

Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: una trilogía necesaria para plantaciones forestales nativas de alta calidad

Carlos R. Magni, Roberto Ipinza, Eduardo Martínez, Braulio Gutiérrez, Iván Grez, María Paz Molina y Sergio Espinoza.

SEMINARIO: PLANTACIONES FORESTALES EN EL NUEVO CICLO DE DESARROLLO FORESTAL. Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017

Presentación

- ▶ Ideas básicas
- ▶ Principio precautorio
- ▶ Algunos aspectos teóricos sobre genética de poblaciones forestales
- ▶ Caso de estudio
 - ▶ Quillay
- ▶ Propuestas y aplicaciones inmediatas

Ideas básicas

- ▶ Para la vegetación arbórea y sus características desde el punto de vista genético:
 - ▶ Caracteres neutros
 - ▶ Alta diversidad dentro de poblaciones y baja diferenciación entre poblaciones (marcadores nucleares)
 - ▶ Alta estructuración a escala regional (marcadores citoplasmáticos)
 - ▶ Importante flujo genético entre sus poblaciones

Ideas básicas

- ▶ Gran diversidad genética y heterocigosidad están positivamente correlacionada con el fitness
 - ▶ Superioridad de los heterocigotos
 - ▶ Indicador de diversidad genética y del potencial de las especies para desarrollarse
 - ▶ **No es cierto para todas las especies**
- ▶ Heterocigosidad está positivamente correlacionada con el tamaño de la población

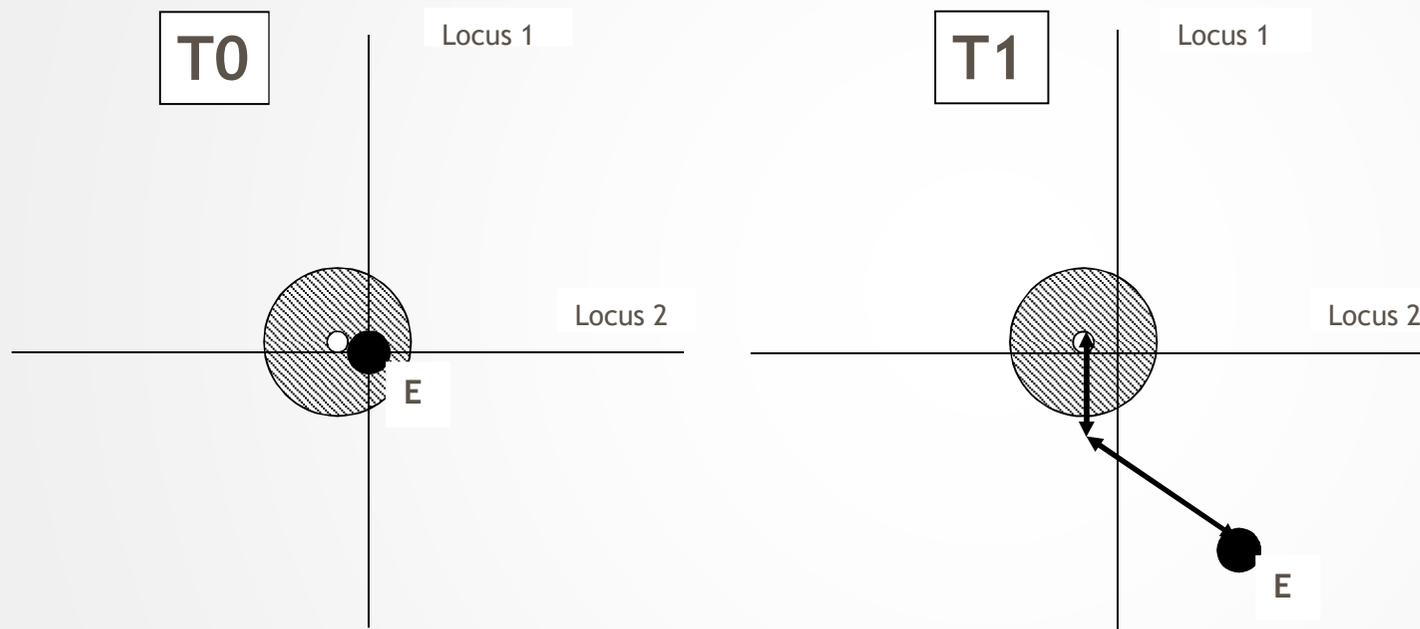
Principio precautorio

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

▶ PRINCIPIO 15

- ▶ Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el **criterio de precaución** conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la **falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces** en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

Algunos aspectos teóricos: Cambios en el óptimo ecológico

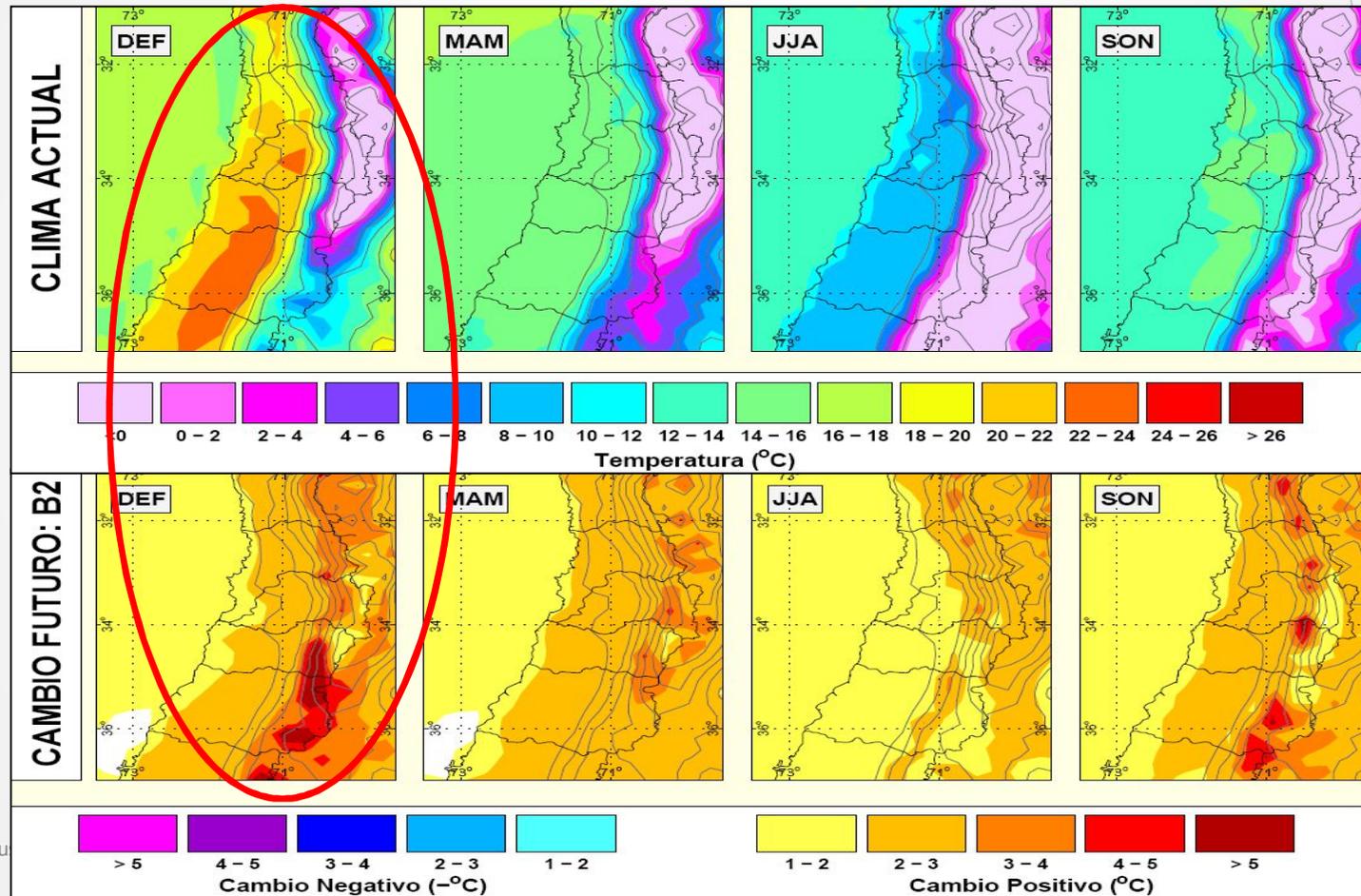


Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

6

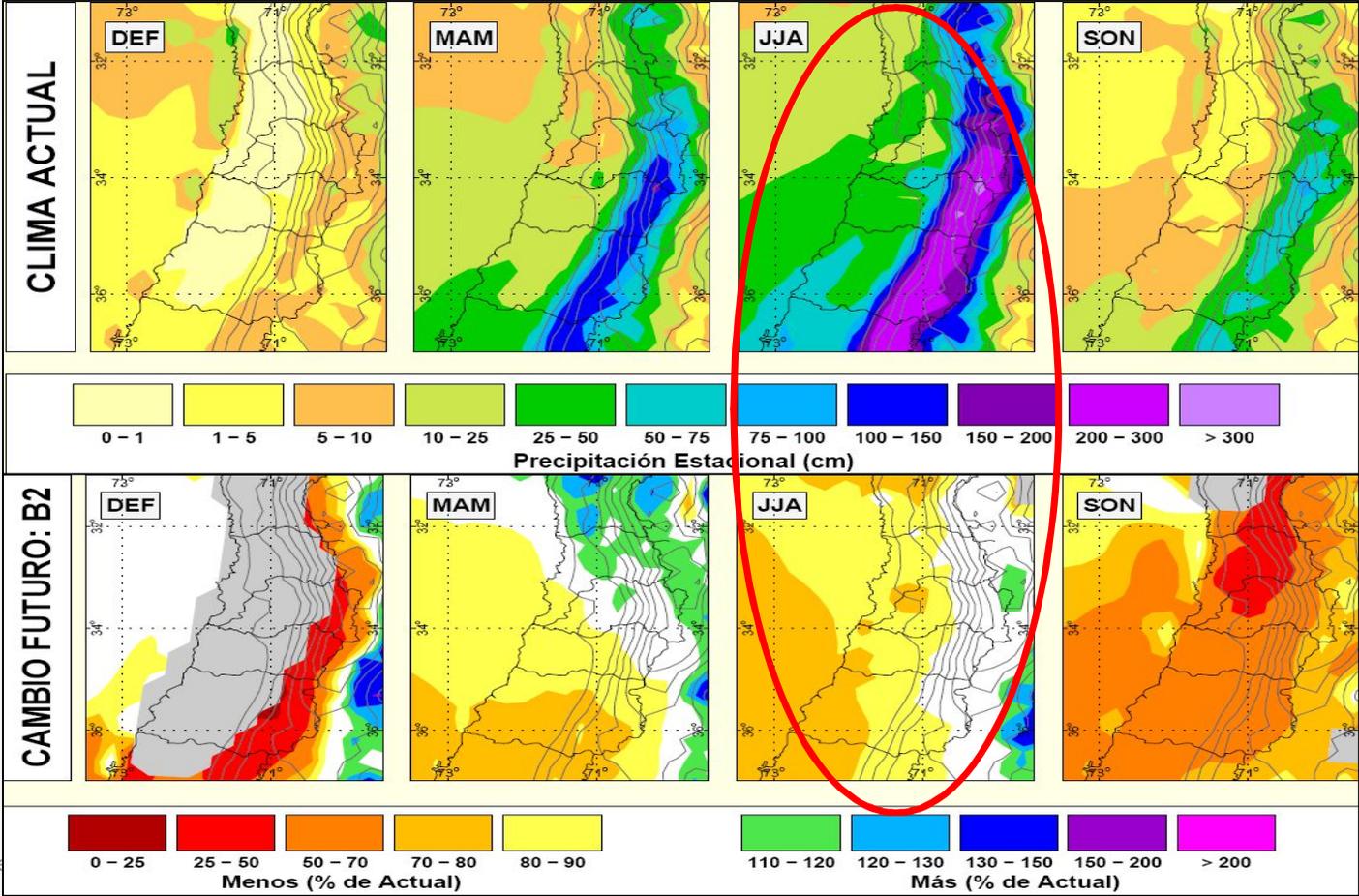
Kremer, A. (2002). Genetic risks in forestry. In: Risk management and sustainable Forestry Eds: Arbez M; Birot Y and Carnus JM. EFI Proceedings. 8 September 2001, Bordeaux, France. 55-68, N°45, 2002.

Escenario en Chile (T° media, Conama 2006)

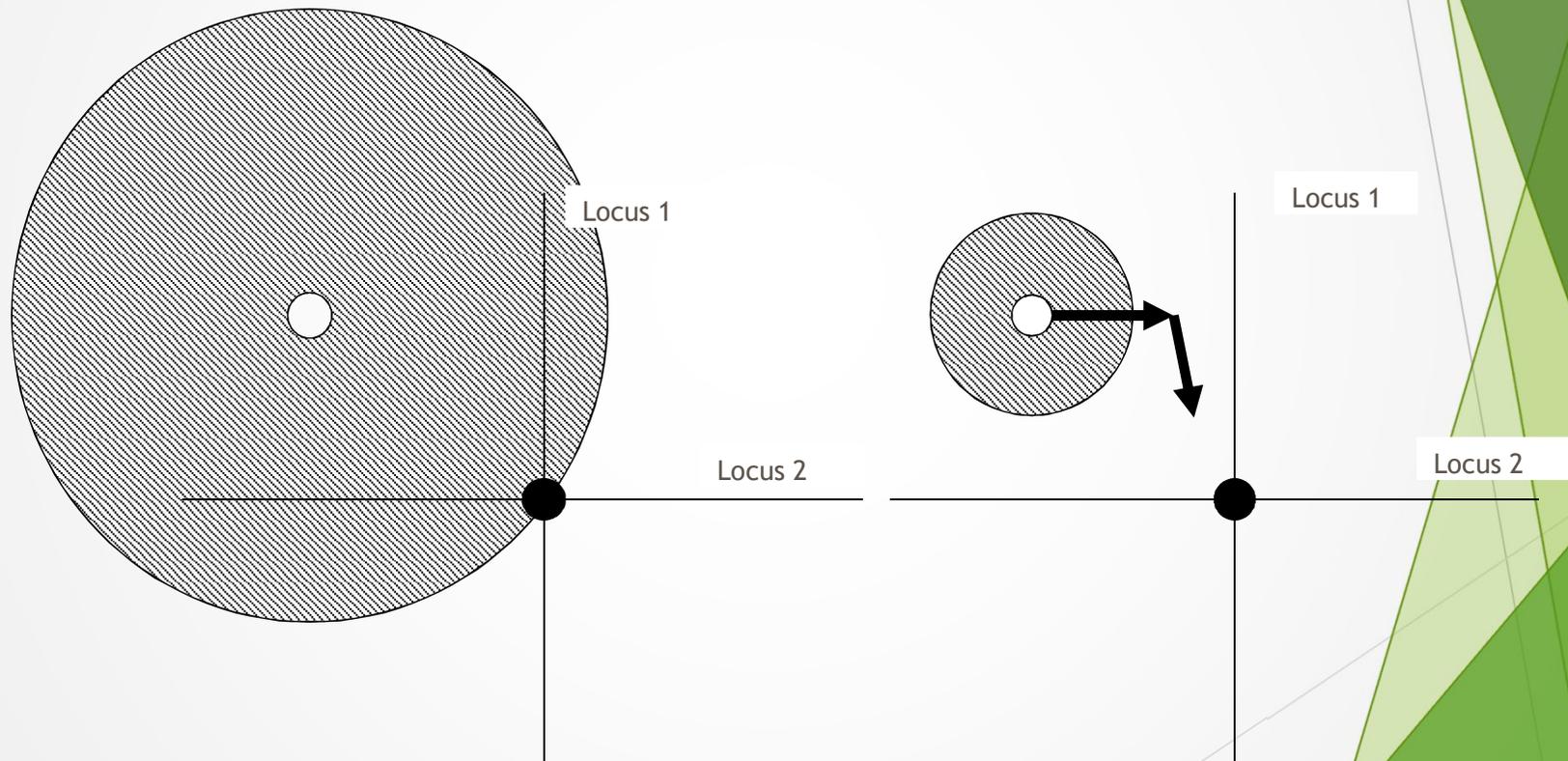


Semillas, genética y su

Escenario en Chile (PP media anual, Conama 2006)



Algunos aspectos teóricos: Reducción de la diversidad genética

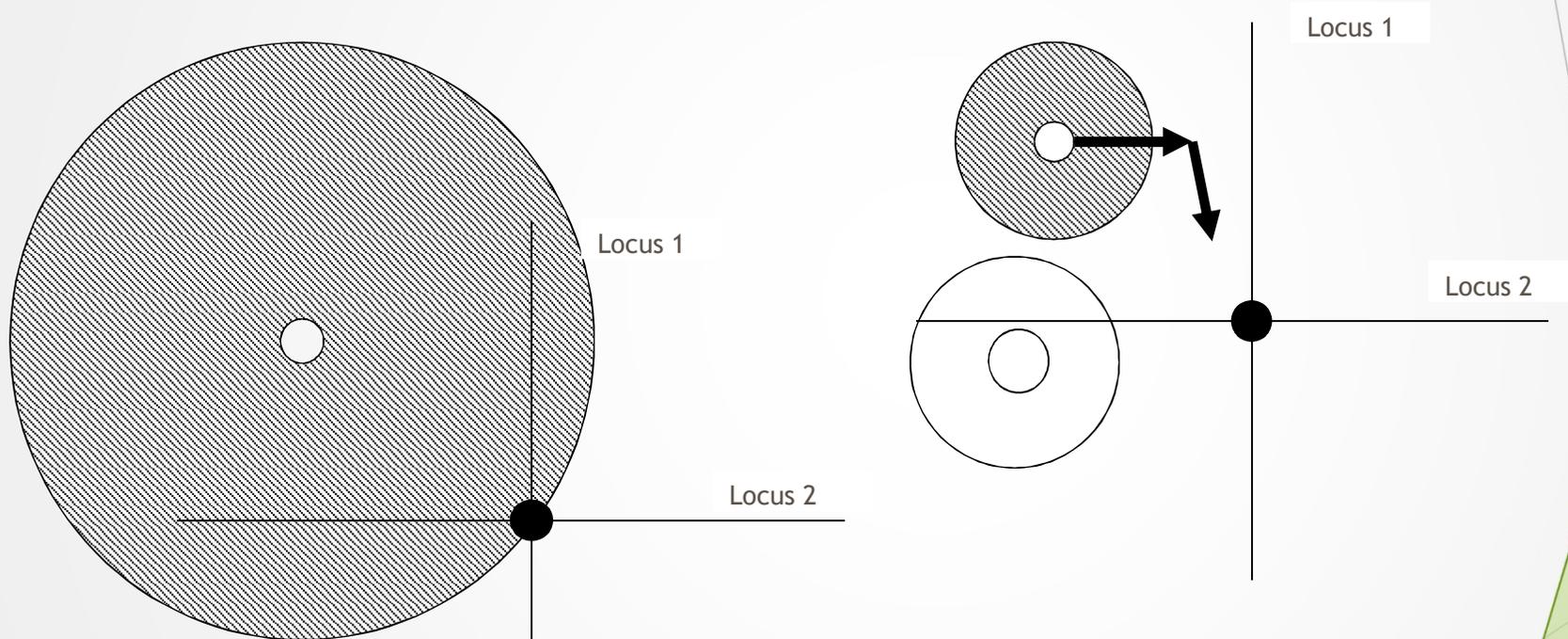


Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

9

Kremer, A. (2002). Genetic risks in forestry. In: Risk management and sustainable Forestry Eds: Arbez M; Birot Y and Carnus JM. EFI Proceedings. 8 September 2001, Bordeaux, France. 55-68, Nº45, 2002.

Algunos aspectos teóricos: Reducción de la diversidad genética y cambio del óptimo



Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

10

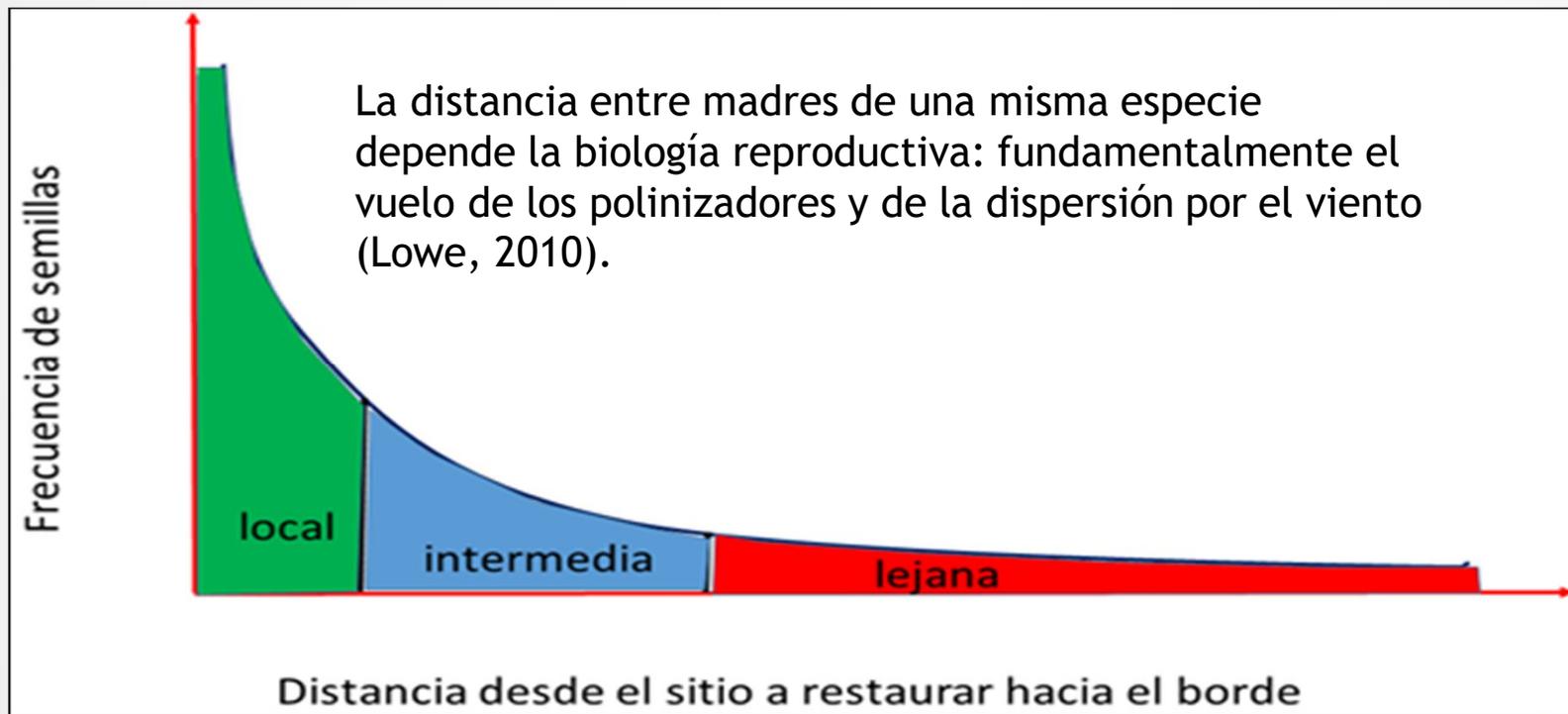
Kremer, A. (2002). Genetic risks in forestry. In: Risk management and sustainable Forestry Eds: Arbez M; Birot Y and Carnus JM. EFI Proceedings. 8 September 2001, Bordeaux, France. 55-68, Nº45, 2002.

¿Dónde obtengo semillas de buena calidad?

- ▶ **El principio de precaución recomienda el uso de la procedencia local para evitar riesgos de mala adaptación y de contaminación genética.**

Fase I. Principio de cercanía y similitud

COMENTARIOS (Ipinza *et al.* 2017)



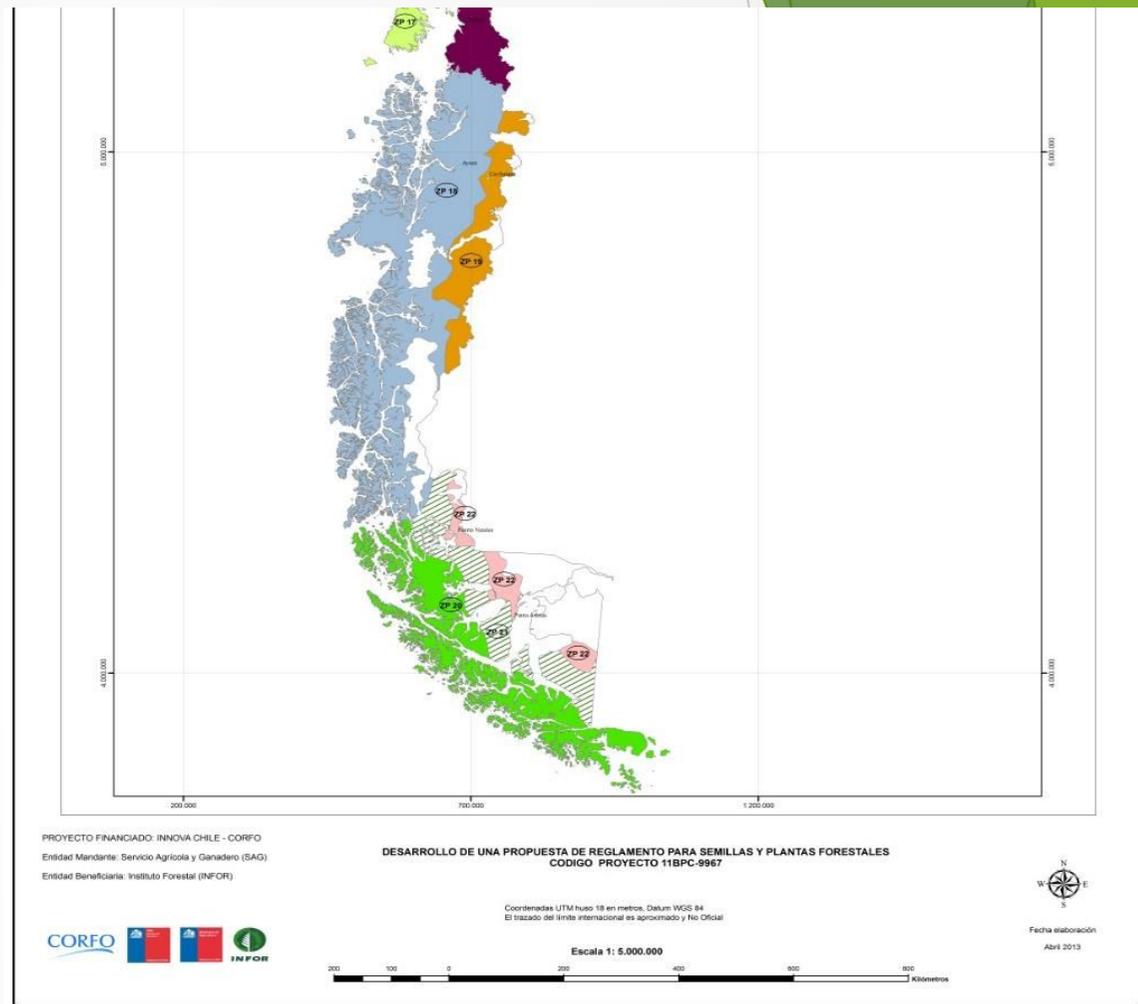
¿Dónde obtengo semillas de buena calidad?

- ▶ Uso de la procedencia local puede evitar riesgos de mala adaptación y de contaminación genética... Pero...
- ▶ Al considerar el origen y variabilidad genética de las semillas implica bosques sustentables, plantaciones más resilientes frente al cambio global.

¿Qué debemos hacer?

- ▶ Proponer Regiones de Procedencias

Regiones de procedencia INFOR...



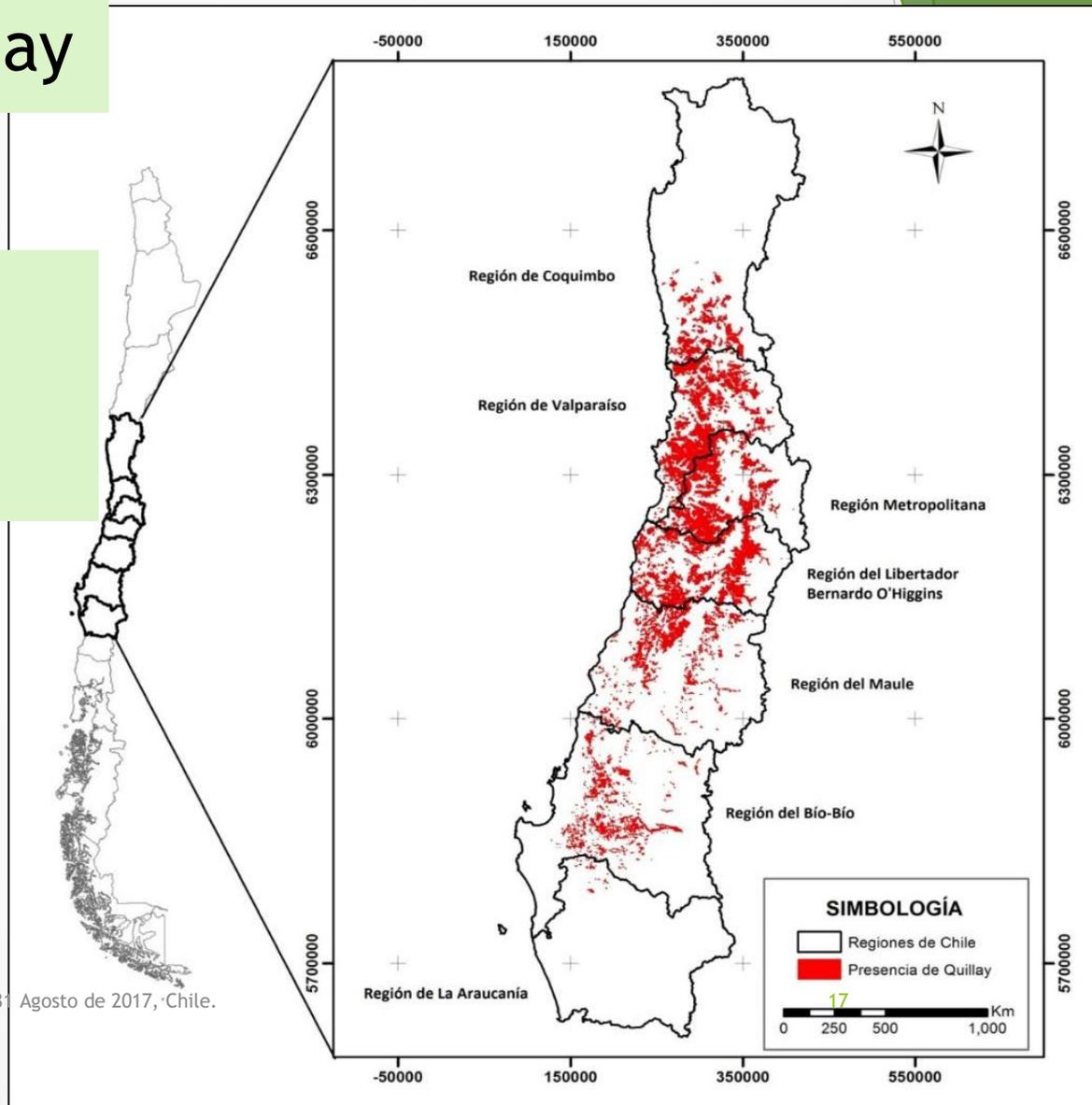
Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

Caso de estudio: Quillay

- ▶ Descripción de la distribución de la especie.
- ▶ Corología.
- ▶ Catastro de bosque nativo (única fuente de información).
 - ▶ Solo para especies dominantes.

Distribución de Quillay

Superficie con presencia de Quillay
1.310.174 ha



Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

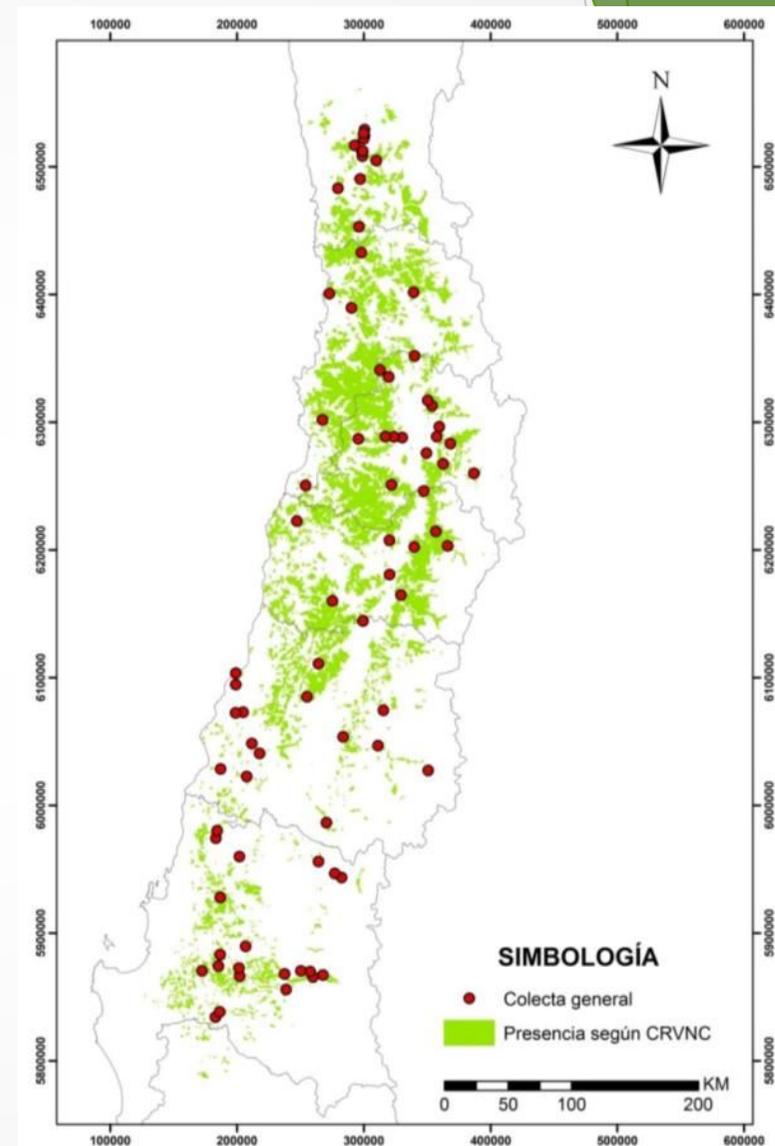
Comparación de la presencia de Quillay con otras clasificaciones

- Superficie con presencia de Quillay para Tipo Forestal

Presencia de Quillay	ha	%
Asociado a tipo forestal (Tipo Esclerófilo 89,6 %)	163.047,9	12,4
No Asociado a tipo forestal	1.147.126,8	87,6
TOTAL	1.310.174,7	100,0

Puntos de muestreo (82 localidades).

Estructura	Carácter
Hábito o fisonomía	Altura
Fuste	DAP Contorno (perímetro) Número de vástagos Ángulo de inserción Rectitud Distribución de las ramas
Vástago	DAC
Sección transversal del fuste	Forma
Copa	Ancho Largo Forma Densidad de copa
Corteza	Fisuras Patrón Color Espesor Largo del dibujo Ancho del dibujo Prominencias u oquedades
Eje primario	Diámetro a 30 cm de inserción Ángulo de inserción
Eje secundario	Ángulo de inserción Distancia a la ramilla terciaria
Eje terciario	Ángulo de inserción
Lignotuber	Presencia/Ausencia



Caracterización morfológica



Resumen de la descripción general de parámetros foliares

N_H: Número de Hojas; LA_H: Largo de Lámina (mm); AN_L: Ancho de Lámina (mm); N_DI: Número de dientes por lámina; LA_P: Largo de pecíolo (mm); AN_P: Ancho de pecíolo (mm); N_N: Número de nervios secundarios; DV_A: Diámetro vena media en su base (mm); DV_B: Diámetro vena media en su ápice (mm).

	N_H	LA_H	AN_L	N_DI	LA_P	AN_P	N_N	DV_A	DV_B
Máximo	312	51,65	48,52	15	49,29	23,20	41	1,65	3,87
Promedio	82	31,84	19,71	6	2,88	1,36	12	0,31	0,85
Desviación estándar	48	5,94	4,85	3	3,71	1,59	3	0,16	0,31
Varianza	2282	35,29	23,48	6	13,75	2,52	12	0,03	0,10

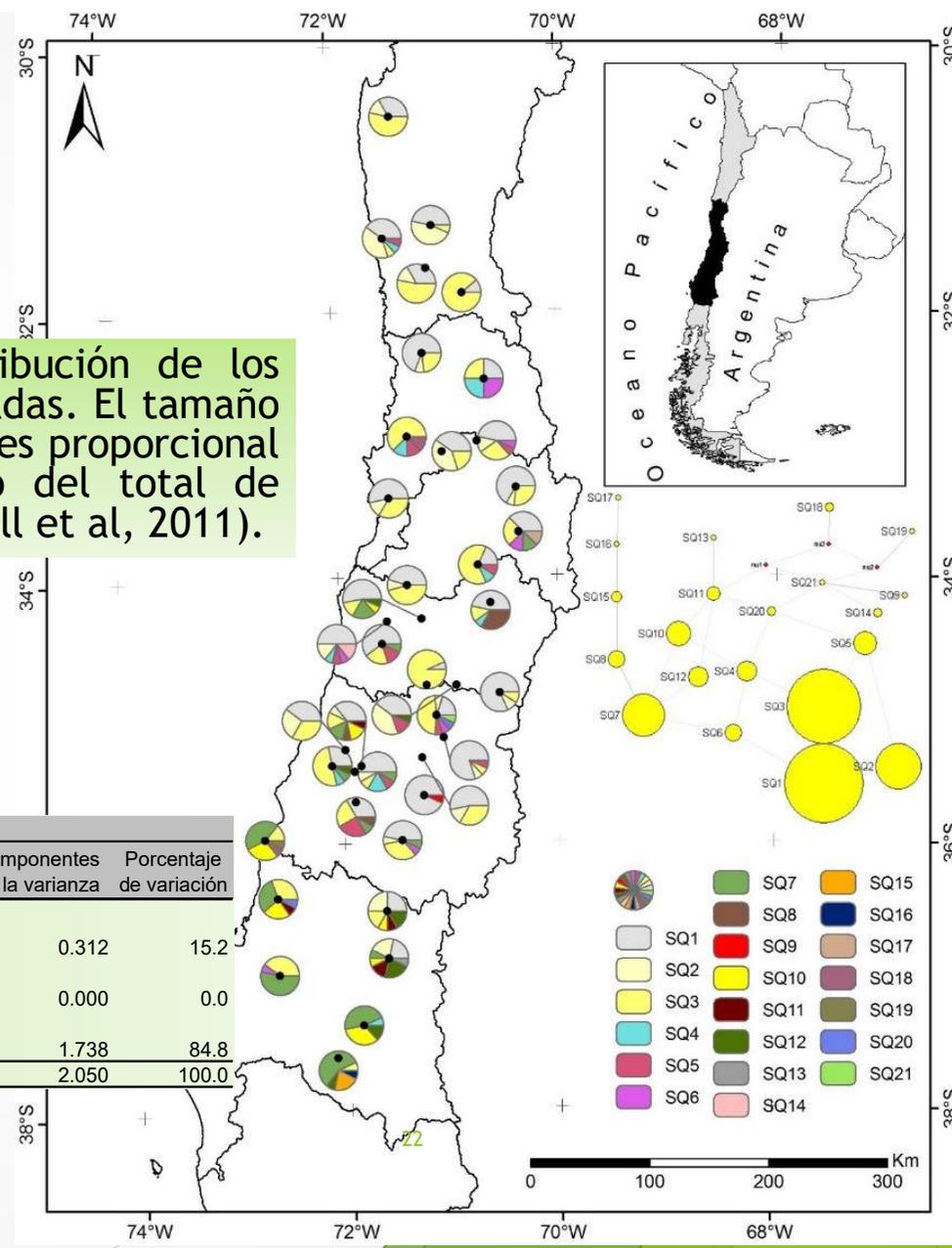
Diversidad y estructura genética de *Quillaja saponaria* a través de Microsatélites Universales de Cloroplasto (cpSSR)

Stoll et al (2011)

- Los marcadores cpSSR
 - 21 haplotipos diferentes (3 de ellos de alta frecuencia y 6 haplotipos únicos)
- Indicaría claramente el síndrome de polinización por abejas que presenta la especie, al permitir la aparición de haplotipos únicos a lo largo del rango de distribución y que para fines de conservación y de estructura genética serían interesantes de conservar.

► Los resultados reflejan una concentración de su diversidad en el centro sur del área de distribución (Regiones O`Higgins, Maule y BíoBío), zona que presenta fuertes cambios de uso de suelo (Stoll et al, 2011).

► Red de haplotipos de cpSSR y distribución de los mismos en las 39 localidades muestreadas. El tamaño de las esferas en la red de haplotipos es proporcional a la frecuencia del mismo respecto del total de individuos y haplotipos detectados (Stoll et al, 2011).



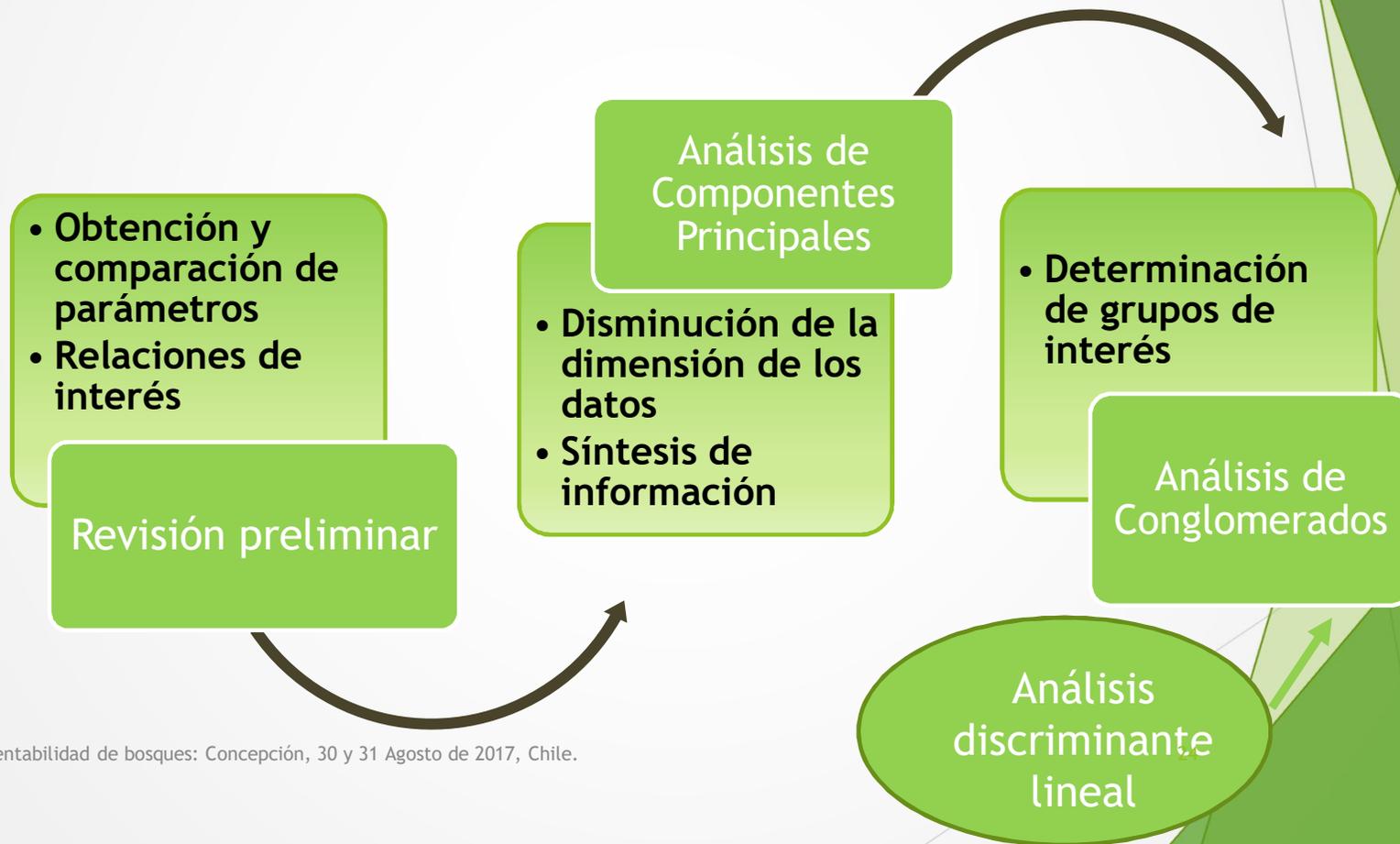
cpSSR					SSR					
Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Componentes de la varianza	Porcentaje de variación	Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Componentes de la varianza	Porcentaje de variación
Entre poblaciones	38	9013.148	0.08347	21.3	Entre poblaciones	37	310.101	8.381	0.312	15.2
Dentro de la población	110754	34141.548	0.30826	78.7	Entre individuos	404	458.646	1.135	0.000	0.0
					Dentro de los individuos	442	768.000	1.738	1.738	84.8
Total	110792	43154.696	0.39174	100	Total	883	1536.748		2.050	100.0

Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

**“PROPUESTA DE ÁREAS DE PROCEDENCIA DE
QUILLAJA SAPONARIA MOL. BASADA
EN VARIABLES AMBIENTALES”**

Milza López

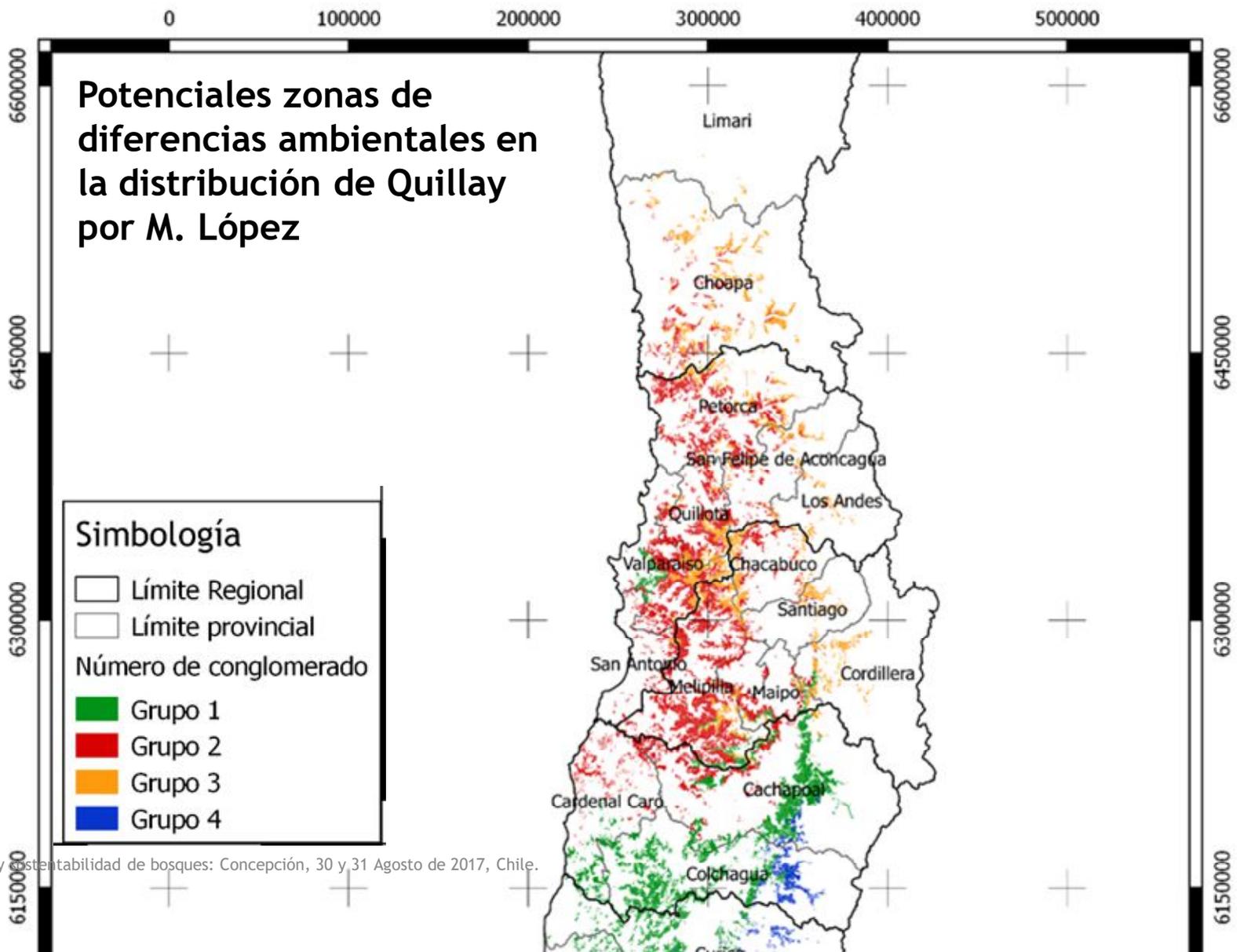
Metodología I: exploración



Conclusiones

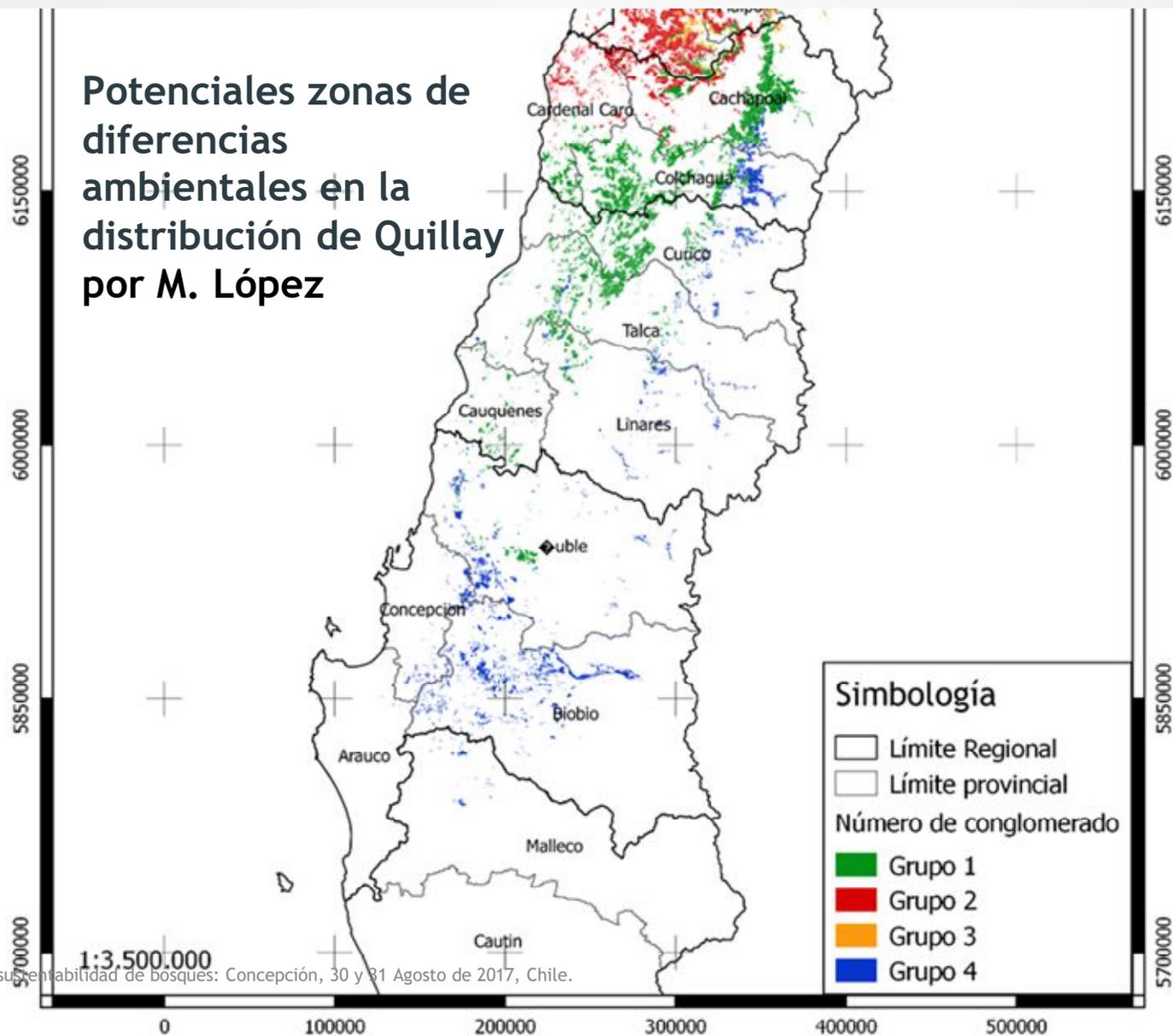
- ▶ Primer componente determinado por pp anual, pp del trimestre más frío y altitud
- ▶ Influencia de temperatura, topografía y precipitación: las variables son predictores significativos
- ▶ Relevancia para determinación de AP y segmentación futura de la especie

Potenciales zonas de diferencias ambientales en la distribución de Quillay por M. López



Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

Potenciales zonas de diferencias ambientales en la distribución de Quillay por M. López



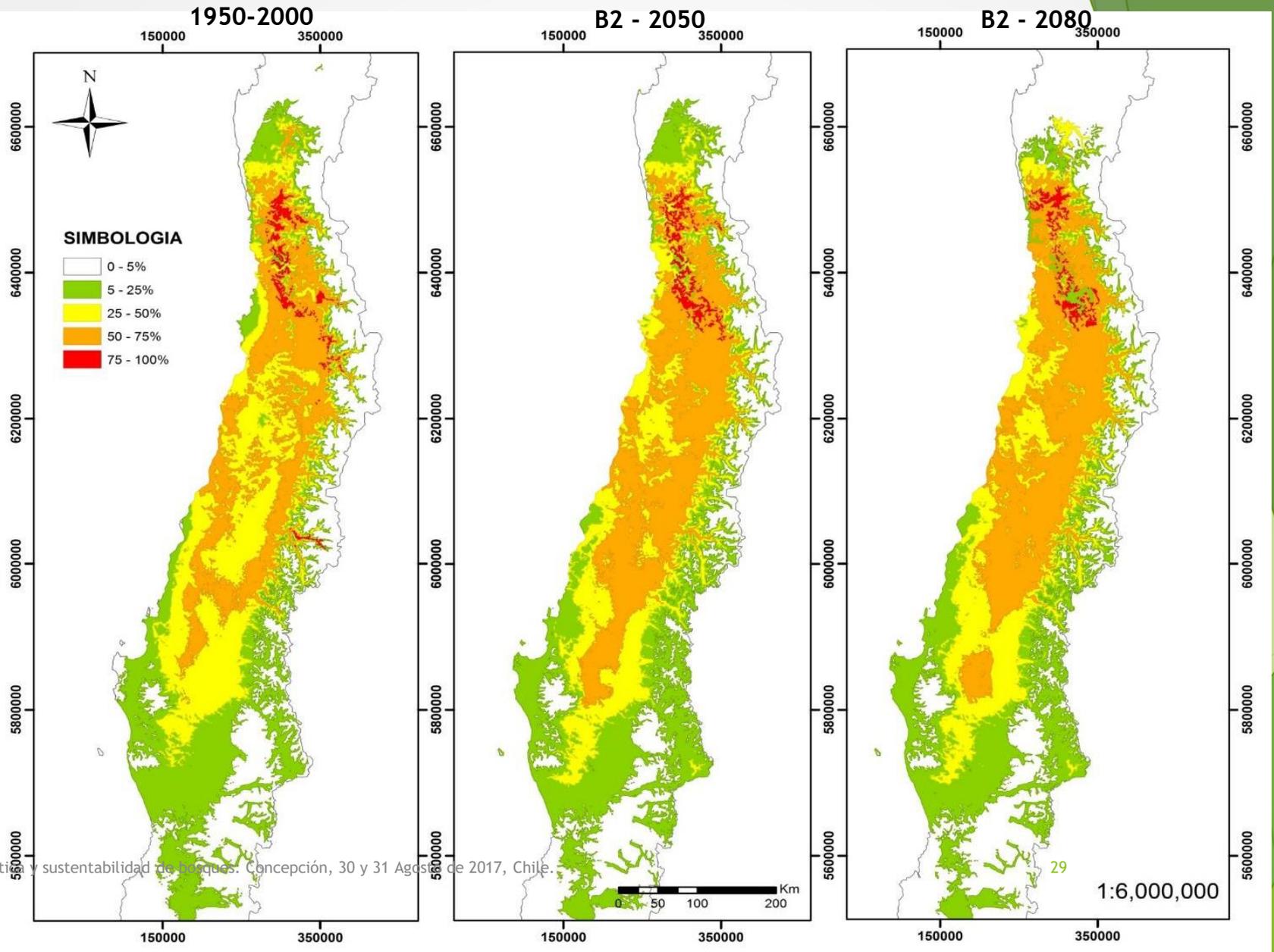
Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.



Carlos Barahona, 2009

Modelación de la distribución potencial presente y futura de *Quillaja saponaria* Mol. basado en variables bioclimáticas

Betsabé M. Abarca R., Carlos R. Magni D. y Jaime Hernández P.



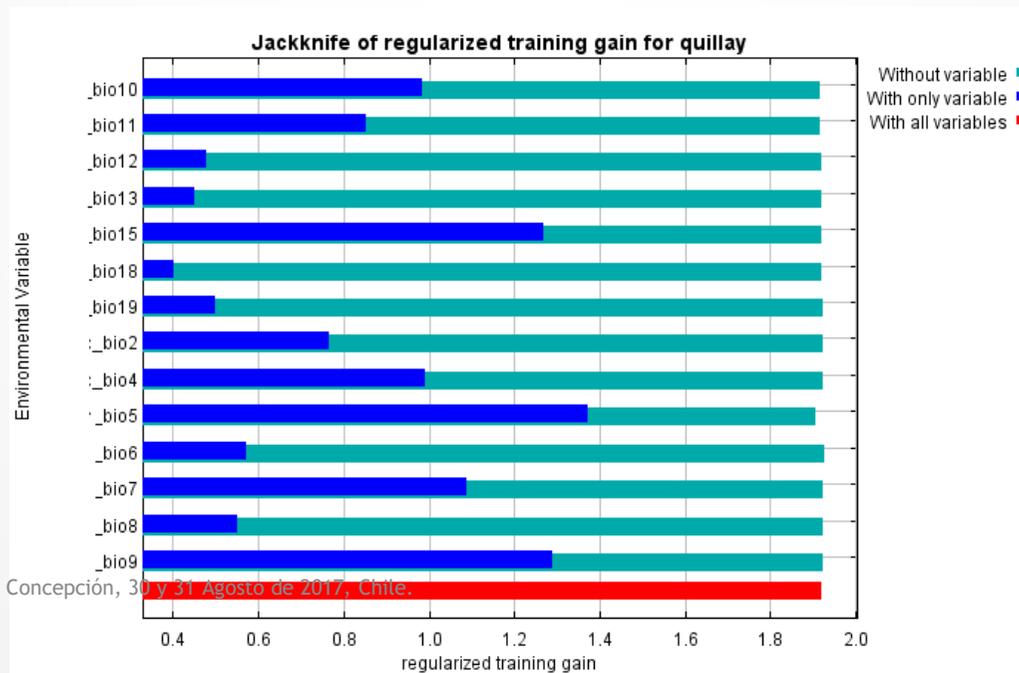
Semillas, genética y sustentabilidad de bosques. Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

Contribución de las variables

BIO 5 = Temperatura máxima del mes más cálido

BIO 15 = Estacionalidad de la precipitación

BIO 19 = Precipitación del trimestre más frío



¿Qué debemos hacer?

- ▶ **Proponer Regiones de Procedencias**
- ▶ **Desarrollar plantaciones que eviten:**
 - ▶ Mezcla de poblaciones (homogeneización de poblaciones)
 - ▶ Efecto de fundación o Deriva (bajo número de madres)

¿Dónde obtengo semillas de buena calidad?

- ▶ **Uso de la procedencia local puede evitar riesgos de mala adaptación y de contaminación genética... Pero...**
- ▶ **Procedencias conocidas dan más estabilidad frente a las incertidumbres provocadas por la translocación de poblaciones de especies nativas en nuestros bosques.**
- ▶ **Plantaciones exóticas con mala calidad de semillas y plantas resultados en 5 años**
- ▶ **Plantaciones nativas con mala calidad de semillas y plantas resultados en 15 a 25 años**

Respuestas morfológicas y fisiológicas de diferentes provincias de *Quillaja saponaria* Mol. un experimento de sequía

Carlos R. Magni, Sergio E. Espinoza, Rómulo E. Santelices, Paola L. Poch, Betsabé M. Abarca, Iván A. Grez and Eduardo E. Martínez



Ubicación y descripción de las características climáticas y edáficas de las localidades seleccionadas

Procedencia	Sitio	Número de Familias	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Precipitación Anual (mm)	Temperatura Anual (°C)	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
Coquimbo	Secano Interior	3	265435	6619418	125	118	15.7	7.5
Santiago	Faldeos Pre-Andinos	7	368142	6283722	1,100	589	13.4	1.3
	Interior	7	295896	6286845	230	436	16.7	6.4
O'Higgins	Faldeos Pre-Andinos	8	379772	6187986	1,200	884	9.4	-2.4
Maule	Secano Interior	5	262395	6112552	100	819	13.9	3.2
	Faldeos Pre-Andinos	4	311388	6046671	600	1075	12.5	1.0
	Sector costero	18	745218	6096099	220	839	13.5	4.5
Biobío	Secano Interior	22	718111	5885810	100	1,122	13.4	4.3
	Faldeos Pre-Andinos	19	273538	5863014	550	1,612	10.0	2.0

Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.

34

1° FASE DE CRECIMIENTO (riego a capacidad de campo), que duró hasta que las plantas tenían 180 días de edad

2° RESTRICCIÓN HÍDRICA (21 días adicionales = 201 días en total)

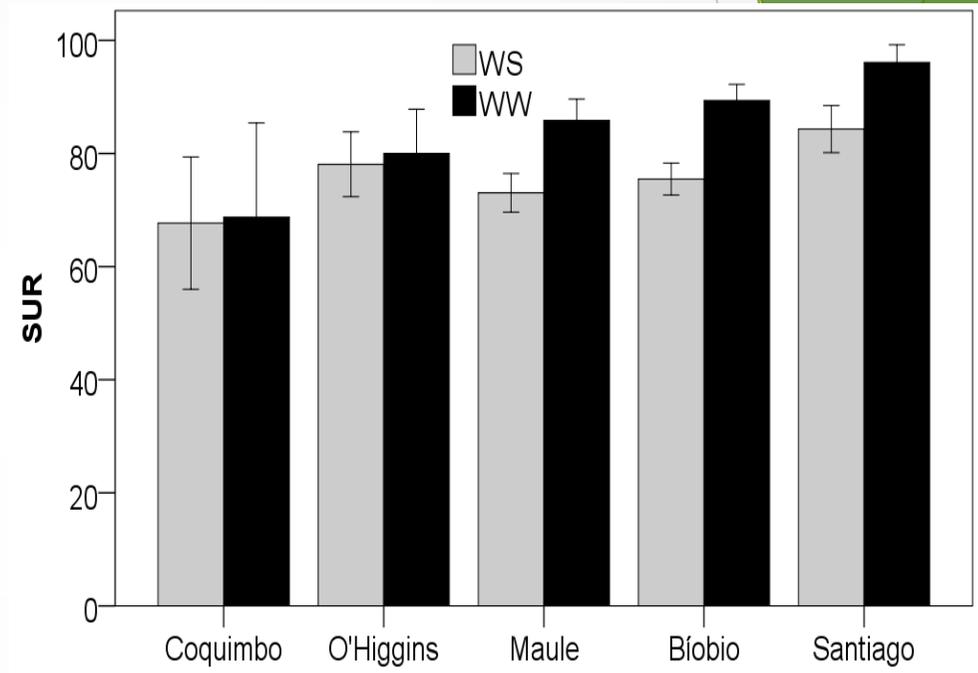
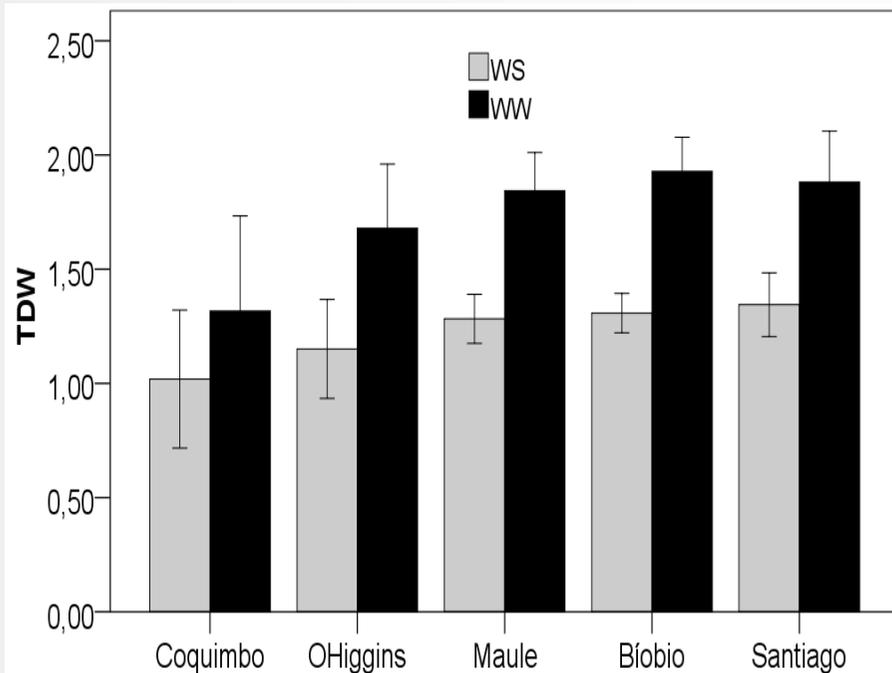
Diseño en parcelas divididas, con régimen de riego controlado

(2 regímenes de riego × 93 familias × 3 repeticiones × 5 plántulas por replica = 2,790).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

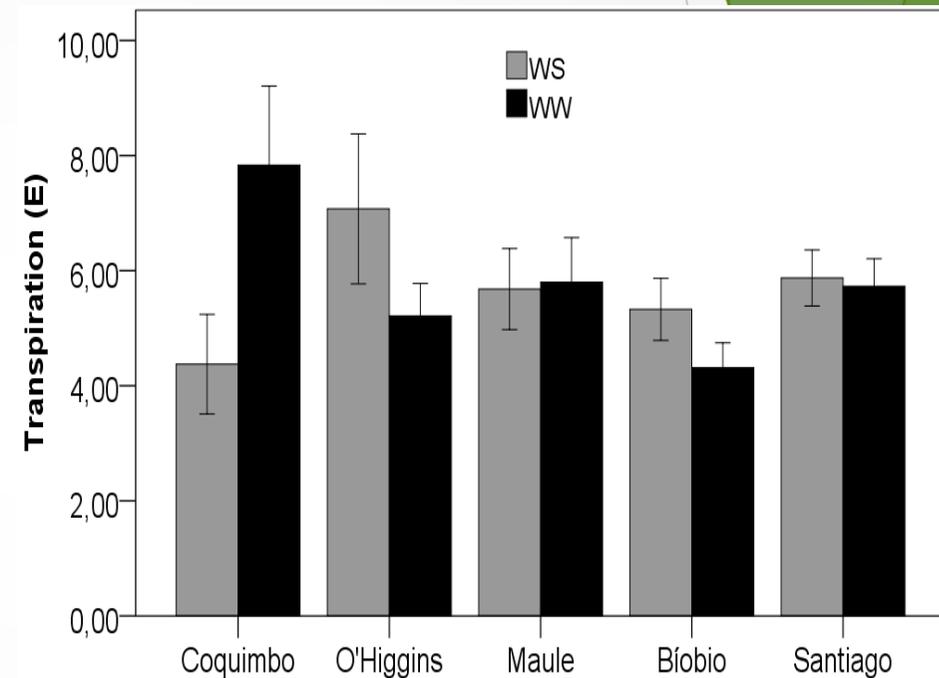
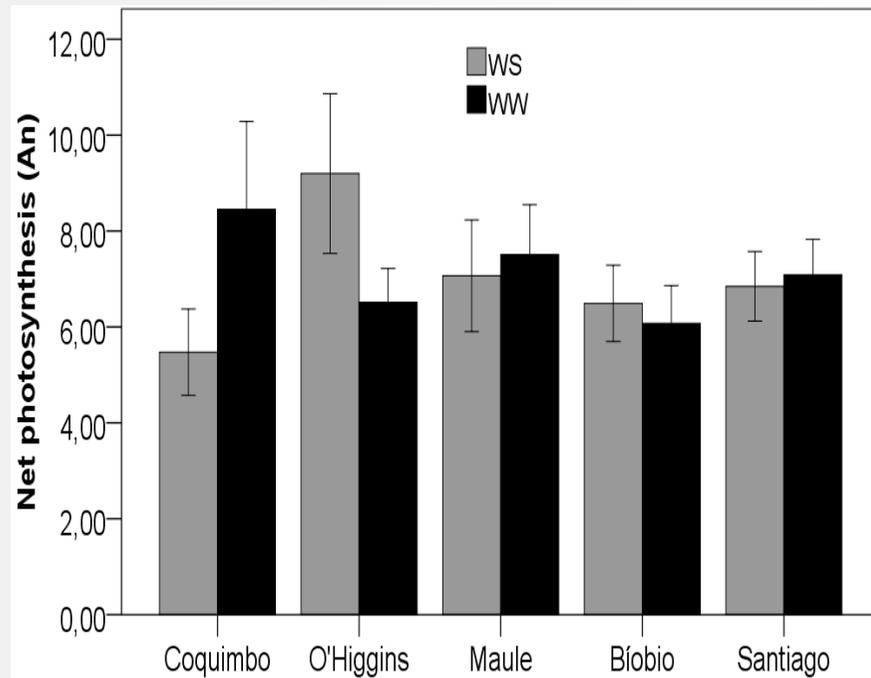
Asignación de biomasa y supervivencia en plántulas de *Q. saponaria*



Media y error estándar del peso seco total (TDW, g) y supervivencia (SUR, %) bajo tratamientos de riego y restricción hídrica (WW y WS, respectivamente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento fisiológico de plántulas de *Q. saponaria*



Media y error estándar de la fotosíntesis neta y de la transpiración bajo tratamientos de riego y restricción hídrica (WW y WS, respectivamente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento fisiológico de plántulas de *Q. saponaria*

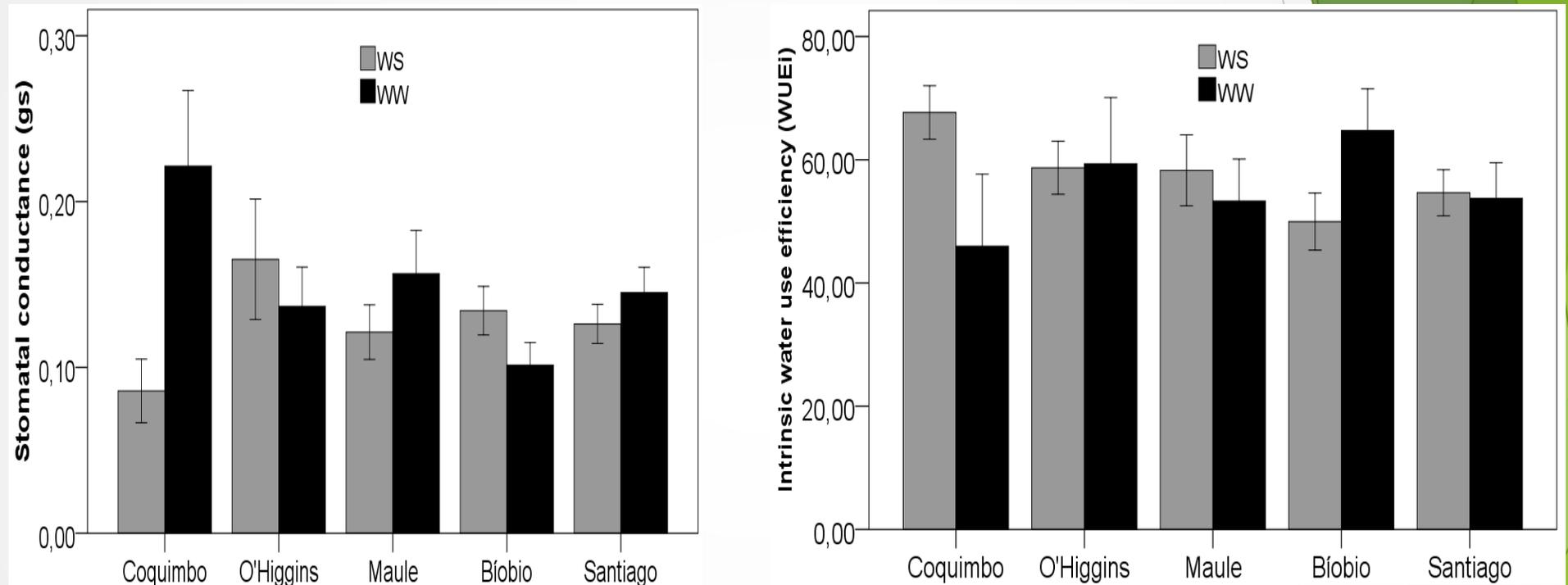


Fig.. Conductancia estomática y eficiencia intrínseca del uso del agua bajo tratamientos de riego y restricción hídrica (WW y WS, respectivamente).

Conclusiones Respuestas morfológicas y fisiológicas de diferentes procedencias

El régimen de riego y la procedencia fueron factores importantes involucrados en el desarrollo temprano de *Q. saponaria*.

Características funcionales como cociente raíz:tallo (absorción vs transpiración) y conductancia estomática (control de la pérdida de agua) no mostraron G x E.

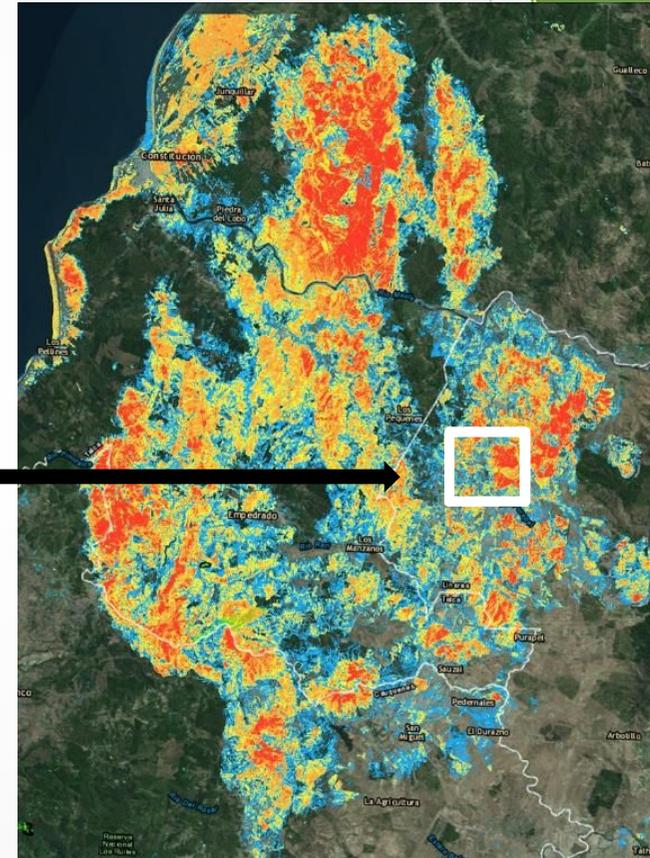
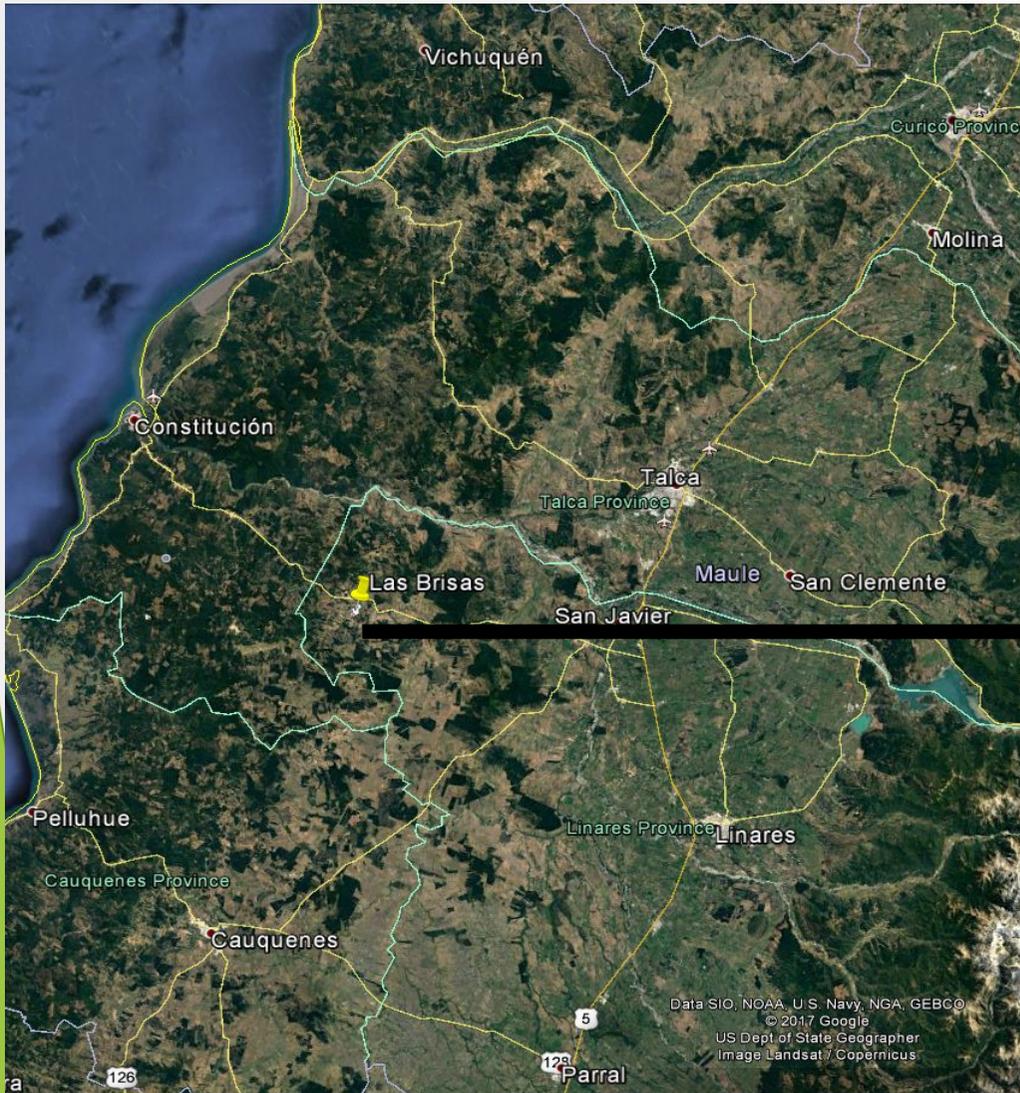
Esta falta de G x E podría indicar estabilidad de distintos genotipos en una amplia gama de sitios.

Sin embargo, el establecimiento de ensayos multi-sitio (RTEs o *common garden*) es necesario para probar esta hipótesis.

Comentarios finales del estudio de caso QUILLAY

- ▶ ¿Cuál es la capacidad de regeneración de la especie?
- ▶ ¿Es posible establecerla artificialmente?
- ▶ ¿Cuál es la importancia de la calidad de planta, protección y riego de apoyo?
- ▶ ¿Cuál es el impacto por el cambio climático?
- ▶ ¿Debemos limitar la transferencia de semillas de largas distancia?
- ▶ ¿Cuáles son las poblaciones más importantes que deben ser conservadas de Quillay?

Trabajo adelantado (Quillay y Peumo)



Trabajo adelantado (Quillay y Peumo)

► Situación actual



Semillas, genética y sustentabilidad de bosques: Concepción, 30 y 31 Agosto de 2017, Chile.



- Ensayos procedencia x progenie
- Calidad de planta
- *Tree shelters*
- Riego estival (mini tranques impermeabilizados)
- Zanjas de infiltración
- *Mulch orgánico.*

La respuesta a mediano y corto plazo: red de fuentes semilleras

- ▶ Rutas semilleras
- ▶ Áreas productoras de semillas
- ▶ Huertos semilleros
- ▶ En ellos las premisas básicas son disponer de suficiente variabilidad genética para reducir la endogamia; y aprovechar las ventajas adaptativas desarrolladas por las poblaciones locales o cercanas al lugar de plantación.

La respuesta a mediano y corto plazo: red de fuentes semilleras

- ▶ “Sistema Nacional o Red Bosques Nativo con silvicultura especializada para el abastecimiento material genético de alta calidad” (DS 701, pero exclusivo para las formaciones nativas).
- ▶ El propósito es obtener plantaciones futuras de bosque nativo más resilientes, considerando la variabilidad genética además de su biodiversidad futura. Par ello una respuesta posible es la ecuación:
- ▶ **Alta calidad * (Semilla + plantación) + conservación = negocio para el desarrollo de bosques sustentables.**

! Muchas gracias por su atención ;

Dr. Carlos Magni D

Universidad de Chile

Mail: crmagni@uchile.cl