



Subprograma *Cedrela*

Autores. Fornes, Luis (a) ; Zelener, Noga (c); Gauchat, M. Elena (b); Inza, M. Virginia (c); Soldati, M. Cristina (c); Ruíz, Verónica (f); Meloni, Diego (e); Grignola, Josefina (a); Barth, Sara (b); Ledesma, Tilda (d); Tapia, Silvia (d); Tarnowski, Christian (d); Eskiviski, Edgar (b); Figueredo, Iris (b); González, Paola (b); Leiva, Nidia (a); Rodríguez, Gustavo (b); Alarcon, Pamela*; Cuello, Roberto*; Gatto Miguel*; Rotundo, Cristian*; Giannoni, Florencia*; Alonso, Fernando M.*; Saravia, Pablo*; Trápani, Adrián*

(a) INTA EEA Famaillá, Tucumán. (b) INTA EEA Montecarlo, Misiones. (c) INTA Castelar-Instituto de Recursos Biológicos, Buenos Aires. (d) INTA EECT Yuto, Jujuy. (e) Universidad Nacional de Santiago del Estero-Fac. de Cs. Forestales. (f) CONICET *Consultores PROMEF.

Resumen Ejecutivo. El Subprograma Cedrela del PROMEF se inició en el año 2010, con el fin de consolidar y dar continuidad al proyecto nacional de “Domesticación de especies nativas de alto valor de las Selvas Subtropicales” que conducía el INTA desde el año 2006, dirigido a llevar a cultivo especies forestales de alto valor socioeconómico de las Selvas, para incrementar la producción de maderas nobles y recuperar áreas degradadas a fin de mantener la función productiva del bosque y de sus servicios ambientales.

El objetivo general del Subprograma Cedrela fue el de proveer a las regiones NOA y NEA de materiales de propagación mejorados de especies nativas emblemáticas, adaptados a diferentes condiciones ecológicas y finalidades.

Las especies más estudiadas hasta el presente son *Cedrela angustifolia*, *C. balansae* y *C. fissilis*. Sin embargo, la existencia de más de 40 especies maderables/ha promovió la realización de encuestas de opinión para que el sector foresto-industrial definiera las que ingresarían al proceso de domesticación, ya que se requiere de un lapso extendido de tiempo y de un presupuesto considerable para desarrollar los estudios necesarios. En consecuencia, se generaron alianzas estratégicas con Universidades, la Administración de Parques Nacionales (APN), organismos provinciales y empresas. Posteriormente, se fueron incluyendo actividades para *Cordia trichotoma* y *Araucaria angustifolia*.

El punto de partida fue la caracterización del material genético desde un enfoque poblacional para definir las estrategias de mejora genética y de conservación, dado que se trata mayormente de especies amenazadas. A partir de esta información y con la asistencia de herramientas moleculares se conformaron las poblaciones de mejora, incluyendo materiales con potencial productivo, plasticidad ante el estrés hídrico y térmico y diversidad genética suficiente. Esto permitió la instalación de huertos semilleros clonales y la ubicación de rodales semilleros para afrontar la demanda actual de semillas para los planes de producción sustentable y conservación (ley nacional 26.432 y ley nacional 26.331), así como el establecimiento de ensayos de orígenes y progenies para dar continuidad al programa de mejora, realizar observaciones fenológicas y asegurar la conservación *ex situ-in vivo* de numerosos genotipos que ya no existen en la naturaleza. Por otro lado, se evaluaron diferentes alternativas de conducción de plantaciones y manejo de vivero para mejorar la sobrevivencia a campo, incluyendo el control de la plaga *Hypsipyla grandella*.

Por último, se realizaron actividades de transferencia de los resultados por diferentes vías de comunicación, poniendo énfasis en el sector productivo ya que reúne a los beneficiarios directos de esta propuesta. Asimismo, se capacitaron recursos humanos para fortalecer los grupos relacionados al uso y conservación de especies forestales nativas.

Introducción

Las selvas subtropicales argentinas incluyen dos formaciones de gran importancia por su magnitud, biodiversidad y alto grado de degradación ambiental. Estas son la Selva Tucumano-Oranense o Yungas en el Noroeste Argentino (NOA) y la Selva Paranaense en el Noreste Argentino (NEA).

La principal fuente de suministro de maderas de calidad en el NOA continúa siendo el bosque nativo. Tradicionalmente el NOA fue proveedor del mercado interno y externo de maderas nobles, sin embargo la extracción no planificada de madera pone en riesgo la oferta sostenida. El principal problema es la informalidad del negocio: se estima que el 40% de lo declarado es madera ilegal, por lo que en la zona de Yungas se extraerían anualmente 120.000 m³/año, lo que se traduce en la explotación de aproximadamente 30.000 ha/año. Factores tales como la reducción de las existencias naturales ante la intensa extracción selectiva y el notable incremento de la tala ilegal han agudizado el problema.

De manera general, se observa una tendencia declinante de la actividad productiva en cuanto a superficies de aprovechamiento forestal, al igual que un cambio en el volumen cosechado por especie, en especial de especies tradicionales como el cedro, lapacho y quina colorada, y un aumento de los volúmenes de cebil moro (Eliano *et al.* 2009).

Actualmente muchas de las especies que hace unos años atrás eran de menor importancia para el mercado forestal interno pasaron a ocupar los primeros lugares en la extracción por su mayor abundancia, en detrimento de la calidad requerida para la elaboración de determinados productos con gran agregado de valor y mano de obra especializada. El cedro continúa siendo una de las especies de mayor valor en el mercado de productos forestales y se lo utiliza para muebles y aberturas, construcciones y carpintería en general.

En cuanto al marco legal, la ley nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, en vigencia a partir del año 2007, condiciona la extracción de madera nativa y el avance de la frontera agropecuaria. Aun así, la implementación de la esta ley genera una gran oportunidad para la

conservación de estas especies, al reservar espacios donde no está permitido el desmonte ni el cambio de uso de la tierra. De esta manera fomenta la recuperación y puesta en valor de bosques degradados manteniendo así la oferta de estas maderas nobles al mercado a partir de la producción sustentable (zonas amarillas) y consecuentemente de los servicios ecosistémicos de esos bosques. Según los mapas de ordenamiento de bosques realizados en las regiones de selvas por las respectivas provincias, actualmente entre el NOA (Salta, Jujuy y Tucumán) y Misiones, existen alrededor de un millón y medio de hectáreas con buena aptitud para el enriquecimiento con especies de maderas nobles en zonas amarillas (Fornes 2012).

En articulación con acciones desarrolladas a través del Programa Nacional Forestal del INTA y la articulación con la APN y empresas privadas con certificación de manejo forestal, se efectuaron muestreos en sentido altitudinal y latitudinal de las diferentes poblaciones seleccionadas *a priori* por su importancia comercial y localización en los extremos de su distribución. En consecuencia, mediante el apoyo del PROMEF se pudo profundizar y dar continuidad a actividades de gran impacto utilizando marcadores moleculares, a los fines de: a) la identificación de sets de marcadores capaces de generar patrones de identificación genética inequívocos en *C. angustifolia* (= *lilloi*), *C. balansae*, *C. saltensis* y *C. fissilis* (Soldati *et al.* 2014), b) la identificación de entidades híbridas (Zelemer *et al.* 2011) c) la descripción de los patrones geográficos de distribución de la variabilidad genética de *C. angustifolia* y la cuantificación de la incidencia de diferentes niveles de disturbio antrópico sobre la diversidad (Inza *et al.* 2012), d) la evaluación de los efectos de la fragmentación sobre el flujo génico y la identificación de poblaciones prioritarias de conservación en *C. balansae* y *C. fissilis* (Soldati *et al.* 2013; 2014) y e) la caracterización de los materiales genéticos a utilizar en programas de mejora genética.

Los ensayos de orígenes y progenies de las diferentes especies de *Cedrela* mostraron que los aspectos relacionados a la adaptabilidad y al sistema silvicultural utilizado, son tan importantes como la productividad en el caso de especies nativas al momento de recomendar especies y orí-

genes para diferentes sitios (Grignola *et al.* 2014). Las predicciones sobre el cambio climático enfatizan la compleja interacción existente entre la capacidad adaptativa de las especies y el estrés provocado por otros fenómenos de perturbación relacionados con el clima, tales como heladas a destiempo o sequía periódicas (Allen 2007). La diversidad genética es lo que asegura hasta cierto punto que esa adaptación a las nuevas condiciones sea posible (Alberto *et al.* 2013). Las especies se pueden adaptar al cambio climático mediante la plasticidad fenotípica, la adaptación o la migración a lugares idóneos (Locatelli *et al.* 2009). Estos aspectos dieron lugar a trabajos sobre ecofisiología relacionados a la plasticidad y/o adaptabilidad de los materiales genéticos al estrés hídrico (Ruiz *et al.* 2013) y térmico (Grignola *et al.* 2014), de manera de aportar información sobre la potencialidad de cultivo. Sin embargo, la información estaría incompleta si no consideráramos el sistema de cultivo adecuado a cada especie y situación, partiendo desde el manejo en vivero y plantación, incorporando normas de control de plagas (Tapia 2012) por tratarse de especies nativas en ecosistemas locales.

A modo de transferencia y en colaboración con los proyectos de alcance territorial del INTA (PRETs), se realizaron diversas actividades de extensión y transferencia en campo de productores de especies nativas con rodales que se encuentran en la mitad del turno comercial y otros con edad de corta final para mostrar que es factible su cultivo.

Además, el PROMEF aportó en la formación de recursos humanos (2 postgrados, 2 tesinas de grado y 3 pasantías) en líneas de trabajo relacionadas al uso y conservación de especies forestales nativas.

Por otro lado, utilizando las herramientas disponibles del Programa PROFEDER-Cambio Rural, se establecieron parcelas demostrativas en campos de productores, en especial pequeños y medianos que puedan acceder a los beneficios de la ley nacional 26.432 ampliado a la agricultura familiar, en que el cultivo forestal de especies nativas de alto valor se asocia a otros cultivos ornamentales o frutales con una visión ecosistémica.

Por último, se destaca la integración de las actividades del Subprograma a las acciones de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales “LAFOR-

GEN” conducida por Bioversity International, en la cual se discuten estrategias coordinadas a ser desarrolladas a nivel Regional y acordes con el Plan Mundial de la FAO.

Objetivos

Objetivos generales

Proveer a las regiones NOA y NEA de materiales de propagación, adaptados a diferentes condiciones ecológicas y finalidades, provenientes de una primera etapa de selección en especies nativas del género *Cedrela* y otras especies emblemáticas de reconocido valor maderero, generando los conocimientos necesarios que aporten al proceso de domesticación.

Objetivos específicos

1. Incrementar el tamaño de las Poblaciones Base, a fin de contar con una proporción aceptable de materiales genéticos con potencial productivo, plasticidad a factores abióticos, resistencia ante factores bióticos y diversidad genética suficiente.
2. Caracterizar las diferentes Poblaciones del ciclo de mejoramiento, mediante el uso de marcadores moleculares.
3. Establecer bancos clonales de conservación ex situ-in vivo y para el seguimiento fenológico de los individuos clonados.
4. Evaluar la primera serie de selecciones realizadas a partir del año 2006 e instalar una segunda serie complementaria de la red de ensayos de orígenes y progenies en alternativas silvícolas que ayuden a mitigar el ataque de *Hypsipyla grandella*.
5. Conformar y establecer las Poblaciones de Producción de primera generación, según un diseño basado en la información disponible de caracterización del material genético y de manejo silvícolas alternativos para disminuir la incidencia de la plaga.
6. Caracterizar las poblaciones y familias de medios hermanos por su comportamiento ante diferentes factores abióticos, como indicadores de plasticidad al cambio climático, y ante factores bióticos.
7. Promover la difusión y transferencia de los resultados obtenidos, así como facilitar la

capacitación en temas claves para el Sub-programa, a fin de consolidar Grupos de profesionales relacionados al uso y conservación de especies forestales nativas.

Actividades y resultados

Diversidad genética de *Cedrela angustifolia* C.DC. (*Meliaceae*) en el NOA

El estudio molecular de 14 poblaciones de cedro coya sobre su extensa distribución natural relacionó la variabilidad genética con la ubicación latitudinal e historia de uso de sus poblaciones, permitiendo identificar áreas prioritarias para su domesticación y conservación.

La especie, característica del piso superior de la Selva Montana y el Bosque Montano de las Yungas, tiene una larga historia de uso extractivo y selectivo debido a su alto precio en el mercado de productos forestales tanto en el ámbito local como internacional. Actualmente se la encuentra categorizada como “en peligro” según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2015).

Con el objeto de identificar “unidades de conservación” que sean fuentes de variabilidad adecuadas para programas de conservación, domesticación, mejora y uso sustentable, se realizó el análisis genómico utilizando 293 marcadores moleculares AFLP (Amplified fragment length polymorphism) de 14 poblaciones con distintas historias de uso (disturbio), localizadas sobre el gradiente latitudinal de su distribución natural en las Yungas (~600 km). La diversidad genética total de la especie fue baja ($H_t=0,135$) lo que podría deberse a procesos de pérdida de diversidad genética durante la migración hacia su extremo sur en Argentina (Pennington and Muellner 2010) así como a características propias como su baja densidad y la distribución aislada de sus poblaciones (Hall *et al.* 1994) y/o a la inclusión en el análisis de poblaciones altamente intervenidas (Young *et al.* 1996). Se observó una tendencia general de disminución de la diversidad genética de las poblaciones con el incremento de la latitud y con el aumento en los niveles de intervención antrópica (Tabla 1).

La diversidad genética de las poblaciones del norte de Salta ($H_e=0,181$) fue mayor que en Jujuy ($H_e=0,104$) y el doble que en el sur de Salta

Población		Latitud (°)	N	He	PLP _p (%)	BE	Nivel Disturbio
Los Pizarros, Tuc.	Sur	27,76	10	0,049	14,3	0	PBD
Res. Prov. La Florida, Tuc.		27,12	9	0,157	41,3	16	PND
El Siambón, Tuc.		26,70	15	0,057	18,1	0	PBD
Sunchal, Tuc.		26,52	9	0,063	19,5	1	PBD
Choromoro, Tuc.		26,37	12	0,056	17,1	2	PBD
Metán, Salta		25,39	10	0,043	12,3	0	PD
El Arenal, Jujuy	Centro	24,34	9	0,059	17,1	0	PBD
La Ramada, Jujuy		23,97	12	0,071	21,2	2	PBD
Parque Nac. Calilegua, Jujuy		23,68	9	0,062	17,8	1	PD
San Andrés, Salta	Norte	23,08	15	0,088	30,7	5	PBD
Empresa 3R, Salta		22,54	11	0,107	33,5	5	PD
Parque Nac. Baritú, Salta		22,50	15	0,168	65,5	36	PND
Argencampo, Salta		22,34	9	0,113	32,4	7	PD
Res. Nac. El Nogalar, Salta		22,28	15	0,119	41,0	9	PD

Tabla 1. Diversidad genética de 14 poblaciones de *C. angustifolia*, según regiones (Sur, Centro y Norte). PD= población disturbada; PBD= población con bajo disturbio; PND= población no disturbada. N: N° de individuos; He: heterocigosidad esperada; PLP_p: porcentaje de loci polimórfico por población y BE: bandas exclusivas.

y Tucumán ($H_e=0,093$). Asimismo, la relación negativa de la diversidad genética y la latitud ($R^2=0,69$) fue consistente con la identificación de tres *clusters* asociados a los sectores norte, centro y sur de las Yungas a partir de métodos de agrupación UPGMA y bayesianos (Figura 1). El análisis de la varianza molecular (AMOVA) mostró que el 5% de la misma fue explicado por la latitud aumentando al 7 y 10% al considerar sólo poblaciones con algún nivel de disturbio o sin disturbio, respectivamente. Una excepción fue la población de la Reserva Provincial La Florida, ubicada sobre el sector suroeste en Tucumán, ya que no se ajustó a este patrón y mostró niveles de diversidad genética altos y comparables a los del extremo norte de las Yungas. Al ser *C. angustifolia* una especie de climas cálidos y húmedos (Villalba *et al.* 1992), si consideramos la variación climática en el largo plazo, el sector norte de las Yungas podría haber actuado como un refugio histórico de la especie durante las glaciaciones ocurridas en el Pleistoceno (12.000 a 25.000 AP). Lo mismo ocurriría con La Florida (Tucumán), ya que junto con las poblaciones del extremo norte de Salta (Alta Cuenca del Río Bermejo), es donde ocurren las mayores precipitaciones en el NOA (Bianchi *et al.* 2005) y podrían haber funciona-

do como refugios glaciarios durante períodos secos (Pennington *et al.* 2000), lo que explicaría los mayores niveles de diversidad genética y grupos genéticos compartidos entre ambos sectores.

Del mismo modo, Brown *et al.* (2006) menciona estas dos áreas como refugios potenciales de biodiversidad de las Yungas en relación a su alta concentración de endemismos explicada por una mayor estabilidad ecosistémica.

Por otro lado, se observó una clara pérdida de diversidad genética de las poblaciones asociada a su historia de uso e intensidad de explotación. Asimismo, al comparar poblaciones con distinto uso ubicadas a la misma latitud, de modo de eliminar esta última variable, la mayor diversidad genética correspondió siempre al menor nivel de explotación, con una diferenciación genética del 3 al 10%, para todos los pares comparados sobre los tres sectores latitudinales. Estos resultados sugieren que la tala selectiva de cedro estaría modificando la estructura demográfica de sus poblaciones (menos individuos y más aislados), restringiendo el flujo génico y modificando el éxito reproductivo con pérdidas asociadas de variación genética, tanto por remoción directa de árboles como a través de procesos de deriva actuando sobre las poblaciones intervenidas (Degen *et al.* 2006).

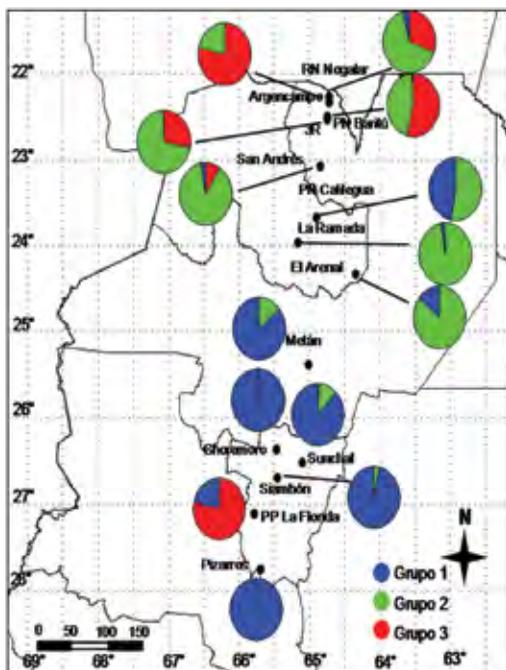


Figura 1. Porcentaje de participación de las 14 poblaciones de *C. angustifolia* de las Yungas argentinas en los tres (3) grupos genéticos K detectados (Structure 2.2.3).

Diversidad genética de *Cedrela balansae* (Meliaceae) en el NOA

El cedro orán es una de las especies nativas de las Yungas cuya madera tiene el mayor valor económico actual en el mercado. Su hábitat está limitado a la Selva Pedemontana, estrato altitudinal sujeto a un intenso aprovechamiento forestal, a la explotación de hidrocarburos y a la transformación del 70-80% de la superficie boscosa para actividades agropecuarias y urbanizaciones. Este contexto ha generado severos procesos de fragmentación con impacto en sus niveles de diversidad genética (Kageyama 1998). Con el objeto de complementar estrategias de conservación y domesticación en la especie, se realizaron los análisis genómicos de 8 poblaciones naturales (localizadas en el rango de distribución geográfica de la especie, en las provincias de Salta y Jujuy) mediante marcadores SSRs y AFLPs, a fines de cuantificar los niveles actuales y la distribución de la variabilidad genética.

A partir de los marcadores SSRs (Soldati *et al.* 2013; 2014) fueron detectados un total de 62 alelos para las 8 poblaciones, con un número promedio de 8,8 alelos. El número de alelos por *locus* varió en un rango de 5 a 16 alelos para los *loci* Ced 61 y Ced 44 respectivamente. Fueron identificados 13 alelos exclusivos (Ae) en siete de las ocho poblaciones analizadas. Los niveles de diversidad genética medios fueron moderados, con un valor de 0,643. Los valores de heterocigosidad esperada insesgada (UHe) por población se encontraron en un rango de 0.575 a 0.683 para las poblaciones AS y PNC, respectivamente, tal como se indica en la Tabla 2.

El análisis de marcadores AFLPs permitió detectar un total de 382 *loci* polimórficos en los individuos analizados. Entre los parámetros descriptivos de la diversidad genética, el número de *loci* polimórficos por población (NLPP) presentó un rango de variación de 220-327 para las poblaciones AS y ACAMB, respectivamente. Del mismo modo el porcentaje de *loci* polimórficos por población (PLPP) fue variable, entre 40 y 80% para las mismas poblaciones. Fueron observados marcadores exclusivos (ME) en todas las poblaciones muestreadas, observándose en mayor número en la población de ACAMB (13 ME). Al mismo tiempo, los valores de diversidad genética fueron moderados, en un rango que varió entre 0,180 y 0,259 para AS y ACAMB, respectivamente, con un valor promedio de 0,222.

La estructura genética poblacional fue estimada mediante un AMOVA, considerando dos componentes de la varianza (entre y dentro de poblaciones). El AMOVA para los marcadores AFLPs evidenció una diferenciación genética poblacional baja a moderada, con un valor de PhiPT de 0,072 (p 0,001). La mayor parte de la varianza (93%) estuvo explicada dentro de las poblaciones. En el caso de los marcadores SSRs, el AMOVA evidenció una diferenciación genética poblacional moderada y altamente significativa, con un valor de PhiPT de 0.094 (p 0,001). La mayor parte de la varianza (91%), al igual que para los marcadores AFLPs, estuvo explicada dentro de las poblaciones. Este patrón de distribución de la diversidad genética intra e interpoblacional se encuentra dentro de los parámetros esperados para especies longevas, preponderantemente alógamas, perennes y leñosas (Tang *et al.* 2008). Por otro lado, el análisis de la estructura poblacional por medio de métodos bayesianos de agrupamiento, nos permitió

Población	Código	Ae	Ho	UHe
Gral. Pizarro, Salta	AS	1	0,619	0,575
PN Calilegua, Jujuy	PNC	2	0,726	0,683
Yuto, Jujuy	YUTO	2	0,602	0,645
San Andrés, Salta	SA	1	0,618	0,663
Río Seco (FSB), Salta	RSFSB	0	0,647	0,645
Río Seco (FF), Salta	RSFF	3	0,643	0,622
Piquierenda, Salta	PIQUIR	1	0,703	0,620
Acambuco, Salta	ACAMB	3	0,723	0,664
Promedio	-	-	0,660	0,643

Tabla 2. Diversidad genética observada en 8 poblaciones naturales de *C. balansae* con distribución en las Yungas, sobre la base de marcadores SSRs. Se indica para cada población: Ae (Alelos exclusivos), Ho (Heterocigosidad observada), UHe (Heterocigosidad esperada insesgada).

distinguir cuatro grupos genéticos (k=4). No se observó ningún grupo genético asignado exclusivamente a una determinada población y tampoco se observaron patrones de agrupamiento. Finalmente, fueron estimadas las relaciones genéticas entre los individuos utilizando el Coeficiente de Similitud de Jaccard. Los dendrogramas (UPGMA) presentaron niveles moderadamente altos de ajuste (SSRs $r=0,65$ /AFLPs $r=0,88$) mediante las correspondientes pruebas de Mantel e indicaron ausencia de grupos definidos por población o localización geográfica. Adicionalmente fueron evaluadas las relaciones genéticas entre las 8 poblaciones de *C. balansae* analizadas en el estudio, en base a los pares de distancias genéticas, utilizando el método UPGMA (Distancia: Nei 1978). En el dendrograma correspondiente no se observaron agrupamientos poblacionales en relación a las localizaciones geográficas (Figura 2).

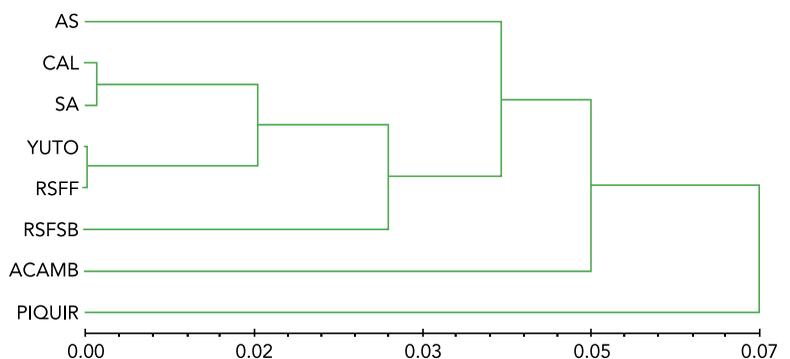


Figura 2. Representación gráfica de las relaciones genéticas existentes entre las 8 poblaciones de *C. balansae* analizadas ($r=0,701$).

Para concluir, ambos marcadores moleculares revelaron tendencias comparables, por lo que ambas herramientas pueden recomendarse para este tipo de estudios en especies forestales. Los niveles de diversidad genética observados en *C. balansae* podrían estar asociados con su restringida área de distribución y la intensa tala a la que han sido sometidas así como también al patrón de distribución espacial de esta especie. La débil estructura genética detectada, sumada a los factores antes mencionados, sugiere que las poblaciones estudiadas de *C. balansae* se comportan prácticamente como una unidad genética homogénea en el Pedemonte de las Yungas. Las poblaciones de Acambuco, San Andrés y el PN. Calilegua, debido a sus mayores niveles de diversidad genética, y la población General Pizarro, destacada por su ubicación geográfica en el extremo sudeste de la distribución de la especie, tienen un alto valor de conservación. Dado que el mayor riesgo de pérdida de hábitat por la gran accesibilidad y el avance de la urbanización lo constituyen las zonas planas del pedemonte, es urgente asegurar su conservación *in situ* ya que las únicas poblaciones remanentes se hallan en predios privados. En cuanto a la conservación *ex situ*, el INTA ha iniciado recientemente acciones de conservación de poblaciones en ensayos de orígenes y progenies y huertos semilleros clonales, lo que garantiza el mantenimiento de la base genética actualmente existente, con el fin de combinar objetivos de producción y conservación.

Identificación de zonas híbridas y monitoreo/depuración del HSC de *C. balansae*

La correcta delimitación específica de las poblaciones del género *Cedrela* es fundamental dado que es frecuente la coexistencia de distintas especies del género en hábitats compartidos. Esto permite asegurar material de propagación adecuado para la demanda del mercado maderero y explicar los procesos evolutivos de las especies. En las Yungas argentinas ocurren tres especies del género cuya distribución geográfica acompaña a un gradiente altitudinal de dispersión. *C. angustifolia* ocurre en el nivel superior de la Selva Montana y el Bosque Montano (900 a 2500 msnm), *C. balansae* típicamente ocurre en la Selva Pedemontana (300 a 700

msnm) mientras que *C. saltensis* se distribuye en la Selva Montana (700 a 1100 msnm) dentro de áreas de simpatria entre las otras dos especies (Brown *et al.* 2001).

La identificación de las especies del género es compleja debido a la ausencia de caracteres morfológicos únicos que permitan distinguirlas inequívocamente (Pennington y Muellner 2010). El empleo de metodologías moleculares constituye por lo tanto un complemento valioso para su identificación y la detección de híbridos interespecíficos. En este sentido, se realizó un estudio genómico de 20 poblaciones del Noroeste argentino (Zelener *et al.* 2011), las que previamente fueron caracterizadas morfológicamente dentro de las tres especies mencionadas. Se emplearon marcadores polimórficos de AFLPs y el análisis de secuencias de genes ribosomales ITS (Internal Transcribed Spacers) a los fines de establecer la estructura genética y filogeográfica de los ejemplares muestreados. Ambas herramientas moleculares fueron altamente consistentes y brindaron evidencias robustas no sólo sobre la identidad genética de cada ejemplar sino también en la identificación de zonas híbridas entre *C. balansae* y *C. saltensis*, las que se distribuyen en un rango altitudinal de 820 a 1100 msnm, donde ambas especies cohabitan.

Los resultados obtenidos representan una información valiosa y complementaria tanto para los programas de conservación como de mejora genética de estas especies. La producción local de semilla genéticamente mejorada a través de Huertos Semilleros Clonales (HSC), constituye un claro ejemplo de la utilidad que las herramientas moleculares tienen para la toma de decisiones sobre su composición y diseño.

En *C. balansae*, el HSC se diseñó inicialmente en base a la población de árboles fundadores provenientes de zonas, en su mayoría, bajo explotación forestal para garantizar la continuidad de fenotipos superiores proveedores de madera de calidad. Sin embargo, el avance en el conocimiento de las especies y sus poblaciones advirtieron que muchos de estos genotipos provienen de zonas híbridas. Actualmente, el HSC se encuentra en proceso de rediseño por la depuración de aquellos clones que presentaron una posible condición híbrida y la inclusión de nuevos individuos provenientes de los ensayos de progenies como población de infusión. El empleo de marcadores moleculares permitió la

exclusión del 27% de los clones originalmente propuestos. Las siguientes etapas incluyeron la caracterización de los niveles de diversidad genética, la estimación de las tasas de endogamia (Fis) y la determinación de las relaciones de similitud genética de los clones remanentes y su comparación con los mismos parámetros determinados en el conjunto de poblaciones nativas previamente estudiadas (Soldati *et al.* 2013).

Se utilizaron 7 marcadores microsatélites transferidos desde especies filogenéticamente cercanas (Soldati *et al.* 2013; 2014) para caracterizar 51 genotipos. El conjunto de marcadores permitió la discriminación de la totalidad del material evaluado. El nivel de diversidad encontrado en la población de producción ($H_e=0,716$) es superior a la media de las poblaciones originales ($H_e=0,618$), lo cual es promisorio. Esto permitiría indicar que los genotipos que conformarán el HSC componen una muestra representativa de lo observado en el área de distribución de la especie, en Argentina. Al mismo tiempo, fueron observados alelos exclusivos en 8 genotipos, los cuales deberían ser incorporados en el HSC para mantener y/o incrementar los niveles de diversidad genética, ya que el éxito de un programa de mejoramiento a largo plazo radica en la disponibilidad de una suficiente variabilidad genética. Los estudios de relaciones genéticas entre genotipos permitieron detectar la ausencia de agrupamientos importantes entre los mismos ya sea por familia de procedencia u origen geográfico, resultados también comparables con los obtenidos para las poblaciones naturales de *C. balansae*, las cuales se comportan como una unidad genética homogénea (Soldati *et al.* 2013).

El Índice de Similitud medio entre los genotipos analizados fue bajo (0,229), indicando que la incorporación conjunta de los 51 genotipos es adecuada para el diseño del HSC y permitiendo así disminuir los riesgos de depresión por endogamia. Asimismo, la estimación del coeficiente de endogamia (0,12) se encontró dentro de los parámetros normales esperados (Keller y Waller 2002). Los resultados precedentes sugieren que el conjunto de genotipos remanentes analizados son adecuados para constituir el nuevo HSC con la certificación de pureza requerida.

Diversidad genética de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) en la Selva Paranaense

El cedro misionero es una especie emblemática entre las maderas nobles. Actualmente está categorizada como “en peligro” (IUCN 2015) debido principalmente a la severa presión antrópica, la cual ha causado un drástico decrecimiento del tamaño, conectividad, sanidad y valor económico de sus poblaciones naturales, comprometiendo su potencialidad de uso y la adaptación del recurso a nuevos escenarios ecológicos y sociales. A fin de conservar las poblaciones remanentes e identificar futuras fuentes de selección para programas de mejoramiento y planes de restauración ecosistémica, se realizó un análisis genómico mediante el uso de marcadores SSRs para conocer los actuales niveles de diversidad genética y su estructuración.

Se extrajo ADN de 8 poblaciones naturales localizadas en el NEA, las que fueron evaluadas con 10 marcadores SSRs validados: 7 transferidos desde *C. odorata*, 1 desde *S. macrophylla* y 2 desarrollados para *C. fissilis* (Gándara 2009; Soldati *et al.* 2014). A nivel global fueron detectados un total de 196 alelos, con un número de alelos promedio de 24,5 para las ocho poblaciones estudiadas y fueron encontrados 49 alelos exclusivos (Ae) distribuidos a través de las mismas (Tabla 1). El número efectivo de alelos (N_e) fue variable, con un valor promedio de 5,774 y los niveles de Heterocigosidad esperada (H_e - Diversidad Genética de Nei) fueron altos, con un valor promedio de 0,822 (Tabla 3). Estos valores son indicativos de altos niveles de variabilidad para la especie en las poblaciones muestreadas.

La estructura genética poblacional fue estimada mediante un AMOVA, considerando dos componentes de la varianza (entre y dentro de poblaciones). El AMOVA evidenció una diferenciación genética poblacional baja (4%), observándose la mayor parte de la varianza dentro de las poblaciones (dentro de los individuos = 90%; entre los individuos dentro de las poblaciones = 6%).

Por otro lado, un análisis bayesiano permitió identificar 4 grupos genéticos (Figura 3) distribuidos de forma heterogénea entre las poblaciones, uno de ellos presente de forma predominante (93%) en la población Villa Olivari, localizada al suroeste de la distribución de la

Población	Código	Ho	He	Ae
Pto. Bossetti (Reserva San Jorge), Misiones.	FB	0,828	0,841	9
INTA-Campo San Antonio, Misiones.	SA	0,833	0,818	4
El Alcázar, Misiones.	FA	0,834	0,830	11
Reserva Guaraní (FCF UNaM), Misiones.	CG	0,842	0,824	4
Eldorado, Misiones.	FCF	0,867	0,871	7
Oberá, Misiones.	FO	0,831	0,834	6
Villa Olivari, Corrientes.	VO	0,781	0,745	4
Las Marías, Corrientes.	LM	0,744	0,818	4
Promedio	-	0,820	0,822	6,125

Tabla 3. Parámetros estadísticos descriptivos de la diversidad genética. **Ho**: heterocigosidad observada, **He**: heterocigosidad esperada, **Ae**: alelos exclusivos y **ds**: desvío estándar.

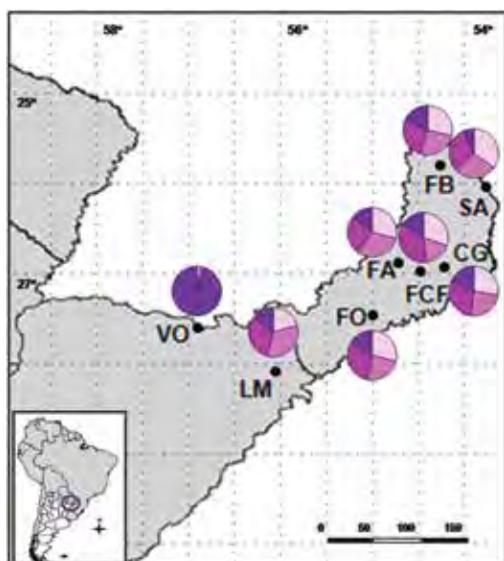


Figura 3. Distribución genética de grupos genéticos ($K=4$) en ocho poblaciones naturales de *C. fissilis*.

especie (provincia de Corrientes).

Estos resultados fueron consistentes con las distancias genéticas observadas entre las poblaciones a través del método UPGMA (Distancia: Nei 1978), donde se observó una clara separación de la población Villa Olivari. Se evidencia así la existencia de altos niveles de diversidad genética para las poblaciones remanentes de *C. fissilis* en el NEA. Una clara variación fue observada entre las poblaciones provenientes de suelos rojos (poblaciones localizadas en la provincia de Misiones y la población Las Marías, localizada en Corrientes) y la única población proveniente de suelo arenoso, ripario (Corrientes), sugiriendo una asociación entre la diversidad genética presente en las pobla-

ciones y las zonas agroecológicas dentro de la Selva Paranaense en las que se encuentran localizadas (Distrito de Selvas Mixtas y Distrito de Campos, Cabrera 1976). Los niveles de diversidad genética observados en las poblaciones del NEA expresan la capacidad de adaptación ante nuevos escenarios ambientales y bióticos. Sin embargo, en general se observó una baja la calidad de los individuos desde el punto de vista económico. Los mejores ejemplares se los encuentra en predios de productores a modo de “reservas de ahorro” en medio de otros cultivos actuando como puentes entre las poblaciones nativas (conservación *circa situm*).

Respuesta al estrés hídrico en diferentes especies y poblaciones de *Cedrela*

Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la respuesta fisiológica en condiciones de vivero de plantas jóvenes de *Cedrela balansae*, el híbrido natural de *C. balansae* x *C. saltensis* y *C. fissilis*, sometidas a diferentes regímenes hídricos.

Para ello, se evaluaron los efectos de los tratamientos simulando diferentes regímenes hídricos sobre las relaciones hídricas, el crecimiento, la producción y distribución de biomasa de plantines de dos poblaciones de *C. balansae* (Río Seco, Salta y Yuto, Jujuy): una población proveniente de una “zona híbrida” (Pintascayo, Salta) y dos de *C. fissilis* (San Antonio y Guaraní, Misiones). Los plantines crecieron en invernáculo bajo condiciones controladas. Los

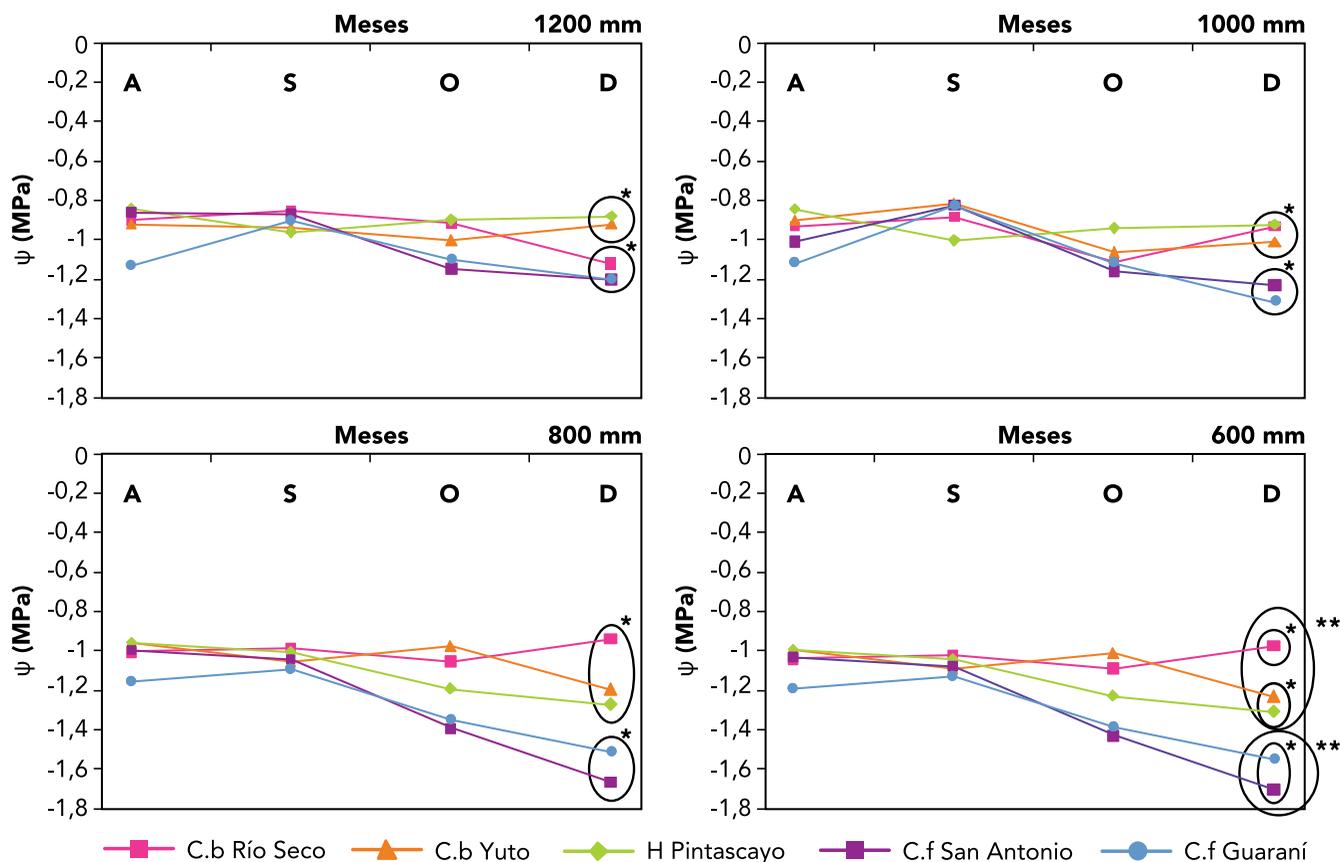


Figura 4. Potencial Hídrico (ψ_w) (MPa) de plantines de poblaciones de *Cedrela balansae* (C.b), el híbrido *C. balansae* x *C. saltensis* (H) y *C. fissilis* (C.f) bajo diferentes regímenes hídricos, de agosto a diciembre. Los valores corresponden a medias de 7 repeticiones diferentes. * indica diferencias significativas entre las poblaciones ($p < 0,01$) en el mismo tratamiento; ** indica diferencias significativas entre especies ($p < 0,01$) en el mismo tratamiento. Cuando no se indica no hay diferencias significativas.

regímenes hídricos simulados fueron: 600 mm/año (déficit hídrico severo), 800 mm/año (déficit hídrico medio), 1000 mm/año (levemente húmedo) y 1200 mm/año (húmedo) como control. Estos se aplicaron en plantines de dos meses de edad de marzo a diciembre. Se hicieron mediciones de crecimiento (longitud de raíz, tallo y hojas, diámetro a la altura del cuello) a lo largo de todo el ensayo. A partir del mes agosto se midieron potencial hídrico (ψ_w) y contenido relativo de agua (CRA). Al final del ensayo se midieron producción de biomasa (peso seco de raíz, tallo y hoja) y distribución de biomasa (re-

lación raíz: tallo).

A través de un análisis multivariado, se pudieron determinar respuestas diferenciadas entre especies bajo los distintos tratamientos y variables analizadas. Principalmente se pudieron detectar diferencias significativas en el ψ_w , (Figura 4) donde el mejor comportamiento ante situación de estrés severo (600 mm) lo manifestó la población de Río Seco (*C. balansae*). En relación al CRA de los folíolos, no hay una clara diferenciación. La relación de biomasa raíz:tallo se observa en la Tabla 4.

A través de tales parámetros se pudo observar

Precipitación anual (mm)	<i>C. balansae</i> (RS)	<i>C. balansae</i> (Y)	Híbrido (P)	<i>C. fissilis</i> (SA)	<i>C. fissilis</i> (G)
1200	0.78 ± 0.07a	0.98 ± 0.08a	2.23 ± 0.14a	1.14 ± 0.10a	0.87 ± 0.11a
1000	0.98 ± 0.11b	0.82 ± 0.09a	1.20 ± 0.11b	0.91 ± 0.11b	0.92 ± 0.13a
800	1.06 ± 0.09b	0.85 ± 0.06a	1.42 ± 0.10b	1.16 ± 0.09a	1.17 ± 0.08b
600	0.93 ± 0.09b	0.92 ± 0.09a	1.00 ± 0.10c	0.59 ± 0.06c	0.84 ± 0.08a

Tabla 4. Acumulación de biomasa. Relación raíz:tallo de plantines de *Cedrela spp* al final del experimento bajo 4 regímenes hídricos simulados. RS: Río Seco; Y: Yuto; P: Pintascayo, SA: San Antonio; G: Guaraní

que las procedencias de *C. balansae* (provenientes del NOA) se mostraron menos susceptibles al déficit hídrico severo que aquellas de *C. fissilis* (provenientes del NEA). Si bien se pudieron establecer diferencias interespecíficas en las respuestas, no fue posible separar los comportamientos según sus poblaciones, indicando una estabilidad intraespecífica.

A pesar de que este estudio fue realizado bajo condiciones controladas en invernáculos, estos resultados representan un primer paso para determinar variaciones que podrían deberse a sus distintos grados de adaptabilidad según la región fitogeográfica de procedencia. Esto permite un primer enfoque en la discriminación de potenciales áreas de cultivo para las especies de *Cedrela* estudiadas según sus regímenes de precipitaciones medias anuales.

Potencialidad de especies y poblaciones de *Cedrela* para la producción sustentable en diferentes ambientes del NOA. Respuesta a las bajas temperaturas.

La evaluación del comportamiento en términos de crecimiento y supervivencia de distintas poblaciones de *Cedrela balansae*, *C. saltensis*, el híbrido entre estas dos, *C. fissilis* y testigos fue el objetivo principal de este trabajo. Para esto, durante tres años consecutivos (2008, 2009 y 2010), se condujeron tres ensayos de orígenes y progenies en sitios ecológicamente contrastantes del NOA (Tabla 5). Los plantines fueron obtenidos a partir de semillas de árboles fenotípicamente superiores seleccionados en diferentes poblaciones en sentido latitudinal y altitudinal de las Yungas y la Selva Paranaense (Tabla 6). En enero de 2009 se llevaron a campo utilizando un diseño experimental alfa-látice de filas y columnas con parcelas mono-árbol en 16 repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura

total (cm) como indicador de la calidad del sitio y supervivencia. Esta variable se modeló teniendo en cuenta el efecto de la temperatura mínima absoluta registrada en cada ensayo y se utilizó como un indicador de la capacidad de adaptación del material a las condiciones ambientales del sitio. Para el análisis estadístico de la altura total se ajustó un modelo lineal mixto utilizando la función lme de la librería nlme (Pinheiro *et al.* 2013), mientras que para supervivencia se ajustó un modelo lineal generalizado mixto para variables binomiales utilizando la función glmer de la librería lme4. Se utilizó el test de comparación DGC con un nivel de significancia del 0,05.

Los resultados de supervivencia en función de la temperatura mínima se muestran en la Figura 5. Los resultados evidencian que las especies y poblaciones de *Cedrela* probadas bajo estrictas condiciones ambientales y silviculturales (plantación a cielo abierto) tuvieron en general baja supervivencia. Esta disminución de plantas vivas ocurrió con mayor énfasis luego del primer invierno, indicando alta sensibilidad a las bajas temperaturas en el período de “establecimiento”. *C. fissilis*, especialmente la procedencia de San Antonio, presenta un particular comportamiento adaptativo a las bajas temperaturas, desempeñándose mejor para ambas variables en el sitio de ensayo El Siambón. Los análisis de laboratorio confirman que las poblaciones de *C. fissilis* mantienen la estabilidad de las membranas celulares por la acción crioprotectora de los azúcares acumulados en las hojas. Además, presentan menor índice de daño tisular en todos los rangos de temperaturas estudiados, indicando que es más estable que el resto de las especies ante las bajas temperaturas.

En el ensayo de General Pizarro, las plantas estuvieron expuestas a bajas temperaturas y estrés hídrico severo por ser una zona de transición entre Pedemonte y Chaco, donde se destacó en supervivencia *C. balansae*, en especial las po-

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud	TMaM	TMiM	TMiA	PMA
Gral. Pizarro, Salta	24° 18'	64° 01'	374	34,4 °C	5,9 °C	-4,6 °C	850 mm
Fronterita, Tucumán	26° 58'	65° 30'	653	31,3 °C	7,0 °C	-1,5 °C	1400 mm
El Siambón, Tucumán	26° 43'	65° 26'	1170	30,5 °C	3,5 °C	-5,8 °C	1200 mm

Tabla 5. Ubicación y características ambientales de los sitios de experimentación. TMaM: temperatura máxima media; TMiM: temperatura mínima media; TMiA: temperatura mínima absoluta.; PMA: precipitación media anual

Especie	Población	Latitud	Longitud	Altitud	TMA	TMiM	TMaA	PMA
<i>Cedrela balansae</i>	San Andrés	23°05'	64°40'	400	21,9	16,1	27,7	1000
	Calilegua	23°42'	64°51'	700	17,7	11	24,3	1200
	Ledesma	23°49'	64°47'	400	18	12	25	800
	Pintascayo	22°51'	64°36'	900	21	16	27,7	1300
	Río Seco	22°31'	63°57'	700	23,9	16	31,5	900
<i>Cedrela fissilis</i>	Guaraní	26°55'	54°13'	470	24	8	38	2130
	San Antonio	26°03'	53°46'	500	23,3	7	35,5	2130
Híbrido (<i>C. balansae</i> x <i>C. saltensis</i>)	Calilegua	23°42'	64°51'	791	17,7	11	24,3	1300
	Pintascayo	22°51'	64°36'	976	21	16	27,7	1400
	San Andrés	23°05'	64°40'	900	21,9	16,1	27,7	1300
<i>Cedrela saltensis</i>	Pintascayo	22°51'	64°36'	836	21	16	27,7	1400
	San Andrés	23°05'	64°40'	900	21,9	16,1	27,7	1300
<i>C. angustifolia</i>	Pool de semillas							
<i>C. odorata</i>	Semillas comerciales							
<i>Toona ciliata</i>	Semillas comerciales							

Tabla 6. Materiales incluidos en los ensayos con datos de latitud-longitud, altitud, temperatura media anual, temperatura mínima y máxima media anual (°C) y precipitación media anual de cada sitio (mm).

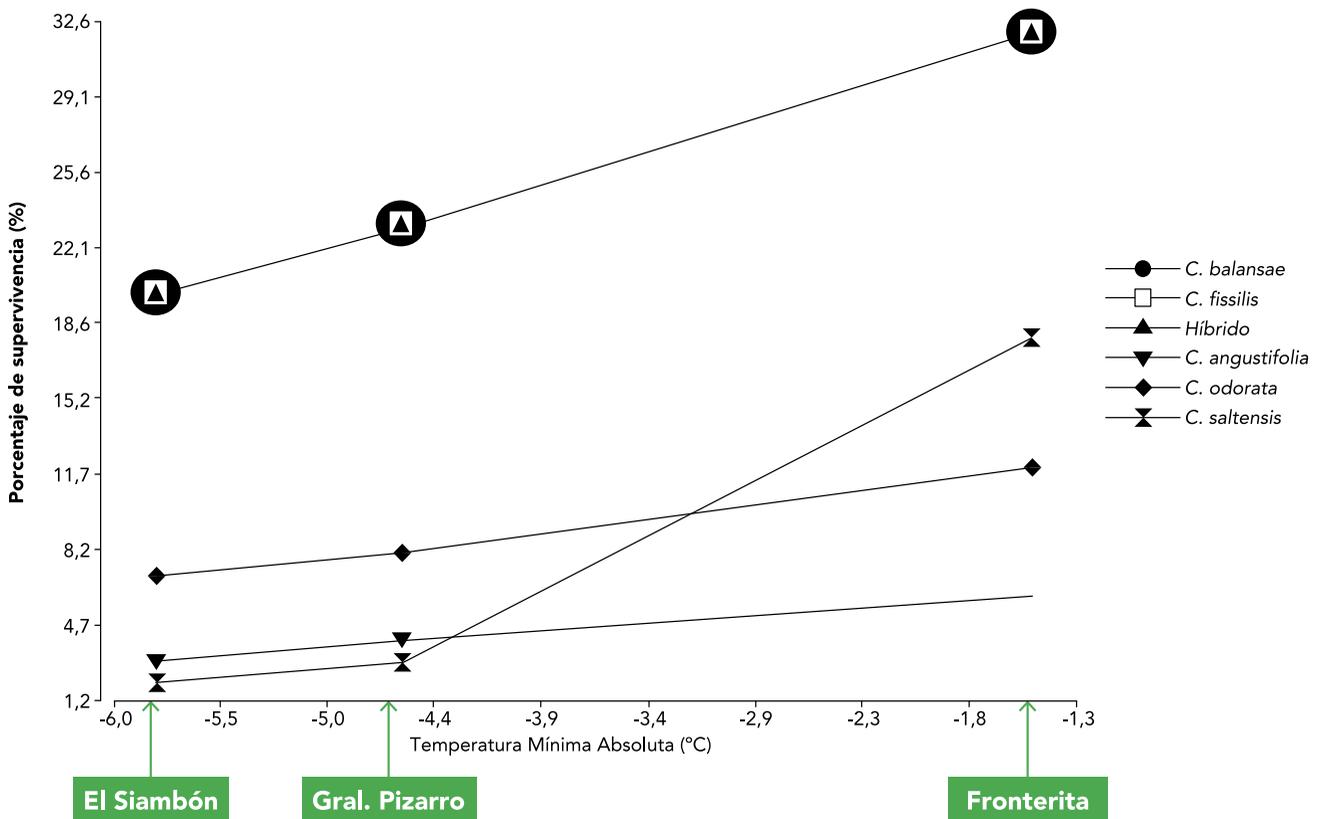


Figura 5. Porcentaje de supervivencia ajustados por el modelo como función de la temperatura mínima absoluta para diferentes especies del género *Cedrela*.

blaciones de San Andrés, Ledesma y Río Seco. El Híbrido natural entre *C. balansae* y *C. saltensis* expresó su vigor híbrido en relación a crecimiento y sobrevivencia en Fronterita (653 msnm), principalmente la población de Pintascayo. En el resto de los sitios de ensayo mostró un comportamiento intermedio entre sus parentales. *C. saltensis* y *C. angustifolia*, así como las especies testigo (*C. odorata* y *T. ciliata*), no tuvieron desempeños destacados para la altura total y supervivencia.

Sitios con condiciones similares a Fronterita, se pueden considerar con mayor aptitud para el desarrollo de plantaciones con fines productivos, sobre todo para *C. balansae* y *C. fissilis*. El Siambón tuvo la menor supervivencia general, aunque *C. fissilis* alcanzó el 40%.

Se podría decir que las estrategias de adaptación a diferentes condiciones ambientales varían según el origen. Esto indicaría que plantas crecidas en condiciones ambientales distintas logran mecanismos de adecuación diferentes por efectos de la divergencia y la selección natural.

Sistemas y conducción del cultivo de cedro. Manejo de vivero

Las existencias de madera de calidad del monte nativo del NOA son cada vez menores y con la ley nacional 26.331 de ordenamiento territorial de bosques nativos se reducirá la oferta de madera del bosque nativo. Por esto, la alternativa es la producción sustentable de madera proveniente de especies nativas de alto valor susceptibles de ser domesticadas. Las selvas subtropi-

cales argentinas tradicionalmente abastecieron al mercado de productos de alto agregado con madera procedente de los bosques nativos; en particular en el NOA se han llevado adelante numerosos emprendimientos tendientes al cultivo del cedro.

A fin de evaluar el estado de las plantaciones y su desarrollo, se identificaron los emprendimientos existentes en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán en un rango de edad entre 3 y 30 años. La distribución de la superficie implantada con cedro en la región, tanto en macizo como enriquecimiento de bosque degradado, muestra que la provincia de Jujuy cuenta actualmente con 530 ha, Tucumán con 345 ha y Salta con 74 ha.

Las características de las plantaciones varían según la especie, el sitio, el sistema de cultivo y la edad; algunos casos se pueden observar en la Tabla 7.

Se encontraron diferentes modalidades de cultivo con especies de *Cedrela*: plantaciones en macizo, enriquecimiento en bosquetes y con 1, 2 y 3 líneas en la picada de monte.

En las plantaciones comerciales, *C. balansae* es la especie que mostró menor tolerancia al frío, aunque *C. odorata* y *Toona ciliata* var *australis* mostraron mayor sensibilidad que las especies nativas. La mayor tolerancia al frío se observó en *C. angustifolia*, seguido por *C. fissilis*. Sin embargo, la tolerancia está subordinada a las condiciones de cultivo, es decir, la sobrevivencia se duplica en un sistema de enriquecimiento con protección del bosque circundante con respecto a un sistema de cultivo a cielo abierto o en macizo, alcanzando el 85% de supervivencia en

Especie/Sistema de cultivo	Edad (años)	Provincia/sitio	IMA (cm)	Corteza (%)	Duramen (%)
<i>C. angustifolia</i> /enriquecimiento	30	Tucumán/Pedemonte	0,9 d	2,20 a	93,6 a
<i>C. balansae</i> /enriquecimiento	20	Tucumán/Pedemonte	2,4 a	3,00 b	97,0 a
<i>C. balansae</i> /enriquecimiento	12	Salta/Transición	2,0 b	2,10 a	91,0 b
<i>C. balansae</i> /macizo	17	Jujuy/Pedemonte	2,1 a	3,00 b	96,4 a
<i>C. fissilis</i> /enriquecimiento	10	Tucumán/Selva Montana	1,9 b	4,20 c	81,0 c
<i>C. fissilis</i> /enriquecimiento	14	Tucumán/Pedemonte	1,5 c	5,00 d	80,0 c
<i>C. balansae</i> /macizo con riego (goteo)	12	Salta/Transición	2,4 a	2,90 b	92,8 b

Tabla 7. Test de Duncan ($\alpha=0,05$) para incremento medio anual (IMA), proporción de corteza, duramen y albura. Los grupos de valores con igual letra no se diferencian significativamente.



Figuras 6 y 7. *Cedrele fissilis* de 12 años plantados en el mismo sitio, a cielo abierto (izquierda, con fustes inferiores a los 2 m) y en enriquecimiento (derecha, con fustes superiores a 6 m).

C. fissilis. A su vez, la mayor o menor degradación que presente el bosque donde se está intervinando tiene incidencia en la supervivencia inicial. De esta manera, esta práctica de cultivo posibilita la implantación y el normal desarrollo de árboles de cedro en sitios donde plantados en macizo o cielo abierto serían vulnerables al frío (Figuras 6 y 7).

Una práctica imprescindible en la conducción del cedral es el control del barrenador del brote de las Meliáceas, *Hypsipyla grandella*. Se observó que productores de El Naranjo, Potrero de las Tablas y El Cajón (Tucumán), El Piquete (Jujuy), entre otros, lograron controlar en un 90% el ataque de esta plaga gracias a las aplicaciones de un repelente químico cuyo principio activo es la alfacipermetrina (SC-6% al 20%). Según recomendaciones de Tapia (2012), el control es simple y consiste en un “toque” en el ápice o cogollo con el repelente usando mochila, sin necesidad de “bañar” toda la planta. Es importante la aplicación del producto a partir del momento de implantación en el NEA y a partir del segundo año en el NOA, hasta lograr la longitud de fuste deseado. El período crítico de aparición de la plaga en el NOA está asociado a variables climáticas y corresponde a la época estival de mayores precipitaciones, por lo que se recomienda realizar el control mensual entre octubre y abril. El costo del producto y la mano de obra de las siete aplicaciones anuales durante los primeros tres años de implantación

implican el 15% del costo total del cultivo. Esta práctica asegura el logro de fustes comerciales y la sobrevivencia requerida para aspirar al beneficio de las leyes nacionales 26.432 y 26.331. Con respecto a la implantación bajo el sistema de enriquecimiento de bosques degradados, es fundamental una buena planificación de base. Las picadas tienen un ancho variable según la vegetación original, pudiendo variar entre 60 cm y 3 m (Figura 8) y se realizan cada 10 m, desembocando en un camino principal o vía central de saca. Si fuera un terreno con pendientes importantes, se hace un sendero a favor de la pendiente, abriendo las picadas a ambos lados, de manera que éstas queden en forma perpendicular a la misma cortando la pendiente principal, de manera de evitar fuertes escorrentías en la época de mayores precipitaciones y por ende procesos erosivos del suelo. Si en el



Figura 8. Establecimiento en picada-zona amarilla de Yungas. Taficillo, Tucumán.

camino de una picada se encuentran árboles de gran porte o de importancia económica o ecológica, se los saltea evitando plantar bajo su dosel, pues la sombra impedirá su desarrollo o provocará curvaturas en los tallos de los cedros a medida que estos crezcan buscando la luz. Las ramas laterales de árboles vecinos que puedan provocar el mismo efecto también deben ser removidas, despejando el camino para que los árboles en cultivo tengan un normal crecimiento. La época de plantación óptima es una vez superado el peligro de heladas, pero como esta época en el NOA coincide con la estación seca debe proporcionarse riegos hasta el período de lluvias estivales. De no ser posible regar, la implantación se hace una vez comenzado el ciclo lluvioso, con buena humedad en el perfil de suelo.

En el 2012 se instalaron parcelas demostrativas y experimentales en campos de productores con el objetivo de evaluar la supervivencia y desarrollo inicial, empleando diferentes fertilizantes de base y el uso de polaina para protección contra el frío y animales (Figura 9).

Como fertilizantes de base, se utilizaron Superfosfato triple de Calcio y fertilizantes de liberación lenta. La evaluación se llevó a cabo al año de plantación. Aunque se observaron diferencias en el desarrollo de los plantines respecto a los testigos, estas no fueron significativas. Sin embargo, como estas experiencias no son extrapolables a todos los sitios potenciales de plantación, es necesario realizar análisis de suelo en cada situación.

Con respecto al uso de polainas (50 cm de altura), esta práctica es recomendable dado que no se observaron plantas dañadas y su incidencia en el costo de plantación es del 1%.

Consideraciones a tomar en cuenta, según el sitio de cultivo

- ♦ *Frío*: a menores temperaturas extremas, mejor respuesta de *C. fissilis* y *C. angustifolia*
- ♦ *Exposición de las laderas*: enriquecimientos en laderas con exposición sur y sureste con mayor humedad en el suelo tienen mayores probabilidades de éxito.
- ♦ *Orientación*: las picadas con orientación NO-SE presentan plantas con mayor desarrollo.
- ♦ *Cobertura del bosque nativo circundante*: a mayor cobertura del dosel sobre la picada, menor desarrollo de los cedros implantados.
- ♦ *Suelos*: drenaje normal, no excesivo, mues-



Figura 9. Plantas con protección de polainas

tran mejor respuesta en el crecimiento de las plantas

- ♦ *Altitud*: hasta los 800 m mejor desarrollo de *C. balansae*, por encima de esta cota *Cedrela fissilis* y *C. angustifolia* mostraron mejor desempeño.
- ♦ *Pendiente*: el sentido de las picadas deben ser siempre perpendicular a la pendiente principal.
- ♦ *Malezas*: controlarlas durante los primeros años del cultivo, con especial énfasis en las trepadoras que deforman la planta pudiendo llegar a ahogarlas.
- ♦ *Precipitaciones*: lo óptimo para las 3 especies, son registros por encima de los de 900 mm, lo más extendido posible durante la primavera-verano.

En cuanto al manejo de vivero, El material seminal que se utilizado en las parcelas demostrativas y ensayos participativos en campos de productores, se colectó de ejemplares superiores seleccionados en plantaciones comerciales de Salta, Jujuy y Tucumán. La fecha de recolección de los frutos se realiza entre junio y julio en el NOA.

La siembra es directa en bandejas con alveolos, siendo los más recomendables los que se hallan entre 160 y 260 cm³ de capacidad, según se comprobó en los ensayos realizados.

Los sustratos recomendables son los formulados en base a turba rubia/perlita y el de corteza de pino, adicionando 4 g por litro de sustrato



Figura 10. Plantines de *C. fissilis* en condiciones de llevar a campo



Figura 11. Evaluación del ensayo a los 30 días; Tratamientos 2,4,5,3,1 de izq. a der.

de fertilizante de liberación lenta (4-6 meses). El sistema que mejor resultado dio por su menor costo operativo es el de semi-hidroponía, alcanzando su ciclo de desarrollo en 3 meses. Otra opción con similar resultado es en bandejas dispuestas en mesadas con al menos 2 riegos diarios por aspersión.

Antes de llevar los plantines a terreno, es fundamental efectuar una intensa clasificación de los mismos, seleccionando los más fuertes de manera de incrementar el porcentaje de supervivencia a campo, mejorar la uniformidad de las plantas y reducir los costos por reposición (Figura 10) (Fornes *et al.* 2012).

Otro factor a considerar es la viabilidad de las semillas, dado que en condiciones de almacenamiento ambientales el poder germinativo de las semillas de cedro disminuye hasta un 50% de un año al siguiente de cosechadas, por lo que es recomendable sembrar a los pocos días de su colecta.

Los monitoreos frecuentes ayudan a detectar presencia de plagas como hormigas cortadoras o el barrenador del brote, las que se controlan sin problema aplicando productos con alfacipermetrina. Quitar malezas en forma periódica del sustrato evita la competencia por nutrientes y agua. En períodos con poca insolación y humedad excesiva prolongados, es conveniente la aplicación de fungicidas preventivos.

Con el objetivo de mejorar el desarrollo del plantín en vivero, incrementar la supervivencia al trasplante, mejorar la absorción de agua y nutrientes minerales, y la adaptación a campo, se han realizado ensayos comparando un testi-

go (1) con endomicorrizas del género *Glomus* (2), bacterias del género *Azospirillum* (3), la mezcla de endomicorrizas y *Azospirillum* (4) y (5) solución de suelo proveniente de la rizósfera de cedros nativos (Figura 11). Los resultados muestran que existen diferencias significativas en el desarrollo en altura total y diámetro del cuello en los plantines inoculados con *Glomus intraradices* (más de 100 propágulos infectivos/cc) con respecto al resto de los tratamientos.

Selección fenotípica y propagación de *Cordia trichotoma* en el NEA y NOA

El INTA desarrolla tecnología orientada al bosque nativo atendiendo su multiplicidad de usos, no sólo productivos y compatible con el bienestar social y el desarrollo territorial, sino también con la sostenibilidad ambiental. En este contexto, una de las especies priorizada que comparte su hábitat en ambas Selvas Subtropicales argentinas es *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrábida ex Steudel, comúnmente llamada el “peterib?” en el NEA y “afata” en el NOA. Actualmente se dispone de tecnología básica para su cultivo y recientemente se ha implementado un Programa de Mejoramiento Genético (PMG), que contempla estrategias de conservación genética. El PMG atiende dos objetivos principales: generar materiales de propagación en cantidades suficientes para usos operacionales, con características sobresalientes para la producción de madera de alta calidad y con-



Figura 12. Individuo selecto de Peteribí.



Figura 13. Injertos en Peteribí.

tribuir a la ubicación de poblaciones con valor estratégico para la conservación de la especie (Rodríguez *et al.* 2014). La selección de árboles fenotípicamente superiores para la conformación de la Población Base (PB) conlleva una importante inversión y es un eslabón clave de un PMG, ya que el conjunto de árboles seleccionados será la base de futuras generaciones de bosques. Esto obliga a establecer una relación de compromiso entre lograr genotipos sobresalientes en las características deseadas y mantener la variabilidad genética poblacional íntegra que nos permita cumplir con los objetivos de mejora y conservación, respectivamente.

Primeramente se dividió la provincia en 5 zonas, definidas según los distritos fitogeográficos y las cotas de precipitación. Cada una de las zonas estará representada por un determinado grupo de individuos selectos por población/zona. Se seleccionaron hasta el momento un total de 60 individuos distribuidos en distintas localidades de Misiones. Entre estos sitios y conformando la PB del PMG se encuentran áreas del Parque Nacional Iguazú, reservas privadas, predios de productores y empresas. El proceso de selección consistió en recorrer los sitios correspondientes a las áreas de interés y el registro y la georreferenciación de los individuos que cumplieran con los criterios de selección.

Estos criterios fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 30 cm, fuste recto, altura de fuste superior a 6 m y sanidad (Figura 12). Estos individuos y los seleccionados a futuro serán evaluados mediante rankings fenotípicos pasando los mejores a formar parte de la población seleccionada. De estos últimos se colectará material de propagación destinado a ensayos genéticos y bancos de conservación clonal *in vivo*. Estudios realizados previamente revelaron un poder germinativo superior a 70% en todas las zonas (Barth *et al.* 2013). En el caso del NOA, se ubicaron las principales poblaciones según trabajos preliminares de presencia y densidad (Ledesma 2014). La PB estará constituida por individuos fenotípicamente superiores provenientes de selecciones realizadas en Parques Nacionales, reservas y empresas privadas, algunas de las cuales permiten la extracción de madera nativa con certificación de manejo, con lo que se facilita la preselección mediante el uso de inventarios. Posteriormente se realizarán las pruebas genéticas y el monitoreo de la diversidad genética a fin diseñar de manera estratégica el huerto semillero clonal. Paralelamente, el PMG forma parte del proceso de domesticación de esta especie, el cual involucra el desarrollo de técnicas de propagación vegetativa como una herramienta de gran utilidad.

Se observó que el uso de la hormona IBA en dosis inferiores a 1000 ppm y lograba un enraizamiento de un 96% en estacas apicales, lo cual es muy promisorio para encarar a futuro una línea de silvicultura clonal. Por otro lado, se han evaluado distintos tipos de injertos y el tiempo entre la cosecha de la púa (de copa) y la realización de los mismos. El mejor prendimiento del injerto se obtuvo con la técnica de hendidura plena apical, injertando la púa dentro de las 24 horas desde su cosecha a fin de evitar su deshidratación (Figura 13).

Conservación y mejoramiento de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze.

La zona de ocurrencia natural del pino Paraná en Argentina es muy acotada, extendiéndose desde el centro norte de Misiones hasta la frontera con Brasil. Es una especie emblemática y de importancia en el desarrollo del sector forestal y de la economía misionera, ya que su extracción, junto con otras especies del bosque nativo, contribuyó fuertemente con la colonización desde los inicios del siglo XX (Fahler 1981). Los bosques naturales de esta especie se redujeron considerablemente como consecuencia de la explotación, encontrándose en estado de “peligro crítico” según la lista roja de especies (IUCN 2015). El Campo Anexo Manuel Belgrano (CAMB) de la EEA Montecarlo-INTA, cuenta con ejemplares nativos de *A. angustifolia* y plantaciones con material desconocido con el fin de asegurar la conservación de la especie. Utilizando el material del CAMB como fuente principal de selección, se inició un Programa de Conservación y Mejoramiento Genético cuya población base consta de 440 ha organizadas en rodales con un rango de edades entre 10 y 64 años.

En el año 2011 se comenzó con las selecciones individuales basadas en criterios independientes de selección, en rodales con edades mayores a 16 años. Para esta tarea se utilizaron datos de inventarios preexistentes. Para cada rodal el límite mínimo de selección fue establecido como el DAP medio más dos desvíos estándar y se tuvieron en cuenta caracteres de forma (rectitud, conicidad, desrame natural) y sanidad. Se recorrieron un total de 39 compartimentos preseleccionando 302 individuos. Luego del chequeo de sus características, 233 resultaron



Figura 14. Selecto de *A. angustifolia*.

selectos (Figura 14). Estos individuos pasaron a formar parte de la población seleccionada (PS) del programa. Los individuos femeninos que conforman la PS serán evaluados en pruebas de progenies y propagados vía injerto, para conformar huertos semilleros y bancos de conservación clonal. El diferencial de selección fue de 22,5 cm (Figura 16). Así la población seleccionada superó en casi un 50% en DAP a la población base, obteniéndose una ganancia genética estimada de 21,7%. Este valor estimativo se traduciría en 10 cm de DAP promedio de superioridad de los descendientes respecto a la población base, lo cual se confirmará cuando se evalúe la descendencia.

Con el objetivo de obtener los valores de mejora de los ejemplares femeninos seleccionados, en el año 2012 se colectaron semillas cuyo destino fue la instalación de un ensayo de progenies en San Antonio (CAMB), el cual cuenta con 12 familias de polinización abierta. Esta tarea se repitió durante el año 2014, obteniéndose semillas de 40 madres selectas destinadas al mismo tipo de prueba a ser implantadas durante el 2015.

A fin de propagar los individuos selectos tanto femeninos como masculinos para conformar el huerto semillero clonal para la producción de semillas con un cierto grado de mejora genéti-

ca, como así también un banco de conservación de estos recursos genéticos, se cosecharon púas provenientes de la copa de 40 individuos selectos masculinos y femeninos en el año 2015. Este material fue injertado sobre patrones producidos durante 2014 en el CAMB. El tipo de injerto utilizado fue de púa, con hendidura en la parte superior del pie (Figura 15) y en la actualidad se encuentran en condiciones controladas de invernáculo. Luego de la evaluación de prendimiento a los 2 meses, estos injertos serán llevados a campo para su establecimiento.



Figura 15. Injerto de púa en *A. angustifolia*

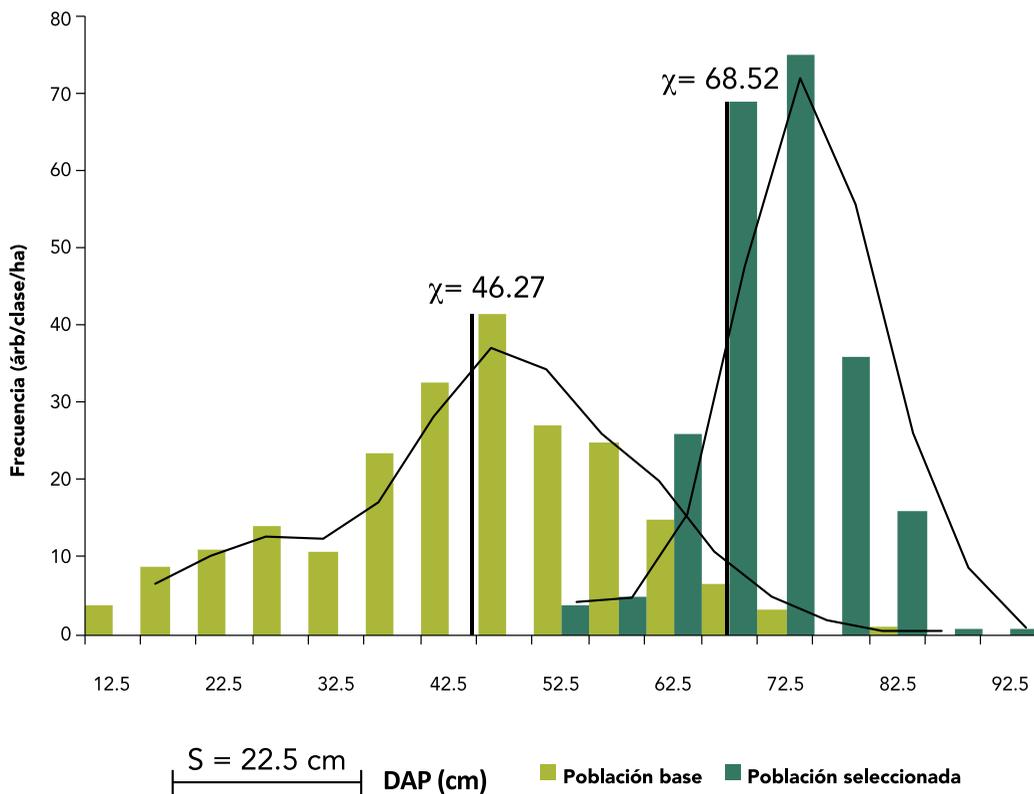


Figura 16. Distribución diamétrica de la PB (B) vs. PS (S)

Publicaciones

- ◆ Grignola, J.; Acreche, M.; Di Rienzo, J.; Gatto, M.; Fornes, L. 2014. Potencialidad de especies y procedencias de *Cedrela* para el establecimiento de plantaciones sustentables en diferentes ambientes del Noroeste Argentino. Revista RIA. Vol 40 N° 3.
- ◆ Soldati, M.C., Inza, M.V., Fornes, L., Zelener, N. 2014. Cross transferability of SSR markers to endangered *Cedrela* species that grow in Argentinean subtropical forests, as a valuable tool for population genetic studies Biochemical Systematics and Ecology. 53:8- 16.
- ◆ Soldati, M.C., Fornes, L., Barth, S., Eskiviski, E., Zelener, N. 2014. Diversidad genética en poblaciones remanentes de *Cedrela fissilis* Vell. en la selva paranaense. Trabajos Técnicos Grupo de Genética y mejoramiento Forestal. Páginas: 107-110. ISBN: 978-987-521-484-2.
- ◆ Soldati, M.C., Fornes, L., van Zonneveld, M., Thomas, E., Zelener, N. 2013. An assessment of the genetic diversity of *Cedrela balsanae* C. DC. (Meliaceae) in Northwestern Argentina by means of combined use of SSR and AFLP molecular markers. Biochem. Syst. Ecol. 47, 45–55.
- ◆ Ruiz V., Meloni D., Ordano M., Fornes L., Hilal M., Prado F. 2013. Seedling growth and water relations of three *Cedrela* species sourced from five provenances: response to simulated rainfall reductions. Agroforestry Systems 87:1005-1021.
- ◆ Rotundo, C. A.; Gauchat, M.E.; Belaber E.; Alarcon P.C. 2013. Avances en la selección de árboles plus de *Araucaria* (Bert.), en el NO de la provincia de Misiones. VI reunión de Genética y Mejoramiento Forestal. Campana, Buenos Aires.
- ◆ Fornes, L., Leiva, N., Lezcano, Z. and Trapani, A. 2012. Clean production of *Cedrela* spp. seedlings in hydroponics nursery. Acta Hort. (ISHS) 947:205-211.
- ◆ Fornes L. 2012. Domesticación de Especies de Alto Valor de las Selvas Subtropicales. Producción Forestal 2: 28-31.
- ◆ Tapia S. 2012. El control del barrenador del brote de los cedros. Experiencias en el NOA. Producción Forestal 2: 38-42.
- ◆ Inza M.V., Zelener N., Fornes L. & Gallo L.A. 2012. Effect of latitudinal gradient and impact of logging on genetic diversity of *Cedrela lilloi* along the Argentine Yungas Rainforest. Ecology and Evolution 2(11): 2722-2736.
- ◆ Meloni, D. A.; L. Fornes; M. R. Gulotta y D. Moura Silva. 2011. Tolerancia de *Cedrela lilloi* a bajas temperaturas: cambios metabólicos. Revista Quebracho Vol.18 (1,2) (16-23).
- ◆ Zelener N., Tosto D., Soldati M.C., Inza M.V. & Fornes L. 2011. Identificación genética molecular de las especies de *Cedrela* de las Yungas mediante ITS y AFLP. V Reunión GEMFO, Libro de Resúmenes. ISBN 978-987-679-082-6, p. 39. Ed. INTA, Bs. As., Arg.

Acciones de transferencia

Difusión Vía Web

- ◆ Soldati, M.C., Fornes, L., van Zonneveld, M., Thomas, E., Zelener, N. 2013. 17 de enero de 2013. Diversidad genética: una herramienta para conocer el estado de conservación del Cedro Orán. Artículo de difusión para la página web del Instituto de Recursos Biológicos - INTA.
- ◆ Soldati, M.C., Inza, M.V., Fornes, L., Zelener, N. 2014. 16 de enero de 2014. Transferencia cruzada de marcadores microsatélites entre especies del género *Cedrela*. Artículo de difusión para la página web del Instituto de Recursos Biológicos - INTA.
- ◆ Un aporte al OTBN: Distribución de la Diversidad Genética del Cedro (*Cedrela lilloi*) en Tucumán. Artículo de difusión interna INTA. Boletín electrónico EEA Famaillá, Tucumán. INTA Castelar-INTA Famaillá.

Talleres/Reuniones sobre Enfoques Territoriales:

- ◆ Taller “Encuentro del PI-PNFOR1104061, el PROMEF y el Área de Extensión de la DPF-MinAgri (26-27 de Marzo de 2015. EEA Concordia, Entre Ríos).
- ◆ Taller de restauración con especies nativas. 19 de Noviembre de 2014. FCF-UNaM / UCAR. Disertante. Técnicas de Restauración. Plantación a cielo abierto, enriquecimiento, nucleamiento. Experiencia Nativas con Yerba Mate en Santo Pipó. Ings. Barth y Wiss.
- ◆ Jornada a Campo “Conservación y Mejoramiento de *Araucaria angustifolia*” Organizada por el INTA EEA Montecarlo. CAMB-San Antonio, Misiones. 6 de Octubre 2014
- ◆ XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Mayo 2014. Eldorado. Misiones. Rodríguez, G. H.; Barth, S. R. Selección fenotípica de “Peteribi” (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrábida ex Steudel) en el noreste argentino
- ◆ III Jornadas Foresto Industriales del NOA. Aportes a la Domesticación de Especies Nativas de Alto Valor”. Dr. Luis Fornes. INTA Famaillá. 11 y 12 de Noviembre de 2010.
- ◆ IV Jornadas Foresto Industriales del NOA. Disertación. :” Enriquecimiento de bosque nativo en el pedemonte”. San Salvador de Jujuy. 22 y 23 de Noviembre de 2012.
- ◆ Taller para el manejo integrado del barrenador de los cedros en Jujuy, Salta, Tucumán y Misiones. Yuto, Jujuy, 05 de Agosto de 2014.

Impactos

Impacto Social y Ambiental

Los estudios sobre la magnitud y estructura de la diversidad genética de las poblaciones de las especies de *Cedrela* permitieron delinear estrategias concretas de conservación y contribuir al criterio sobre el estado de conservación del bosque, aportando al Ordena-

miento Territorial de Bosques Nativos.

En el caso de *C. angustifolia*, la identificación de refugios glaciares pueden ser fuentes de material de propagación apta para atender la demanda de especies pioneras para remediación ecosistémica en áreas que sufrieron incendios, deslizamientos de suelo, inundaciones y para los planes de conservación destinados a “zonas rojas” que brindan servicios ambientales a la comunidad. En particular la Reserva Provincial La Florida (Tucumán) constituye una isla de alta diversidad en un medio circundante de muy baja diversidad. Se cuenta con información de base para la toma de decisiones en ocasión de futuras revisiones de la ley nacional 26.331 y una guía orientativa en la aplicación de los planes de conservación.

Impacto Social y Económico

La definición de “zonas híbridas” interespecíficas (*C. balansae* x *C. saltensis*) constituye información útil para empresas y comunidades con asiento en áreas bajo aprovechamiento forestal, ya que la madera proveniente de altitudes entre 820 a 1100 msnm se asocia a bajos parámetros de calidad y por lo tanto tiene menor aceptación en el mercado. Por otra parte, es indudable el valor ecológico (adaptativo/evolutivo) de las zonas híbridas. La información también fue utilizada para diseñar estratégicamente los huertos semilleros que generarán el material de propagación mejorado de las especies nativas de alto valor y para direccionar la transferencia de semillas a fin de evitar contaminación genética. En el caso de los cedros, la Región Sur de las Yungas, de muy baja diversidad, es apta para la producción sustentable de maderas nobles en “zonas amarillas” sin riesgos de contaminación genética. El material genético adecuado es fundamental en emprendimientos a largo plazo, por lo cual están en marcha los programas de mejoramiento para las especies de *Cedrela*, *Cordia* y *Araucaria angustifolia* en el ámbito de las Selvas.

La información generada constituye una guía para la elaboración y evaluación de los planes de producción sustentable para los productores, profesionales y las autoridades de aplicación de las leyes nacionales 26.432 y 26.331.

Referencias

Alberto, F. J., Aitken, S. N., Alía, R., González-Martínez, S. C., Hänninen, H., Kremer, A., Lefèvre, F., Lenormand, T., Yeaman, S., Whetten, R. y Savolainen, O., 2013. Potential for evolutionary responses to climate change-evidence from tree populations. *Glob. Chang. Biol.* 19: 1645-1661.

Allen, C. D., 2007. Interactions across spatial scales among forest dieback, fire, and erosion in Northern New México landscapes. *Ecosystems* 10: 797-808

Bianchi A. R., Yáñez, C.E. y Acuña, L.R. 2005. Base de datos mensuales de precipitaciones del noroeste argentino. Proyecto Riesgo Agropecuario, INTASAGPyA, Argentina.

Brown, A. D. y Pacheco, S. 2006. Importancia del género *Cedrela*

en la conservación y desarrollo sustentable de las Yungas australes. *En: Pacheco, S. y Brown, A. Ed. Ecología y Producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes. LIEY-ProYungas, Tucumán, Argentina. Pp. 9-18.*

Brown, A. D., Pacheco, S., Lomáscolo, T. y Malizia, L. 2006. La situación ambiental en los bosques andinos yungueños. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Argentina. Pp. 52-71.

Brown, A. D., Grau, H.R., Malizia, R.L. y Grau, A. 2001. Argentina. *En: Kappelle, M. y Brown, A. D. Ed. Bosques nublados del neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Pp. 623-659.*

Cabrera, A.L., 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. *En: Enciclopedia Argentina Agrícola Y de Jardinería. Kugler, W.F. (Ed.). ACME, Buenos Aires, 85 pp.*

Degen, B., Blanc, L., Caron, H., Maggia, L., Kremer, A. and Gourellet-Fleury, S. 2006. Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. *Biological Conservation* 131: 386-401.

Fahler J. 1981. Variación geográfica entre y dentro de orígenes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. a los ocho años de edad en la provincia de Misiones, Argentina. Tesis de Maestría. UFP. Curitiba, Brasil.

Gandara, F.B. 2009. Diversidade genética de populações de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell. Meliaceae) no Centro-Sul do Brasil. PhD. Thesis, Escuela Superior de Agricultura, Universidad de San Pablo, Brasil.

Hall, P., Chase, M. R. and Bawa, K. S. 1994. Low genetic variation but high population differentiation in a common forest species. *Conservation Biology* 8: 471-482.

IUCN. 2015. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. www.iucnredlist.org. Fecha de consulta 15 de Julio de 2015.

Kageyama, P. Y., Gandara, F. V. 1998. Consecuencias de la fragmentación sobre poblaciones de especies arbóreas, Camará - Centro de Apoyo às Sociedades Sustentáveis, Serie técnica IPEF 12(32): 65-70.

Keller, L.F., Waller, D.M. 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology and Evolution.* 17 (5): 230-241.

Ledesma Guaraz, Tilda. 2014. Las especies de género *Cordia* en el noroeste de Argentina: conservación in situ y ex situ. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires. Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C. J. P., Murdiyarsa, D. y Santoso, H., 2009. Ante un futuro incierto: cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático. *Perspectivas forestales* No 5. CIFOR, Bogor, Indonesia, 104 pp.

Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 3583-590.

Pennington, T. D. and Muellner, A. N. 2010. A monograph of *Cedrela* (Meliaceae). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA.

Pennington, R. T., Prado, D. E. and Pendry, C. A. 2000. Neotropical seasonally dry forest and Quaternary vegetation changes. *Jour-*

nal of Biogeography 27: 261-273.

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. y R Development Core Team, 2013. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects. Effects Models. R package.

Tang, S., Dai, W., Li, M., Zhang, Y., Geng, Y., Wang, L., Zhong, Y. 2008. Genetic diversity of relictual and endangered plant *Abies ziyuanensis* (Pinaceae) revealed by AFLP and SSR markers, *Genética* 133: 21-30.

Young, A. G. and Boyle, T. J. 2000. Forest Fragmentation. *In*: Young, A., Boshier, D. and Boyle, T. J. Eds. Forest conservation genetics: principles and practice. CSIRO, CABI, Australia. Pp. 123-134

- ♦ Alarcón, Pamela - Consultor PROMEF INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Cuello, Roberto - Consultor PROMEF INTA EEA Famaillá.
- ♦ Gatto, Miguel - Consultor PROMEF INTA EEA Famaillá.
- ♦ Giannoni, Florencia - Consultor PROMEF INTA Castelar Instituto de Recursos biológicos.
- ♦ Rotundo, Cristian - Consultor PROMEF INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Alonso, Fernando M. - Consultor . PROMEF INTA Castelar Instituto de Recursos biológicos.
- ♦ Saravia, Pablo - Consultor PROMEF INTA EEA Famaillá.
- ♦ Trápani, Adrián - Consultor PROMEF INTA EEA Famaillá.

Responsable del Subprograma

Dr. Luis Fornes.

Unidad Sede

EEA Famaillá.

Unidades participantes

- ♦ EEA Famaillá
- ♦ EECT Yuto
- ♦ EEA Montecarlo
- ♦ IRB Castelar.

Profesionales participantes

- ♦ Zelener, Noga – INTA Castelar Instituto de Recursos Biológicos.
- ♦ Gauchat, M. Elena - INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Inza, María Virginia - INTA Castelar Instituto de Recursos Biológicos.
- ♦ Soldati, María Cristina - INTA Castelar Instituto de Recursos Biológicos.
- ♦ Ruíz, Verónica – becaria CONICET.
- ♦ Meloni, Diego – Universidad Nacional de Santiago del Estero- Fac. de Ciencias Forestales.
- ♦ Grignola, Josefina – INTA EEA Famaillá.
- ♦ Barth, Sara – INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Ledesma, Tilda – INTA EECT Yuto.
- ♦ Tapia, Silvia – INTA EECT Yuto.
- ♦ Tarnowski, Christian – INTA EECT Yuto.
- ♦ Eskiviski, Edgar – INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Figueredo, Iris – INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Gonzalez, Paola – INTA EEA Montecarlo.
- ♦ Leiva, Nidia – INTA EEA Famaillá.
- ♦ Rodríguez, Gustavo - INTA EEA Montecarlo.

Instituciones participantes

- ♦ Administración de Parques Nacionales-Regional NOA y NEA
- ♦ Dirección de Flora, Fauna Silvestre y Suelos de Tucumán
- ♦ MEDEFIT (Mesa para el Desarrollo Foresto Industrial de Tucumán)
- ♦ CAFITUC (Cámara de la Foresto Industria de Tucumán)
- ♦ AFIJUY (Asociación Foresto Industrial de Jujuy)
- ♦ Centro de Obreros del Norte (Orán, Salta)
- ♦ AFORSA (Agencia Forestal de Salta)
- ♦ UNT (Universidad Nacional de Tucumán)
- ♦ IDEP (Instituto de Desarrollo Productivo de Tucumán)
- ♦ Nodo Regional Selva Tucumano Boliviana – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación
- ♦ Pindo SA (Misiones)
- ♦ Puerto Laharrague SA (Misiones)
- ♦ Ledesma SAAIC (Jujuy)
- ♦ GMF Latinoamericana S.A. (Salta)
- ♦ Forestal Santa Bárbara S.R.L. (Salta y Jujuy)
- ♦ Forestry S.A. (Tucumán)
- ♦ La Moraleja S.A. (Salta)
- ♦ Cía. El Cóndor S.A.C.I.F.I (Tucumán)
- ♦ Buhos Blancos SRL – Finca Los Morteros (Jujuy)
- ♦ José Minetti y Cia. Ltda. S.A.C.I. (Tucumán)
- ♦ Asociación Civil y Cultural Cristo Rey (Tucumán)