

INTA

Bariloche



La genética ecológica en el manejo y la conservación de los bosques

“



Leonardo Gallo
leosogalo@gmail.com
Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal
INTA Bariloche, Patagonia, Argentina



Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía
26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Caceres, Extremadura





El compromiso de la ciencia

Knight *et al.* 2008, Conservation Biology 22

“Knowing but not doing: Selecting priority Conservation Areas and the Research-Implementation Gap”

88 encuestas a autores de trabajos científicos sobre conservación en revistas internacionales con referato

2/3 no había realizado la investigación con intenciones de que sus resultados se implementen

Bariloche, 18 de junio de 2017

Para gestionar eficientemente el uso y la conservación
de los bosques nativos

Genética ecológica

Estudio de **procesos genéticos** que permiten el conocimiento
sobre la **adaptación y evolución** de las especies y el desarrollo
de tecnología para la **gestión sostenible de los bosques**

Para estudiar esos procesos necesitamos conocer la variación genética

Secuenciación de fragmentos de microsatélites en *Araucaria araucana*

Jardines comunes

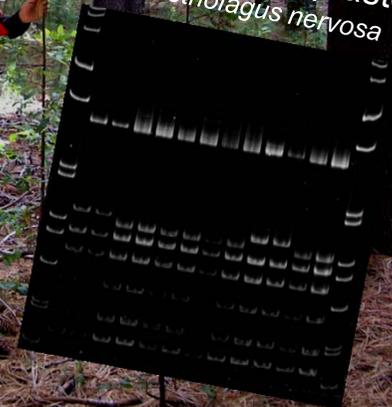
$$F = G \times A$$

Secuenciación de fragmentos de genes candidatos en ADN de *Nothofagus*

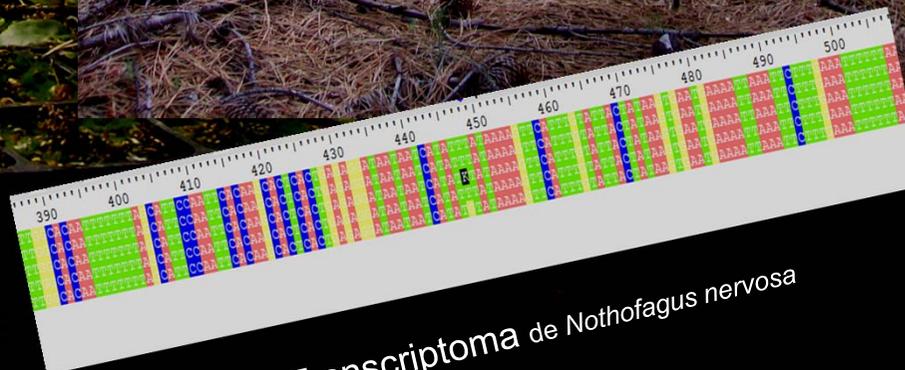
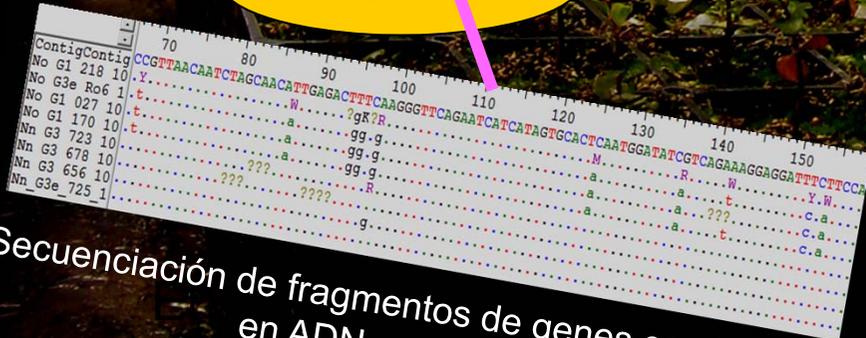
Isoenzimas en *Austrocedrus chilensis*



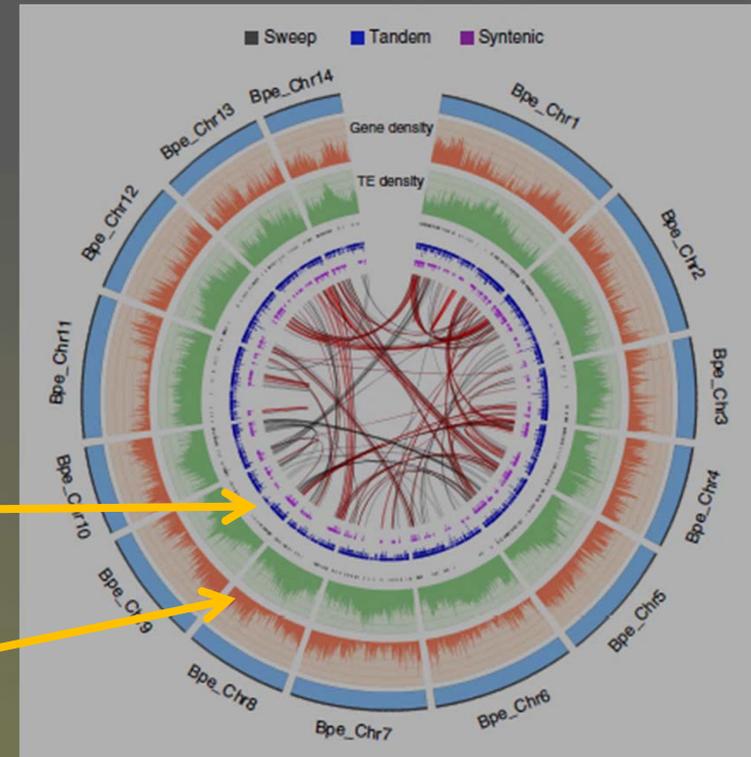
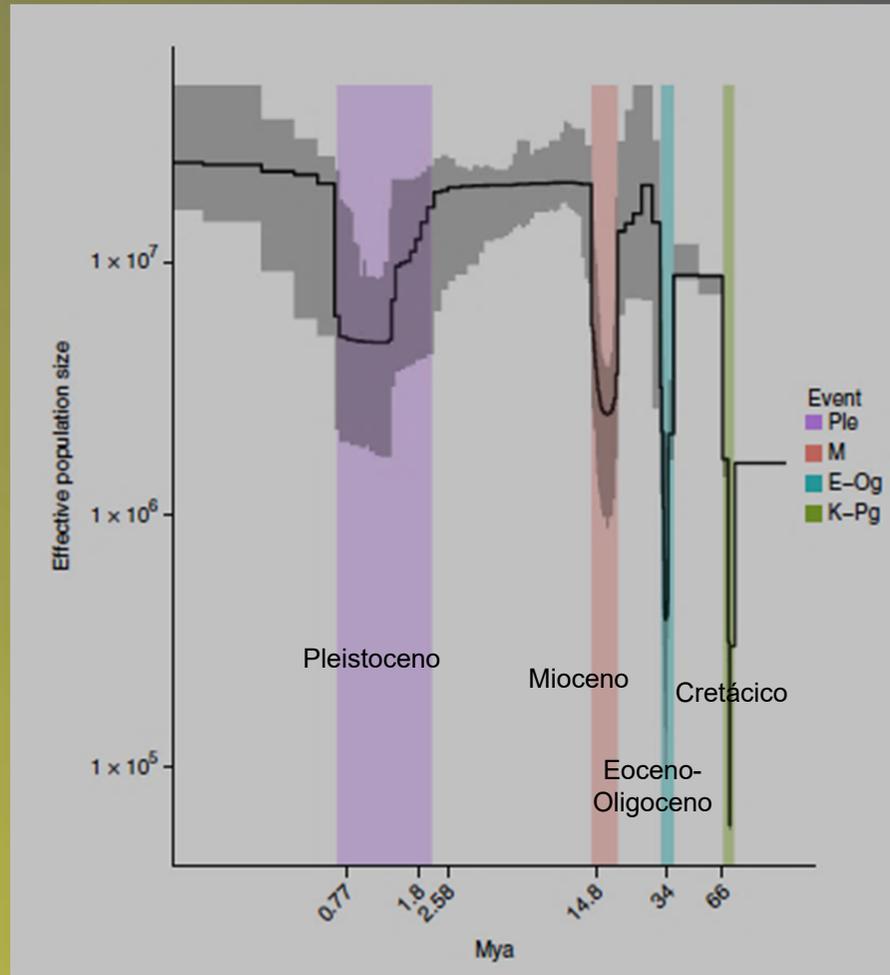
PCR-RFLP en ADN de cloroplasto de *Nothofagus nervosa*



Transcriptoma de *Nothofagus nervosa*



Secuenciación del genoma y análisis de *genómica poblacional* en abedul



4 grandes “cuellos de botella” de la especie en los últimos 80 millones de años.

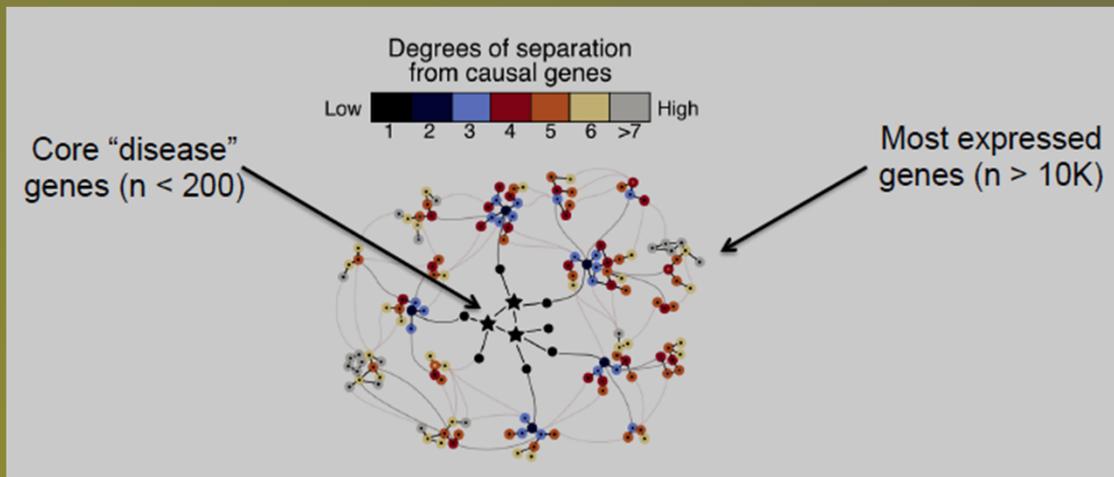
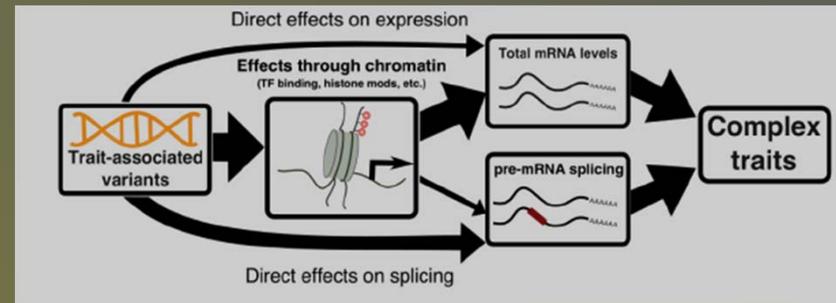
Duplicaciones en tandem tienen importancia adaptativa

¿Caracteres poligénicos u omnigénicos?

An Expanded View of Complex Traits: From Polygenic to Omnigenic

Boyle, E.A., Li, Y.I. & Pritchard, J.K. 2017. *Cell*, Vol. 169, No. 7. (16 June 2017), pp. 1177-1186

Para características complejas las señales de asociación tienden a estar distribuidas a lo largo de todo el genoma, incluso en genes que no tienen una relación directa con la característica en cuestión.



Las redes de regulación génica de características complejas están conectadas entre sí en un modelo "neuronal omnigénico" mayor a 10 mil genes

Impacto antrópico sobre el bosque y su diversidad genética



Fragmentación



Aprovechamiento silvícola

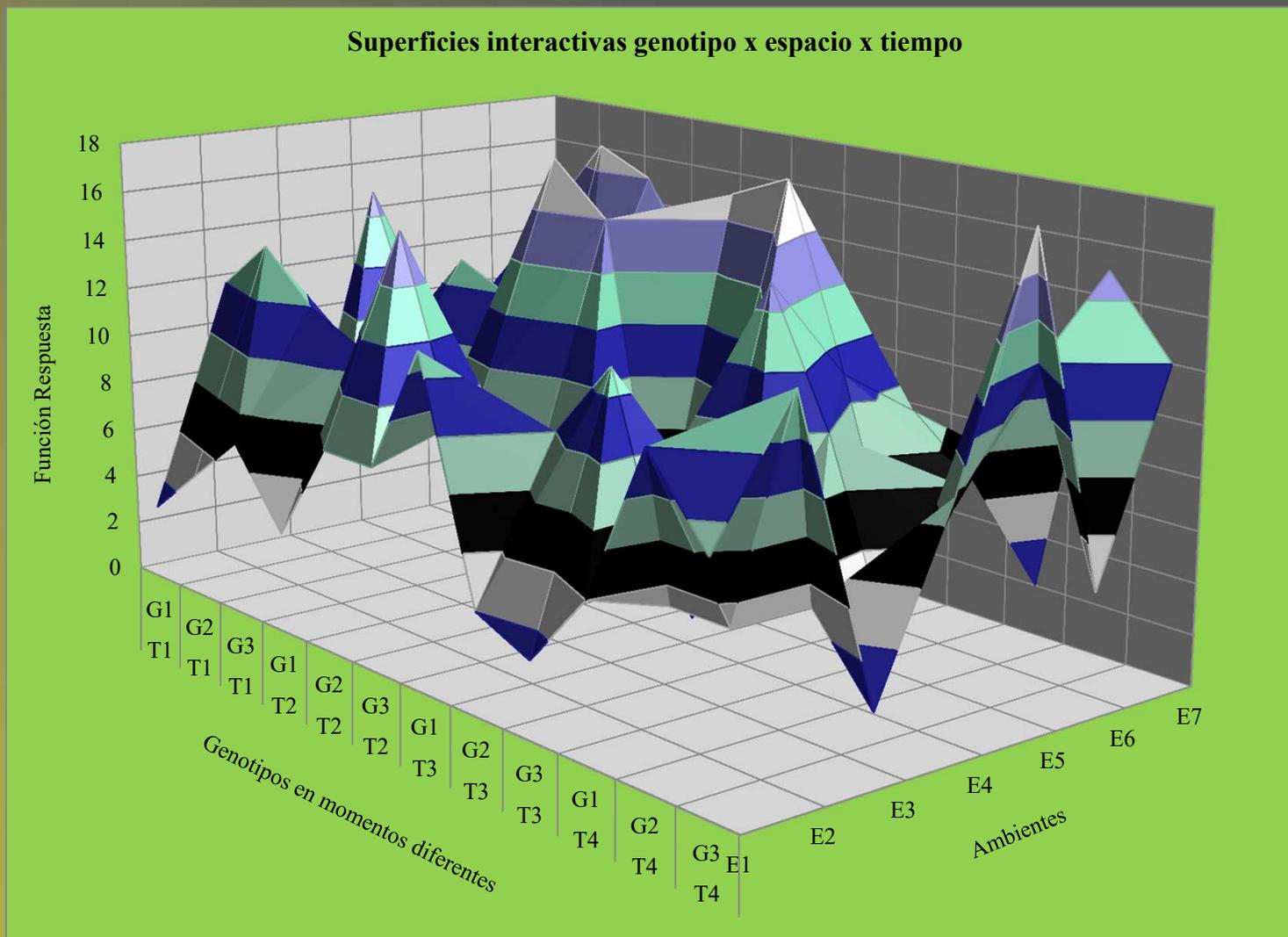


Restauración



Cambio Climático

Las interacciones genotipo x ambiente se transforman en multidimensionales y pasamos a tener superficies interactivas genotipo x espacio x tiempo



Los ambientes para la gestión y para la investigación ya no pueden considerarse como fijos

Ante el cambio climático

Migración

Poco probable en árboles
si el CC es muy rápido

Poco probable en árboles
si el CC es muy rápido
Requiere de rápida generación y
mantenimiento de diversidad genética
(atajo evolutivo hibridación)

adaptación
x selección
natural

*Las especies vegetales
pueden adaptarse a las
nuevas condiciones
ambientales de 3
maneras:*

Muy probable a través de
Splicing alternativo
Epigenesis
Transposones
Omnigénesis
(Mayor cantidad de estudios)

adaptación
x plasticidad
fenotípica

Gestión del Bosque Mixto de *Nothofagus*

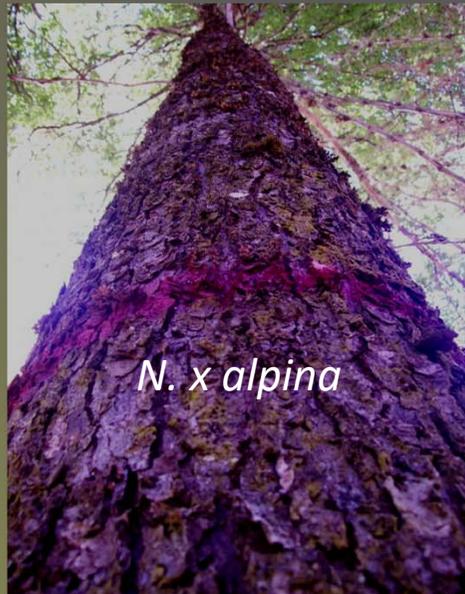
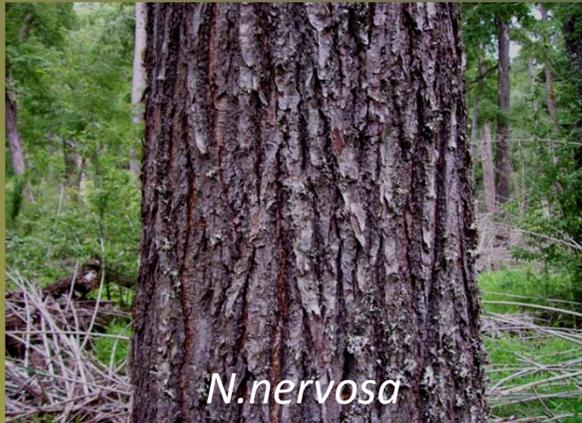


koiwe

rauli

roble

Hibridación, manejo silvícola y diversidad genética

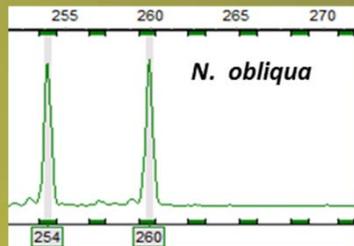
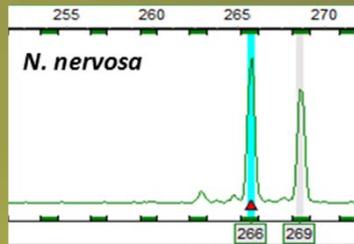


Marcadores genéticos especie específicos

Isoenzimas (Adh y Pgi)



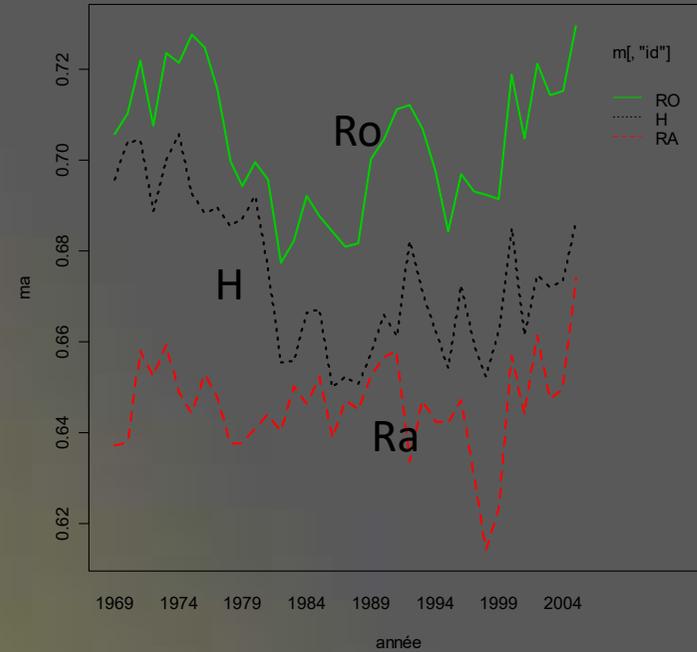
Marcadores genéticos microsatélites nucleares
Mayor grado de heterocigosis



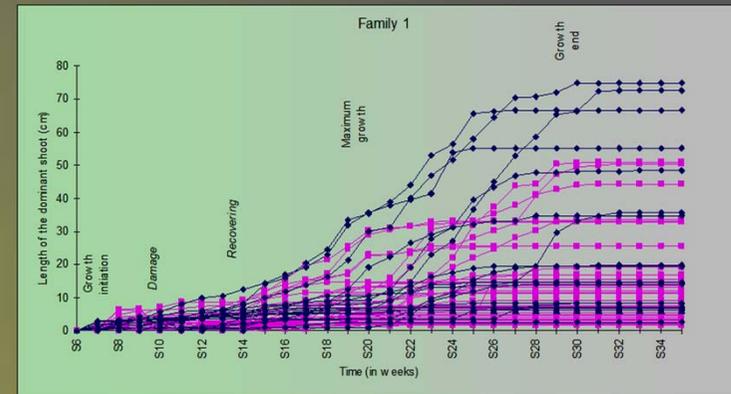
Alelos microsatélites exclusivos de cada especie de *Nothofagus* en el sistema de hibridación interespecífica.

Hibridación unidireccional

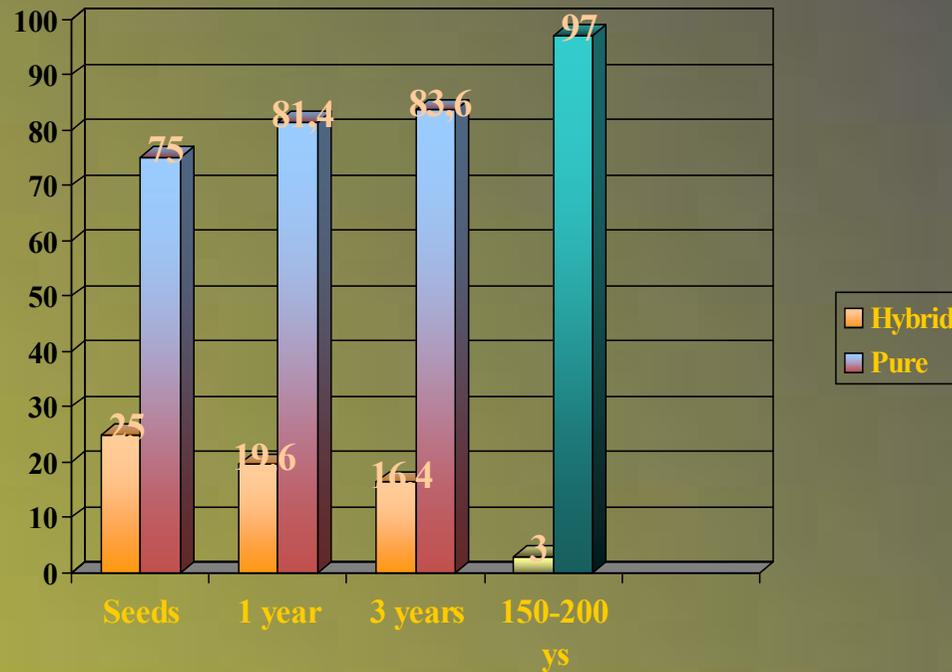
Perfiles de micro-densidad



Curvas de crecimiento (semanal) de progenies puras y de híbridos putativos



Proporción de híbridos detectados por características moleculares y morfológicas en familias de polinización espontánea de *Nothofagus nervosa* y en el bosque nativo de su procedencia



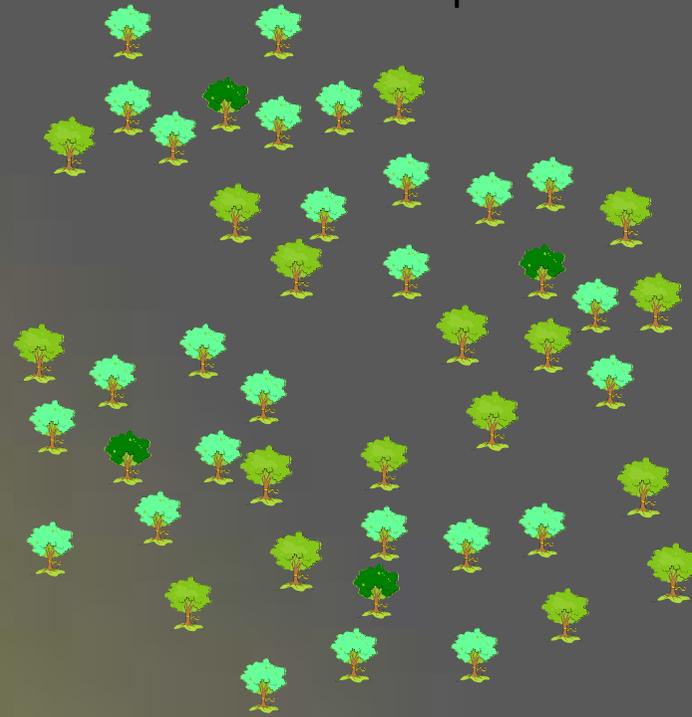
Daño por helada en un híbrido *Nothofagus x alpina* de tres años de edad

Selección natural contra los híbridos F1

Antes de la extracción



Después de la extracción



N. nervosa



N. obliqua



Híbrido (*N. x alpina*)

- Aumento de la generación de híbridos F1 en los *N. nervosa* remanentes

• La mayoría muere \therefore disminución de la aptitud reproductiva de *N. nervosa*

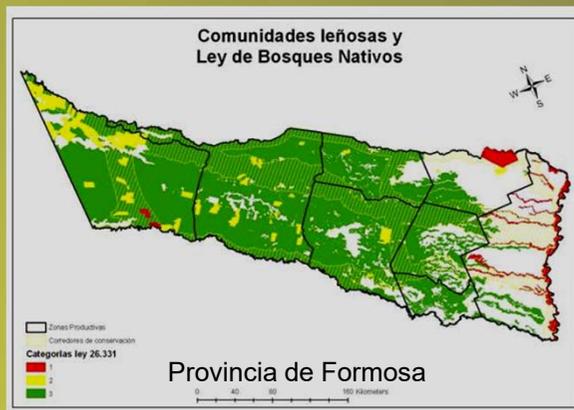
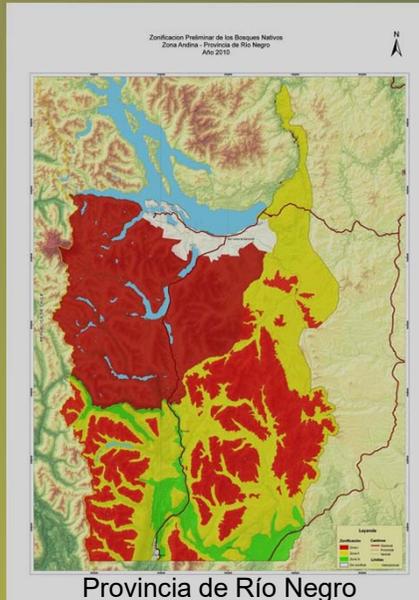
• **Decisión:** En los planes de ordenación hacer cortes de recomposición de la estructura específica

“La diversidad genética en el ordenamiento territorial de los bosques nativos”

LEY 26331

LEY DE PRESUPUESTOS MINIMOS DE PROTECCION AMBIENTAL DE LOS BOSQUES NATIVOS

Ordenamiento territorial de los bosques nativos (OTBN)



Categorías de conservación

CATEGORÍA I

Sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse ni ser sujetos a aprovechamiento forestal. Pueden realizarse actividades que no alteren sus atributos de conservación.

CATEGORÍA II

Sectores de mediano valor de conservación, que no deben desmontarse. Podrán ser sometidos a aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.

CATEGORÍA III

Sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad.

Distribución longitudinal de Ciprés de la Cordillera siguiendo el gradiente pluviométrico

(5 tipos forestales, Gallo *et al.* 2004)

Individuos aislados
en matriz de
Nothofagus dombeyi
3000-2300 mm



Bosque puro
(1000-800 mm)



Individuos aislados y
relictos en matriz de
estepa gramínea
400-330 mm



O

E

3000 mm



Bosquetes en matriz
de *Nothofagus*
dombeyi
1500-1300 mm

50-80 km



Bosquetes en matriz
de estepa gramínea
700-500 mm

300 mm

Escala de paisaje

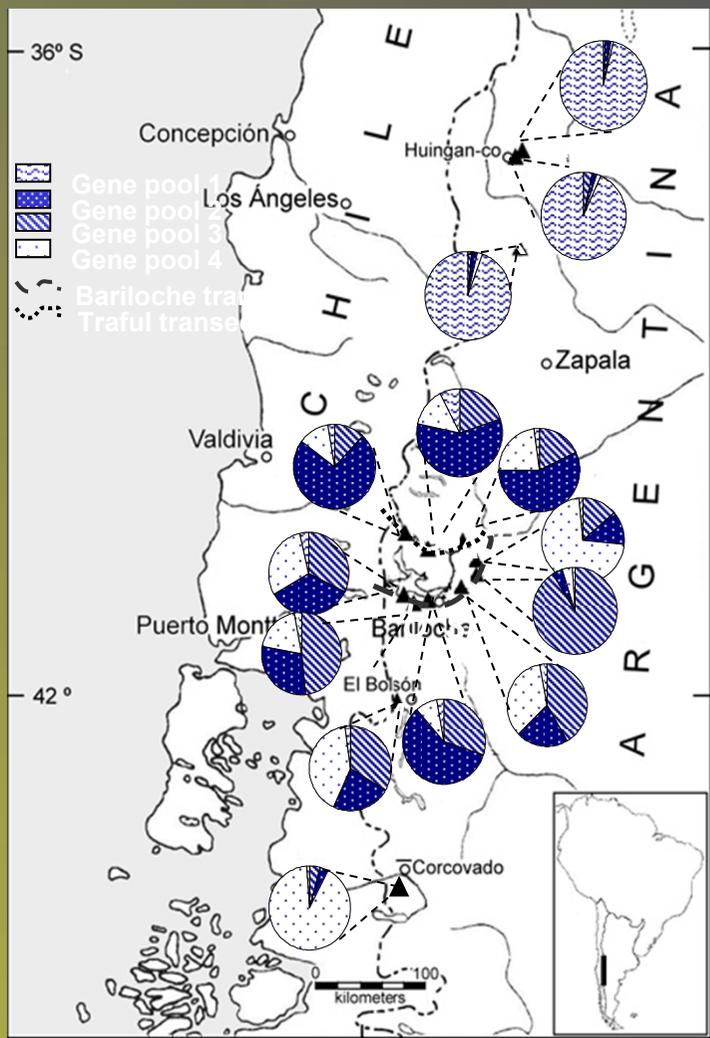
Isoenzimas

Caracterización del patrón de variación genética isoenzimática de 11 orígenes esteparios de Ciprés de la Codillera

Pastorino & Gallo 2002
Pastorino et al. 2004
Pastorino y Gallo 2009

Población	P	A	A_e	H_e	H_o
Huing. Molina	58,3	1,75	1,19	0,164	0,142
Huing. Rahueco	50,0	1,58	1,11	0,104	0,103
Riscos Bayos	58,3	1,67	1,16	0,144	0,124
Catán Lil	58,3	1,58	1,22	0,189	0,189
Chacabuco	58,3	1,67	1,20	0,170	0,145
Chacay	58,3	1,58	1,19	0,167	0,164
Pilcañeu Norte	50,0	1,50	1,19	0,160	0,145
Pilcañeu Sur	41,7	1,42	1,19	0,159	0,158
La Fragua	50,0	1,50	1,19	0,162	0,154
El Maitén	41,7	1,42	1,12	0,109	0,106
Leleque	33,3	1,33	1,14	0,130	0,110
Media	50,7	1,55	1,17	0,151	0,140
Media no esteparias	47,5	1,48	1,15	0,137	0,131

poblaciones esteparias poseen más diversidad

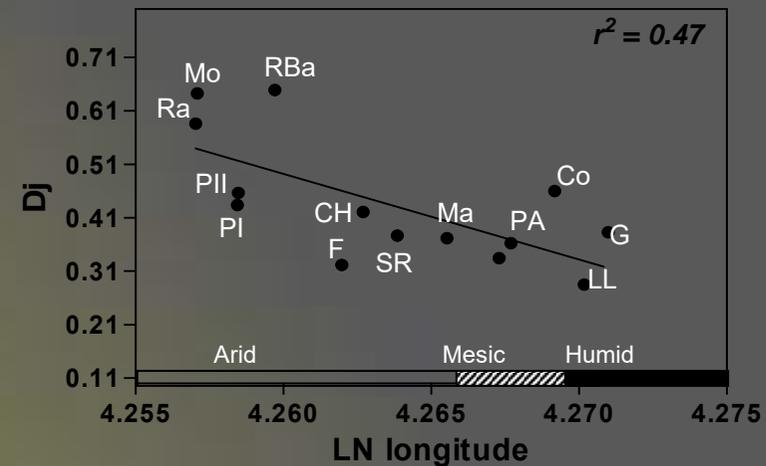


Distribución de los conjuntos génicos ancestrales identificados a través del programa STRUCTURE en las poblaciones argentinas de *A. chilensis*.
(de Arana *et al.* 2010)

Microsatélites

(Arana *et al.* Molecular Ecology 2008)

10 loci Microsatélites, 9 tetranucleótidos

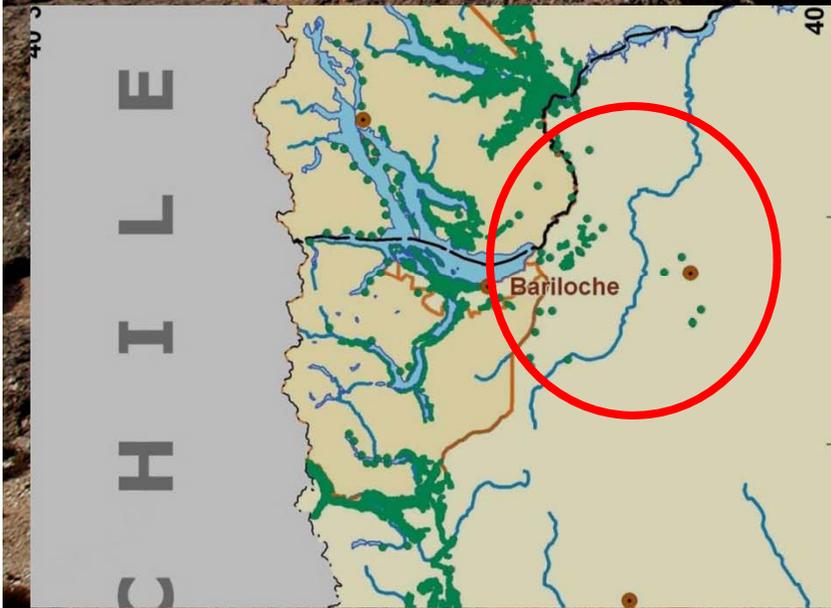


Asociación entre la diferenciación relativa media y la distancia geográfica en poblaciones de *Austrocedrus chilensis*
(de Arana *et al.* 2010)

La mayor diversidad genética de Austrocedrus chilensis está fuera de los Parques Nacionales

Los resultados de los diferentes estudios de diversidad genética con marcadores moleculares y ensayos de campo fueron tenidos en cuenta por 7 provincias argentinas para el OTBN

Decisión:



El OTBN de la Provincia de Río Negro incluyó varios fragmentos de Ciprés de la Cordillera considerando su alta diversidad genética

“La diversidad genética en los planes de ordenación”



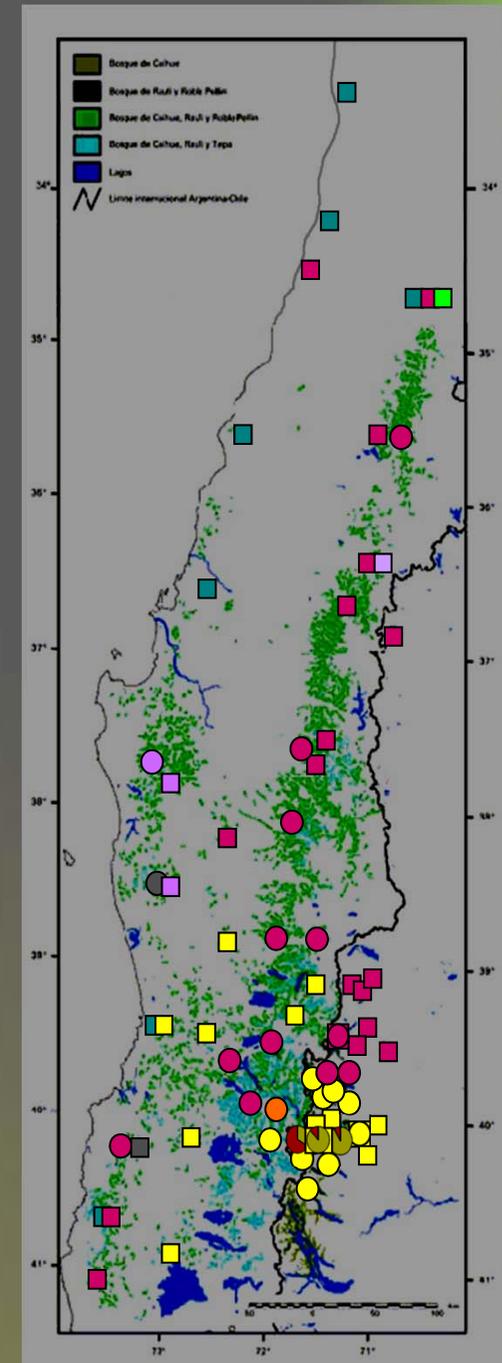
Distribución geográfica de haplotipos de ADN de cloroplasto en poblaciones de *Nothofagus nervosa* y *N. obliqua*

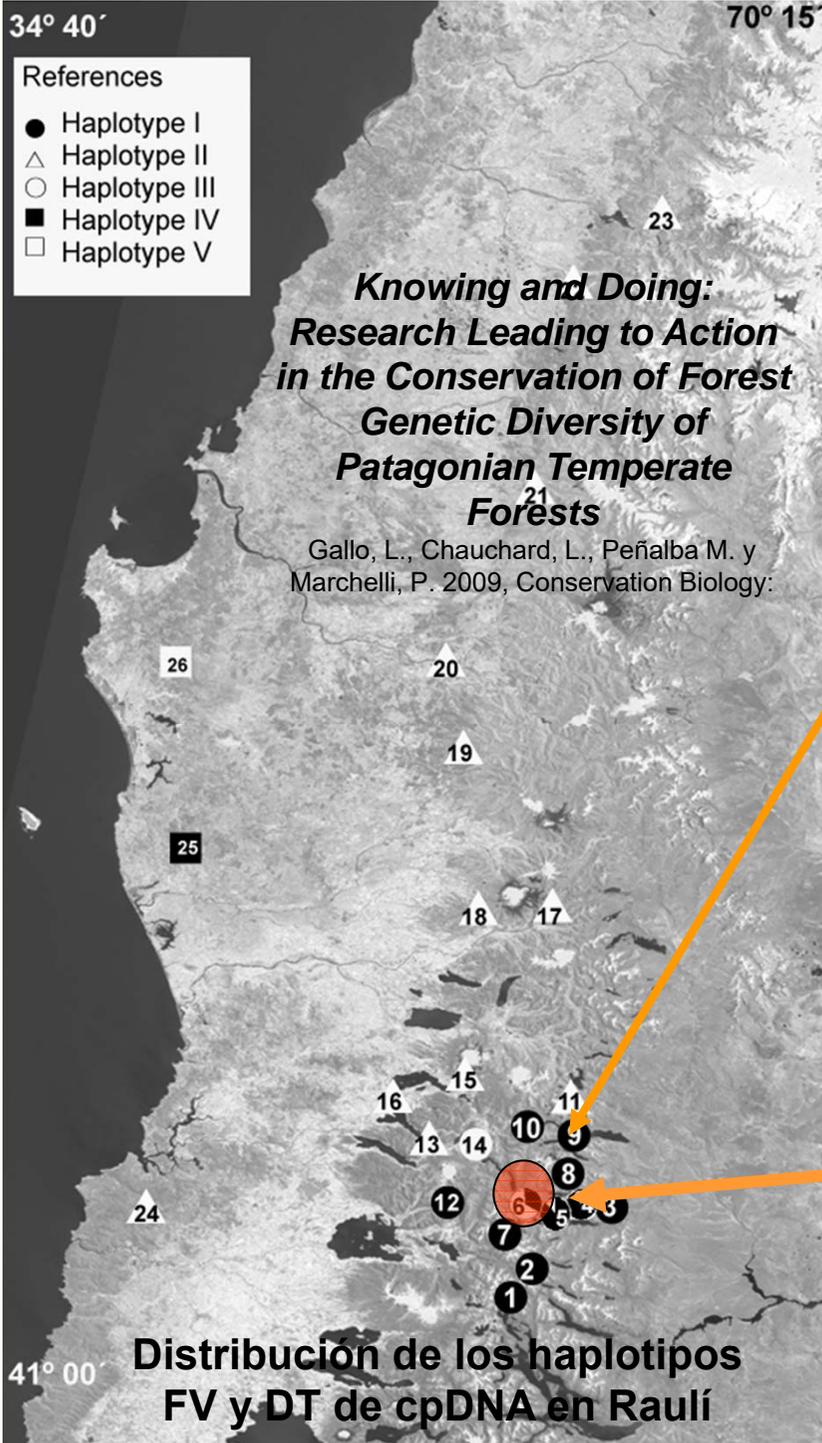
Ubicación de refugios glaciarios y rutas migratorias en *Nothofagus spp.* a través de marcadores de ADN de cloroplasto

- ☀ Haplotype I
- Haplotype II
- Haplotype III
- Haplotype IV
- Haplotype V
- Haplotype VI
- Haplotype VII

- Refugios Pre-pleistocenos en Costa del Pacifico
- Se sugieren al menos dos refugios en los Andes
- Historia evolutiva común con los mismos refugios e hibridización.

(De Azpilicueta, Marchelli and Gallo 2005, Marchelli y Gallo 2006)





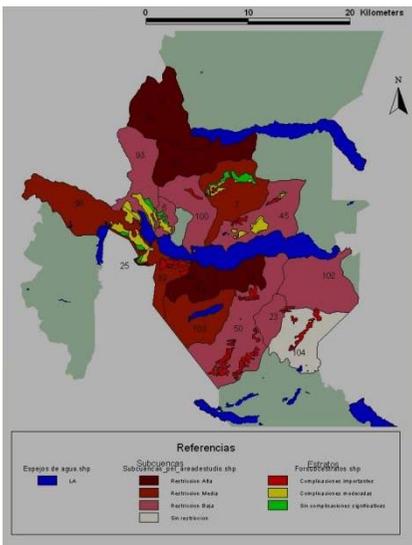
Definición de áreas protegidas en Raulí (*Nothofagus nervosa*)

Area de mayor diversidad genética de Raulí en Argentina estimada con tres tipos diferentes de marcadores genéticos y con características morfométricas en semillas y plantines

Decisión política:
modificar el estatus de protección
 (primera vez en Argentina que se modifica el estatus de protección de un bosque en función de su diversidad genética)

Disposición 357/03 del 8 de agosto de 2003 del Parque Nacional Lanín modifica el estatus de protección de la zona Oeste de las cuencas Lácar y Lolog en función de la alta diversidad genética encontrada en ella

De Gallo *et al.* 2003, Marchelli y Gallo 2006, Gallo *et al.* 2009)



Análisis de Factibilidad para destinar al Uso Forestal Áreas Fiscales de la Reserva Nacional Lanin (Zona Lacar- Lolog)

Javier Sanguinetti, Marcelo Gonzalez Peñalba, F. Mazzieri (Dto. Conservación y Manejo - P.N. Lanín, 2006)

Primera vez en Argentina que un plan de ordenación de bosques tiene en cuenta la diversidad genética

Síntesis del análisis por subcuenca, incluyendo ranking por grados de restricción creciente (SR: sin restricción, RB: restricción baja, RM: restricción media, RA: restricción alta)

Nombre (ID)	Restricción	Rank.	Ventajas	Desventajas
A° Culebra (104)	SR	1	Se ajustaría a un adecuado gradiente de ordenam. de usos.	Difícil acceso, ganado comunidad indígena; escasez de especies económicamente valiosas.
Pichi Hua Hum (93)	RB	2	Superficie grande de bosque altamente productivo.	Sitio de alta diversidad genética de raulí (posible refugio glaciario). Posible interferencia con turismo
Nonthué (6)	RB	3	Bosque productivo.	Interferencia con turismo en algunos estratos.
A° Quechuquina (100)	RB	4	Bosque altamente productivo.	Difícil acceso; servidumbre por Ea. Quechuquina; superficie escasa.
A° Chachin (98)	RM	10	Inventario forestal disponible; bosque altamente productivo; caminos forestales.	Sitio de posible alta diversidad genética de raulí; uso turístico creciente; bosques a baja altitud; interferencia parcial con ganado.

“Knowing but not doing: Selecting priority Conservation Areas and the Research-Implementation Gap”

3 objetivos para el debate

1. Trabajar para la aplicación de los estudios de diversidad genética en la gestión de los bosques, su ordenamiento territorial y su conservación.

Knowing and Doing: Research Leading to Action in the Conservation of Forest Genetic Diversity of Patagonian Temperate Forests

Gallo, L., Chauchard, L., Peñalba M. y Marchelli, P. 2009, Conservation Biology

2. Establecer los vínculos de trabajo interdisciplinario con selvicultores, ecólogos y gestores de bosques, evitando el lenguaje críptico que nos caracteriza y dándole a la genética sólo el valor que merece en cada problema concreto

(En la mayoría de los países los ingenieros de monte tenemos una mala consideración por parte de la sociedad)

3. Encontrar el lenguaje apropiado (simple, claro y abierto) para transmitir a la sociedad en general que las intervenciones selvícolas son imprescindibles para la conservación del bosque.

Gracias

San Carlos de Bariloche

Leonardo Gallo
leosogalo@gmail.com
Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal
INTA Bariloche