya estado cubierta por glaciares, en estos ambientes tampoco es posible el establecimiento de árboles. No contamos con estimaciones de cuál fue la superficie sometida a fenómenos periglaciares, pero podemos presumir que se trató de una franja más o menos continua que bordeó a los glaciares.

El primer impacto de la glaciación fue entonces la retracción de la superficie ocupada por el Ciprés. La especie sobrevivió en refugios ubicados a ambos lados de la Cordillera (Pastorino & Gallo 2002, Pastorino et al. 2004, Iglesias et al. 2014), desde los cuales recolonizó las áreas glaciadas al derretirse el hielo, lo que ocurrió a partir de 14.000 años AP (antes del presente), momento a partir del que se establecieron condiciones climáticas similares a las actuales. Los refugios habrían sido múltiples (Markgraf et al. 1995). En la vertiente occidental de los Andes se habrían ubicado en el Valle Central y en el pedemonte de la Cordillera de la Costa, sitios que no fueron glaciados ni sometidos a fenómenos periglaciares (Veit & Garleff 1995). Conforme la temperatura global se incrementó y las tierras quedaron libres de hielo, la especie habría trepado desde allí las laderas orientales de la Cordillera de la Costa y las laderas occidentales de los Andes (Pastorino 2000). En la vertiente oriental de los Andes, probablemente el espacio apto para el Ciprés fue más restringido, quedando circunscripto a una estrecha franja frente al borde del campo de hielo y de espaldas a la aridez extrema de la estepa. La rápida recolonización evidenciada por registros palinológicos (e.g. Markgraf 1984, Markgraf & Bianchi 1999) abona la hipótesis de múltiples refugios.

Asimismo, durante el período glaciario el manto de hielo actuó como una barrera genética entre las poblaciones que persistieron a ambos lados de la Cordillera. Este aislamiento pudo conducir la evolución de los acervos genéticos de estos dos grupos por distintos caminos, por lo que sería esperable una divergencia importante entre las

poblaciones chilenas y las argentinas.

Es difícil estimar el número y el tamaño de los refugios glaciares, pero del lado oriental de la Cordillera es probable que las poblaciones supervivientes hayan sido muchos pequeños parches. La baja diferenciación entre poblaciones detectada en la actualidad, con un sentido preminentemente latitudinal (ver capítulo de variación genética), nos impulsa a imaginar una cierta continuidad de esos parches, formando una suerte de franja bordeando el frente glaciario a partir del área libre de procesos periglaciares. Un flujo genético importante entre estos remanentes, o sea el intercambio de información genética a través de polen o de semillas, es un requisito para la baja diferenciación que encontramos actualmente. De manera alternativa puede postularse la hipótesis de una recolonización a partir de pocos de estos múltiples refugios.

La conformación de nuevas poblaciones en las áreas previamente glaciadas tuvo que darse por un proceso paulatino de recolonización, iniciado con el establecimiento de unos pocos individuos que actuaron como receptores de polen y que devinieron en progenitores de la primera generación local. Este proceso implicó necesariamente un empobrecimiento genético por deriva en ese frente de avance, a lo que se denomina “efecto fundador”. Por este motivo es esperable que las fuentes de la recolonización (los refugios glaciares o los bosques que los sucedieron in situ) alberguen hoy un acervo genético más rico que los de las zonas recolonizadas.

Existe otro factor que por su extensión puede también haber tenido (y tener) un efecto demográfico sobre los acervos genéticos generales de las poblaciones de Ciprés: los incendios forestales. Si bien su impacto es mucho menos generalizado que el de las glaciaciones, pueden producir “cuellos de botella” locales y consecuentemente provocar procesos de deriva genética que lleven a perder localmente variantes alélicas o genotípicas. El comportamiento del fuego en un incendio es azaroso, por lo cual difícilmente el efecto sea el mismo de un siniestro a otro. En algunos casos, un “fuego lento” puede acabar en forma completa con toda una población y la comunidad que integra, volviendo muy difícil la recolonización del sitio. Y si se concreta la recolonización, probablemente cambiará la constitución genética original por la de las poblaciones vecinas que actúen como fuente de semillas. En el caso de un “fuego rápido” pueden quedar remanentes no sólo en la periferia del siniestro sino también hacia el interior del mismo. Estos árboles supervivientes facilitarán la recolonización, pero posiblemente con un acervo genético empobrecido por deriva (efecto “cuello de botella”), y en la siguiente generación darán lugar a procesos de endogamia.

Como evidencia de la antigüedad de incendios masivos en Patagonia, en los perfiles de suelo de algunos sitios se han reportado estratos de carbón que han sido radiométricamente datados con fechas de más de 4.500 años AP (e.g. Goldammer 1993, Goldammer et al. 1996, Heusser et al. 1988). En cuanto a incendios más recientes, ocurridos en los últimos 100 a 200 años (y antes también), las evidencias son añosos cipreses aún en pie que es común hallar en muchos bosques puros de la especie. Se trata de ejemplares sobremaduros, muchas veces de más de 1 m de diámetro, con gruesas ramas desde la parte inferior del fuste, inmersos en un bosque claramente más joven (probablemente sus descendientes) y con cicatrices de fuego que han servido para datar la ocurrencia del incendio del cual fueron supervivientes (Kitzberger et al. 1997). Estos árboles ocurren con muy baja frecuencia en el bosque, lo que da una idea de lo que quedó luego del incendio: apenas algunos pocos supervivientes en un campo arrasado.

En referencia a tiempos evolutivos, la principal causa natural de incendios forestales en el área de distribución del Ciprés ha sido posiblemente el vulcanismo. La frecuencia

de estos eventos ha sido mayor que la que intuitivamente se percibe. Para los tiempos modernos existen registros de más de 200 erupciones volcánicas en los últimos 500 años en el área cordillerana entre los 36° S y los 43° S (Simkin & Siebert 1994). El vulcanismo es causa de ignición, pero tiene también un efecto directo en el deterioro masivo del bosque por la lluvia de cenizas y piroclastos de mayor dimensión.

La otra causa natural de inicio de incendios son los rayos, aunque sólo es relevante en las latitudes más bajas del área de distribución del Ciprés en Argentina (al menos bajo las condiciones climáticas actuales). Según registros de la Administración de Parques Nacionales, los rayos fueron la causa de ignición de incendios responsables de la quema de 19.450 ha de las 118.550 ha quemadas entre 1938 y 1996 en los parques nacionales Lanín, Nahuel Huapi, Lago Puelo y Los Alerces (Veblen et al. 1999).

Pero también hay incendios de origen antrópico. Estos comenzaron con la llegada del hombre a la región hace más de 10.000 años. Existen registros paleontológicos del uso del fuego en la estepa patagónica que datan de unos 12.600 años AP (Heusser 1987). En tiempos más recientes, contamos con los relatos de viajeros del siglo XIX (e.g. Musters 1871, Claraz 1988) que fueron testigos directos del uso del fuego por parte de los pueblos originarios con diversos propósitos: calefacción, cocción de alimentos, comunicación y también como herramienta para acorralar a sus presas de caza (i.e. guanacos, choiques). Es dable esperar que estos fuegos de la estepa pudieran en ocasiones iniciar incendios en los bosques, especialmente en los de ecotono, en los que el Ciprés es preponderante. Y ya en el comienzo del siglo XX, con la colonización europea de la Patagonia, los incendios masivos de bosques fueron una tarea intencional para habilitar tierras a la ganadería y agricultura. Hay reportes minuciosos de estos esfuerzos de destrucción que acabaron con miles de hectáreas de bosques en incendios de semanas (e.g. Rothkugel 1913, 1916). A partir de una explícita política de supresión de fuegos en los años '30, el Ciprés comenzó un proceso de recolonización en los ambientes de ecotono, provocando la coalescencia de bosquetes remanentes (Kitzberger & Veblen 1999).

## DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL CIPRÉS DE LA CORDILLERA

Hecho este repaso sobre la historia de vida de la especie y los eventos que han podido condicionar su distribución natural, sólo nos resta ver dónde encontramos hoy Cipreses en Argentina. Esto es esencial para poder planificar la conservación y uso de sus recursos genéticos. Los rangos ambientales que ocupe nos describirán la adaptabilidad de la especie y nos brindarán la posibilidad de formular hipótesis de variación en sus caracteres cuantitativos. Los sitios en los que los individuos expresan mayor vigor y tamaño, y las poblaciones que conforman adquieren su mayor desarrollo en términos de continuidad y densidad, nos indicarán los óptimos ambientales del Ciprés. El conocimiento de estos óptimos resulta fundamental al momento de planificar su cultivo, especialmente si se pretende hacerlo *ex situ*, tanto con fines de conservación como productivos. Por otro lado la identificación de poblaciones marginales también es relevante puesto que pueden presentar variantes genéticas particulares, justamente adaptadas a ambientes no habituales, y ser por tanto de gran utilidad en un programa de uso con proyección hacia esos ambientes.

Asimismo, yendo más allá de un enfoque orientado hacia la producción, la sola presencia de la especie es informativa para variados propósitos, como por ejemplo la reconstrucción de la paleovegetación, estudios de genética poblacional o análisis de la dinámica de distribución. De este modo, la presencia natural de individuos con baja frecuencia, aun de individuos aislados y de bajo vigor, puede interpretarse como flujos de colonización reciente o, por el contrario, como remanentes de una paleodistribución determinada por condiciones ambientales distintas de las presentes. En cualquier caso, esa presencia constituye un dato fundamental para comprender la historia evolutiva reciente de la especie.

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).

### Mapeo de la Distribución Argentina

Los antecedentes sobre el mapeo del Ciprés han tomado por objeto de estudio a la especie como tipo forestal, o sea masas puras que puedan ser identificadas como "bosques" (i.e. con una densidad que permita observar una cierta continuidad arbórea en los polígonos), o masas mixtas en las que la especie integra el estrato dominante.

En esta publicación mapeamos en Argentina la sola presencia de la especie,

independientemente de su frecuencia en los ecosistemas que conforma. Así, en algunas áreas esteparias del norte o en matorrales mixtos de la zona central, hemos delineado algunos polígonos de gran superficie en los que el Ciprés se encuentra en densidades que ni siquiera alcanzan los 20 individuos adultos por hectárea. En ciertos casos esta presencia puede indicar etapas sucesionales tempranas en camino hacia un bosque de Ciprés de mayor densidad (por ejemplo en los matorrales mixtos post-fuego; ver Foto 5), pero en otros se trataría de sistemas estables en sitios que simplemente resultan marginales para la especie (por ejemplo en áreas de ecotono con la estepa). Por otro lado, hemos utilizado puntos para representar bosquetes aislados muy pequeños, constituidos por una veintena de individuos (entre 1 y 30). Estos bosquetes no se han tenido en cuenta para los cálculos de superficie. Asimismo, la especie está presente sobre las márgenes de muchos de los lagos de la región y del Río Aluminé. En algunos casos esta presencia amerita la representación por polígonos, pero en otros su baja frecuencia nos lleva a manifestarla por puntos.

**Foto 5:** Matorral mixto post-fuego, donde ya se ven emerger las copas de los jóvenes cipreses por sobre el dosel general.



Para nuestros mapas nos hemos basado en cinco fuentes de información digital de estudios previos: 1) un trabajo específico sobre la distribución de la especie (Bran et al. 2002), 2) el Inventario Nacional de Bosque Nativo llevado a cabo en 2002 (SAyDS 2005), 3) un diagnóstico de biodiversidad del Parque Nacional Lanín (Funes et al. 2006), 4) el inventario actualizado de bosques nativos de la Provincia de Chubut (Bava et al. 2006), y 5) un plan de manejo del área protegida Cañada Molina (Di Martino et al. 2012).

El trabajo de Bran et al. (2002) ha sido la base sobre la que elaboramos un mayor detalle. Se trata de un estudio a escala 1:250.000 sobre imágenes Landsat – TM, con interpretación visual sobre pantalla, apoyo de antecedentes bibliográficos e identificación sobre terreno de los bosquetes esteparios reportados. El Inventario Nacional (SayDS 2005) también fue realizado a una escala 1:250.000. La publicación de Funes et al. (2006) tiene un muy buen grado de detalle (escala 1:100.000), pero se restringe al área del Parque Nacional Lanín. Análogamente, el inventario de Chubut también abarca un área restringida, ya que se limita a esa provincia y no incluye las áreas bajo jurisdicción de la Administración Nacional de Parques. En este caso se trata de una actualización en base a imágenes Aster de la actualización del 2001 del inventario provincial llevado

a cabo en 1997 por la Dirección General de Bosques y Parques de la Provincia de Chubut. El plan de manejo de Di Martino et al. (2012) es de incumbencia extremadamente local, pero decidimos considerarlo dada la relevancia de los cipreses que involucra. Incluye un mapeo de todos los bosquetes de Ciprés en el extremo septentrional de la distribución de la especie en Argentina. El estudio es tan minucioso que se han mapeado incluso los individuos dispersos uno a uno. Los trabajos posteriores y de mayor escala que el de Bran et al. (2002) han sido de suma importancia para lograr un mapeo más actualizado y de mayor detalle.

Sobre esta información digital, mayormente lograda por interpretación sobre productos de teledetección, hemos realizado correcciones o incorporaciones a través de datos provistos por informantes locales calificados con conocimiento directo del terreno, muchos de ellos con numerosos años de experiencia en trabajos sobre los ecosistemas involucrados<sup>1</sup>. En algunos puntos controversiales con accesibilidad hemos realizado controles de campo. También sumamos algunas citas puntuales de presencia de la especie que encontramos en la bibliografía (Pastorino & Gallo 2004, Souto et al. 2012). En todos estos casos, las dimensiones de los parches boscosos y el diseño de los polígonos se ajustaron por interpretación sobre pantalla de las imágenes *on line* provistas por el software libre Google Earth versión 7.1 (URL: <http://www.google.com/intl/es/earth/index.html>).

Para la visualización, diferenciación y posterior digitalización de los parches boscosos se utilizaron dos tipos de imágenes de base: por un lado, un mosaico satelital confeccionado en el Laboratorio de Teledetección y SIG de la EEA Santa Cruz de INTA con imágenes LANDSAT orto-rectificadas por la Universidad de Maryland; y por otro lado, el software Google Earth, por la resolución de sus imágenes y la posibilidad de corroborar y limitar los bosques. Todas las capas de información utilizadas fueron llevadas a un sistema de proyección común: el Sistema Gauss- Krüger con elipsoide WGS 84. La escala de trabajo fue condicionada por las de las capas de información originales, pero en muchos casos la información de terreno nos permitió un mayor grado de detalle. Las producciones cartográficas fueron realizadas utilizando el software ArcGis 10 y en forma complementaria el Erdas Imagine 9.1, Quantum Gis 2.4.0 y Google Earth.

Los resultados de este estudio específico se presentan en un mapa regional a escala 1:2.800.000 y cuatro mapas de mayor detalle a escala 1:750.000. A través del GIS desarrollado se calcularon las superficies de las áreas con presencia de Ciprés, arrojando un total de 262.422 ha, de las cuales 109.634 ha están bajo jurisdicción de la Administración Nacional de Parques, o sea casi el 42 % del total se encuentra bajo la protección del Estado Nacional dentro del sistema de Parques Nacionales. Debe mencionarse que las provincias también conservan al Ciprés bajo sus jurisdicciones, en diversas áreas naturales protegidas con variado régimen de conservación.

La superficie total es muy superior a la calculada en el estudio previo de Bran et al. (2002). Esto se debe en parte a la información que hemos sumado en este nuevo estudio, pero más aún al cambio de criterio de mapeo, que en este trabajo es más extensivo, ya que en lugar del tipo forestal “bosque de Ciprés” ahora mapeamos la “presencia de Ciprés”. En la Tabla 1 se presentan las superficies discriminadas por jurisdicción.

<sup>1</sup> Entre las personas que nos dieron información sobre la localización de cipreses debemos mencionar a Javier Ayesa, Daniel Bocos, Donaldo Bran, Sebastián Di Martino, Eduardo Encalada, Matías Fariña, Leonardo A. Gallo, Javier Grosfeld, Facundo Logreco, Ernesto Maletti, Marcela Manacorda, Abel H. M. Martínez, Verónica Rusch, Yamila Sabatier y Marcelo Santos, con quienes estamos profundamente agradecidos.

**Tabla 1:** Superficies por jurisdicción de áreas con presencia de Ciprés de la Cordillera en Argentina

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
<b>TOTAL</b>	<b>262.422</b>	<b>100</b>

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.

Sobre los mapas de distribución hemos superpuesto las isohietas medias anuales más significativas, ya que el volumen de precipitación es una de las condicionantes ambientales más fuertes sobre la presencia de la especie y las características de los parches boscosos que conforma. Las isohietas acá presentadas fueron calculadas a partir del Atlas Climático Digital de la República Argentina del INTA (Bianchi & Cravero 2010). En cuanto al rango de altitud en el que se desarrolla la especie, encontramos parches boscosos desde los 185 m snm hasta los 1.928 m snm, pero debemos mencionar que este amplio rango no se desarrolla en una misma región, sino por el contrario localmente las diferencias altitudinales difícilmente superan los 300 m.

