



Domesticación y cultivo del eucalipto

Gustavo López

Centro de Investigación Forestal - ENCE

glopez@ence.es



Universidad de Huelva

Jornadas sobre el eucalipto - X Aniversario CIDEU
Huelva, 21-23 Octubre 2009

Índice

- Introducción
 - Relación entre la historia y el bosque
 - Proceso de domesticación
- Cultivo
- Mejora genética
 - Variación racial, razas locales
 - Parámetros genéticos
 - Estrategias de mejora
 - Potencialización de ganancias genéticas
 - Multiplicación clonal
 - Híbridos
- Oportunidades de la Domesticación y cultivo

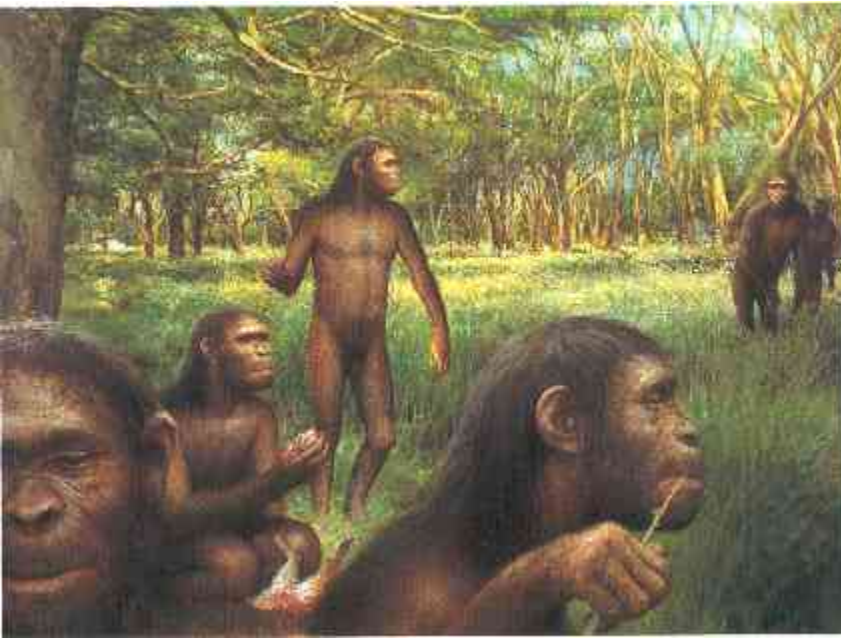
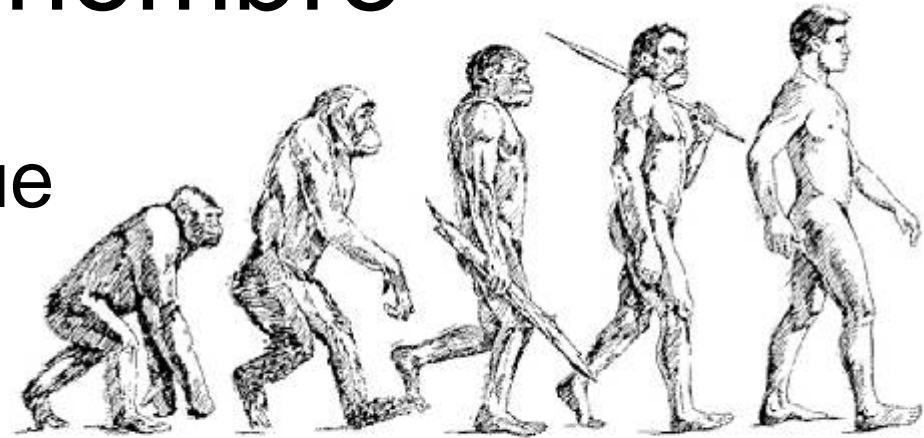
Introducción

- Silvestre en estado pristino
 - Aprovechamiento en estado silvestre
 - Cultivado en su medio y exótico
 - Mejora genética
-
- **DOMESTICACIÓN = Cultivo + Mejora**




Evolución del hombre

Su ambiente fue el bosque

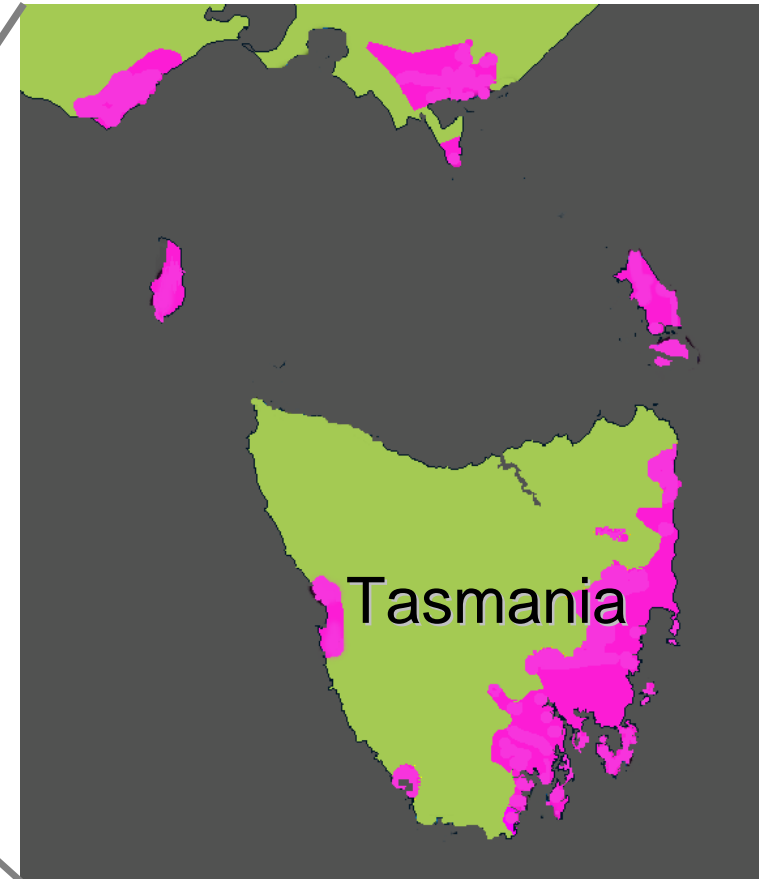


Aprovechamiento silvestre

- Evolución intelectual  Selectivo
 - Caza
 - Recolección de frutos
 - Elaboración de herramientas
 - Arco y flecha,
 - Vivienda,
 - Ruedas,
 - Fuego
- Culto: Cultivar
 - Estrategia conservadora del hombre

Los bosques actuales se han desarrollado en presencia del hombre

El caso del *Eucalyptus globulus*



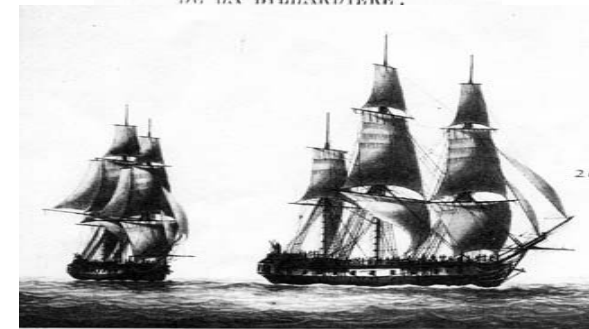
 Areas nativas de distribución natural

E. globulus: Ubicación taxonómica

- **Familia** *Mirtaceas*
- **Genero** *Eucalyptus*
- **Subgenero** *Symphyomyrtus*
- **Sección** *Maidenaria*
- **Serie** *Viminales*
- **Especie** *globulus*

Descubrimiento en 1792

Recherche Bay



La Recherche & L'Espérance

Bosque costero fue rápidamente explotado

E. globulus de 60 a 90m de altura

Record en altura
101m
Hickey 2000



GRAY BROS. SQUARING PILES FOR DOVER (ENG.) HARBOUR WORKS, TASMAN PENINSULA, TASMANIA.



GRAY BROS. Loading Piles for Shipment to South Africa, at Flinders Bay, Southern Tasmania.

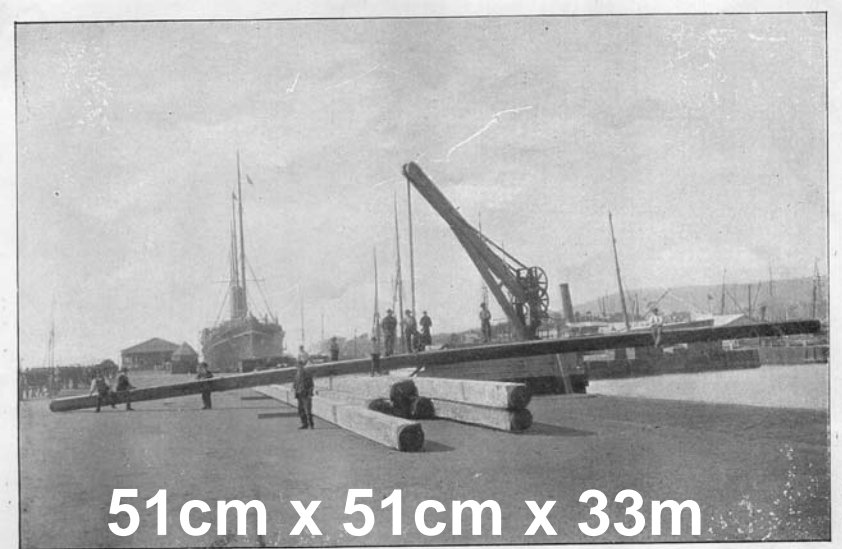


GRAY BROS. PILES READY FOR TRANSPORT ON TRAM, TAFANNA, TASMANIA.

Pilotes de muelles de *E. globulus* se exportaron al mundo



SHIPPING SLEEPERS AT HOBART.



GRAY EFOS. SHIPPING PILES AT HOBART FOR COVER (ENQ.) BREAKWATER. AVERAGE LENGTH, 100 FEET.

Apropiado para construcción marina

GRAY BROS.,
PILE EXPORTERS, &c.
HOBART, TASMANIA.

CONTRACTORS for the BLUE GUM PILES supplied to the Imperial British Government, Admiralty Harbour Works at Dover, Naval Docks, Keyham (Devonport), Malta, and Simonstown (South Africa), Hull Railway Docks, and other large contracts.

Tasmanian Hardwood.
BLUE GUM (*Eucalyptus Globulus*); STRINGY BARK (*Euc. Obliqua*)

Piles.
In lengths to 120 feet, and 20 inches square.

UNRIVALLED for STRENGTH and DURABILITY and RESISTANCE TO SEAWORM (*Teredo Navalis*) for use in MARINE CONSTRUCTIVE WORKS, and can be supplied by its CHEAPER than any other Australian Woods of equal quality.

THESE TIMBERS are of the very FEW IN THE WORLD of such HIGH SPECIFIC GRAVITY and LONG LENGTHS that can be obtained in large quantities.

For Prices & Further Particulars apply to the above.

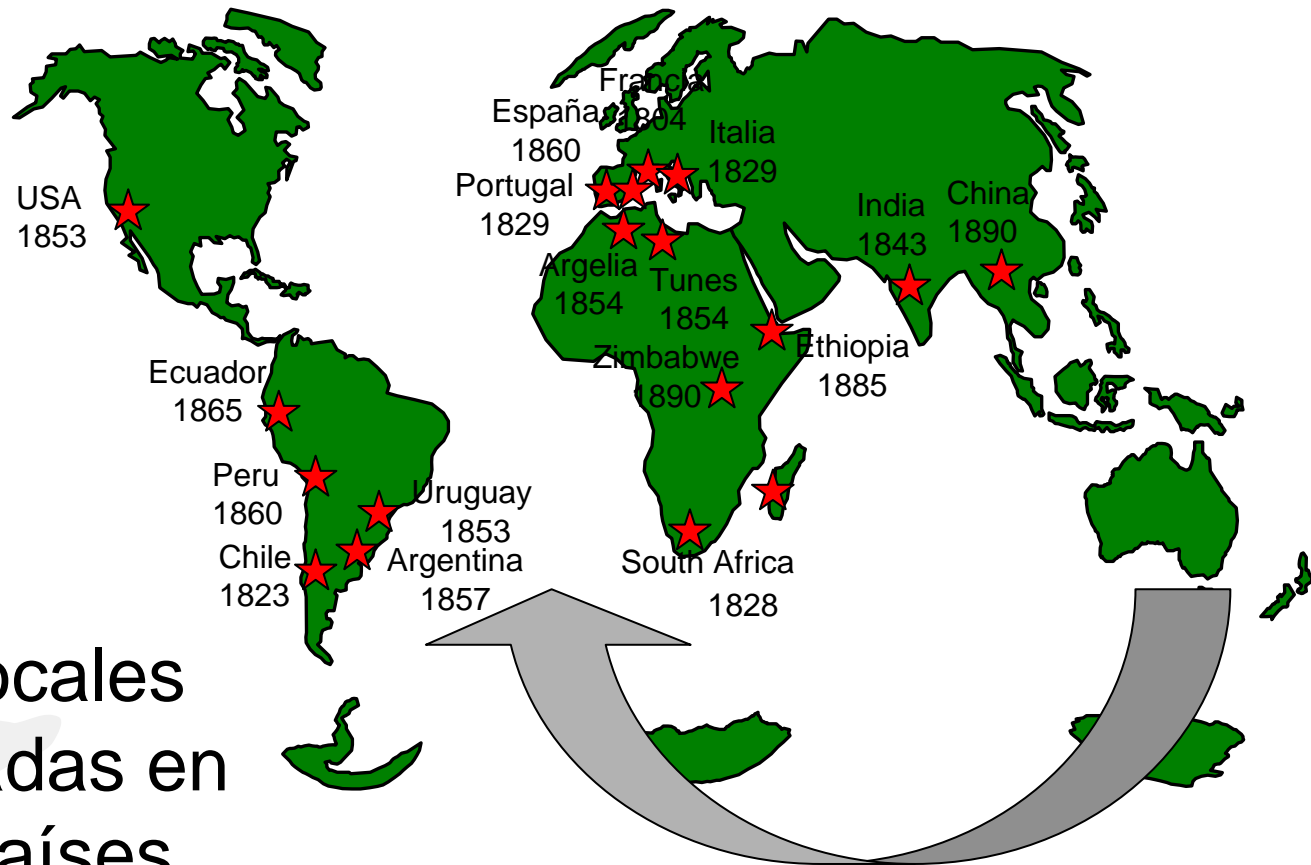
Cable Address: "Bruni," Hobart.

- Resistente a plagas marinas (e.g. *Teredo navalis*)

- 4 million de pies cúbicos al 1905

Hubo regeneración, pero al 1925 *E. globulus* empezó a escacear

Rápida dispersión por el mundo en el siglo XIX



Razas locales
desarrolladas en
varios países

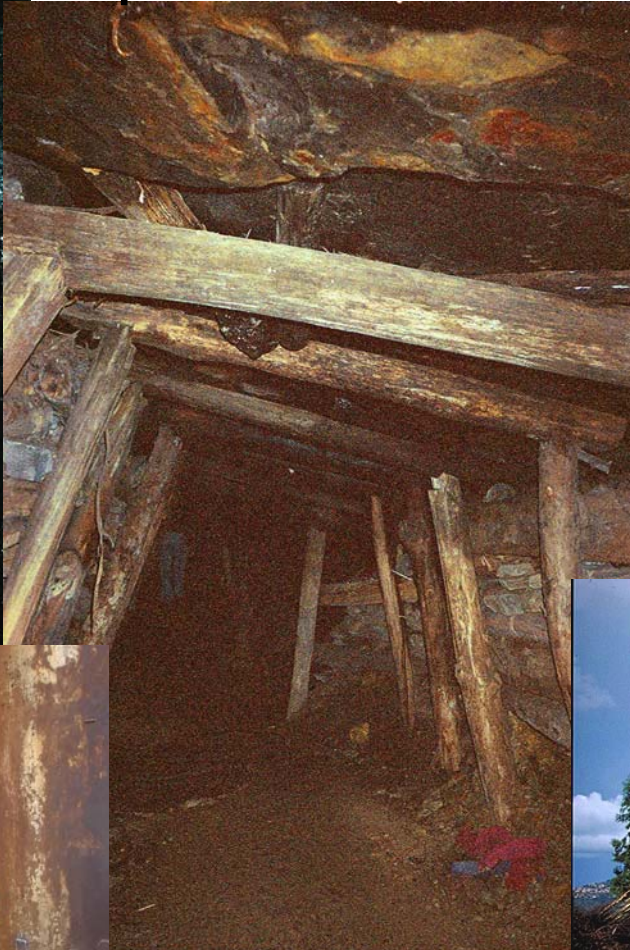
Etapas en la diseminación

1. Ornamental y curador de enfermedades
2. Uso y aplicaciones de su madera sólida
3. Madera para pasta de celulosa



Madera para nuevos usos

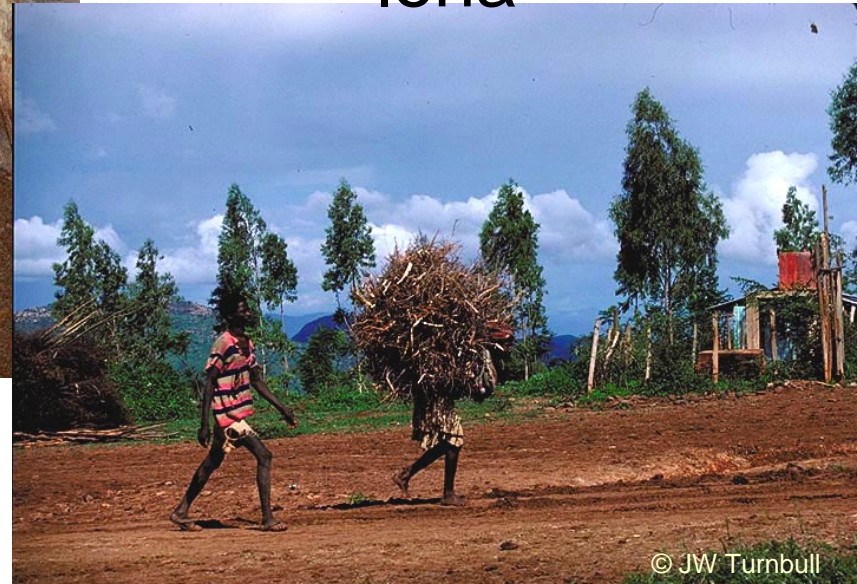
Apeas de minas Traviesas de ferrocarril



leña



escencias

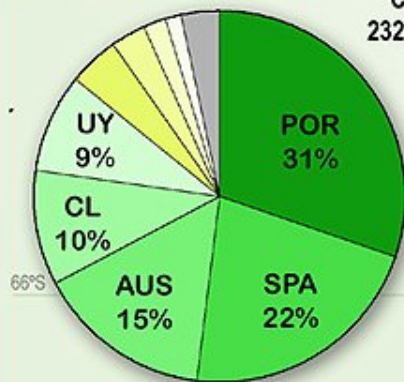


La preferida para pasta celulósica



- 0.8 Millones ha en 1973
- 1.7 Millones ha en 1995
- 2.4 Millones ha en 2004

Superficie cultivada



2.308.869 hectares

- Major areas of cultivation
- Minor areas of cultivation

EUCALYPTUS GLOBULUS CULTIVATED FORESTS WORLDWIDE

Source: Potts, B.M. et al (2004). Exploration of the *Eucalyptus globulus* gene pool.
In: Borralho, N.M.G. et al (2004) Eucalyptus in a Changing World. Proceedings IUFRO Conference, Aveiro



www.git-forestry.com

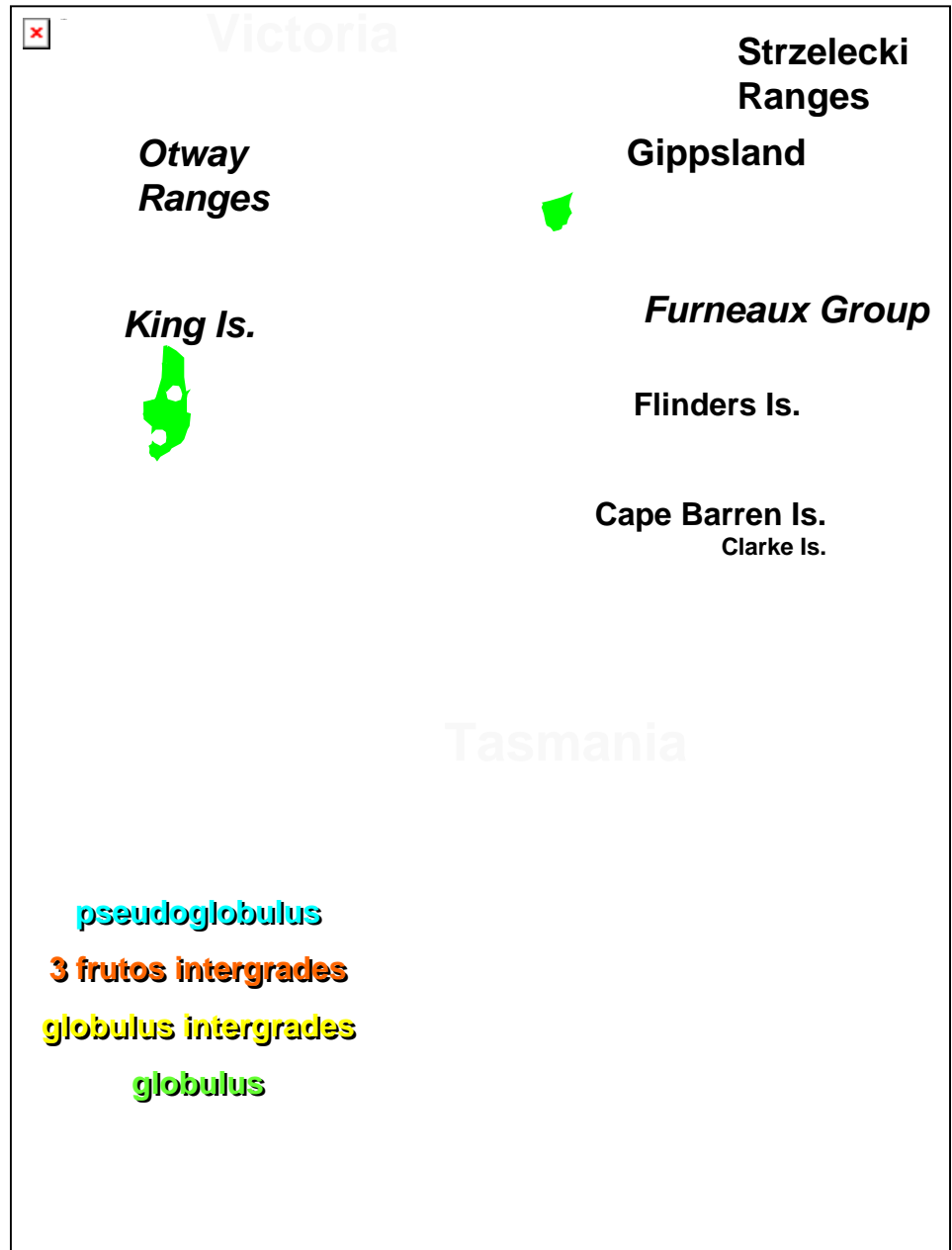
Superficie plantada al 2004

Pais	Sup.	Prog. Mej.	Introd.
Portugal	700.000	2	1829
España	500.000	1	1860
Australia	350.000	2	nativo
Chile	232.000	4	1823
Uruguay	200.000	3	1853
Ethiopia	100.000	1	1895
Argentina	17.000	1	1857

Colecciones individuales de semillas de *E. globulus*

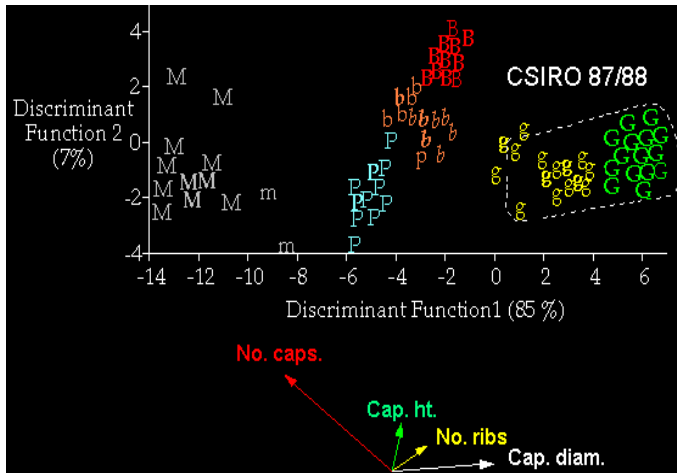
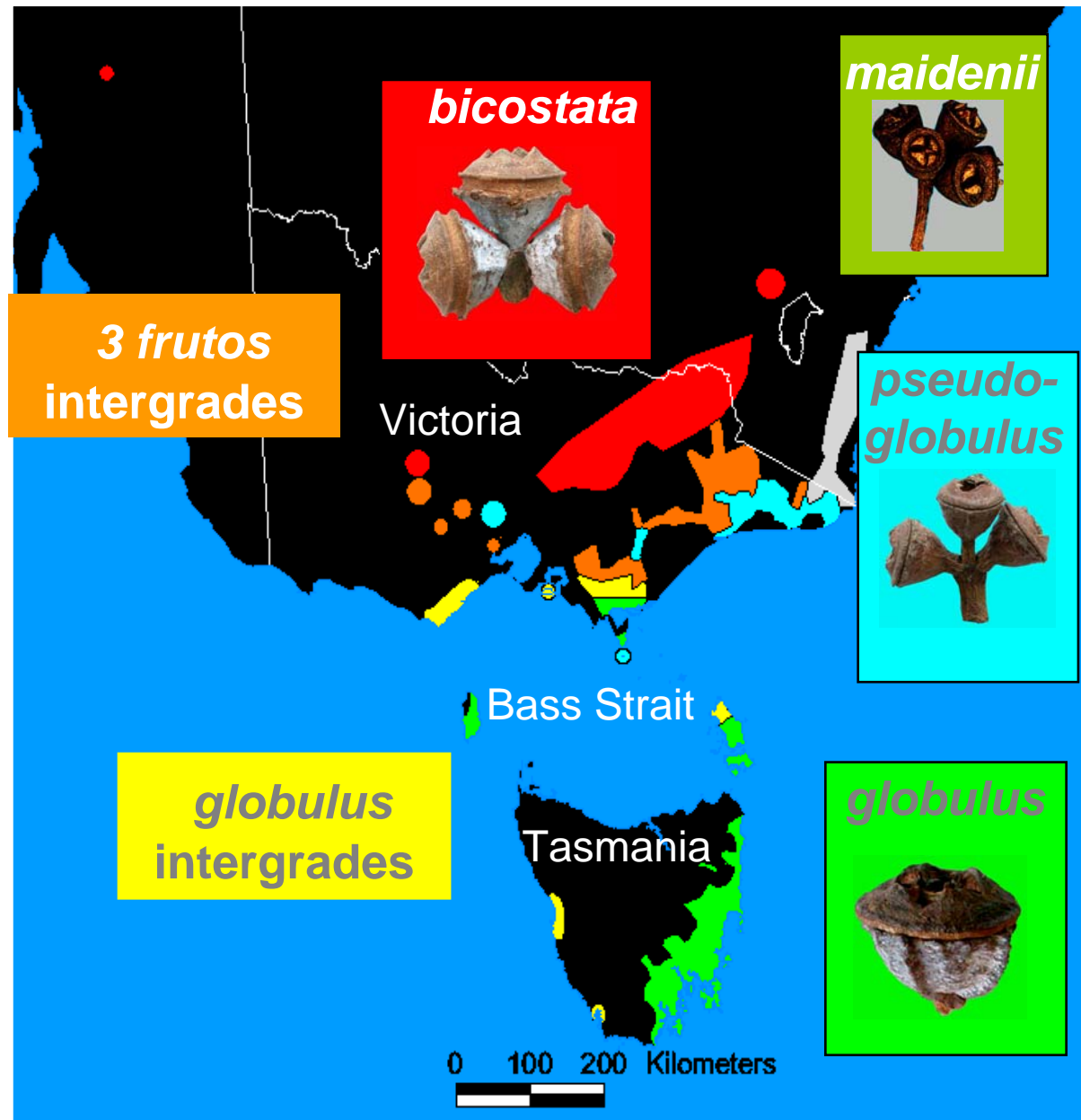
Orme CSIRO Kilysa

- 49 localidades
- 600 + OP familias



Distribución y morfología del complejo taxonómico de *Eucalyptus globulus*

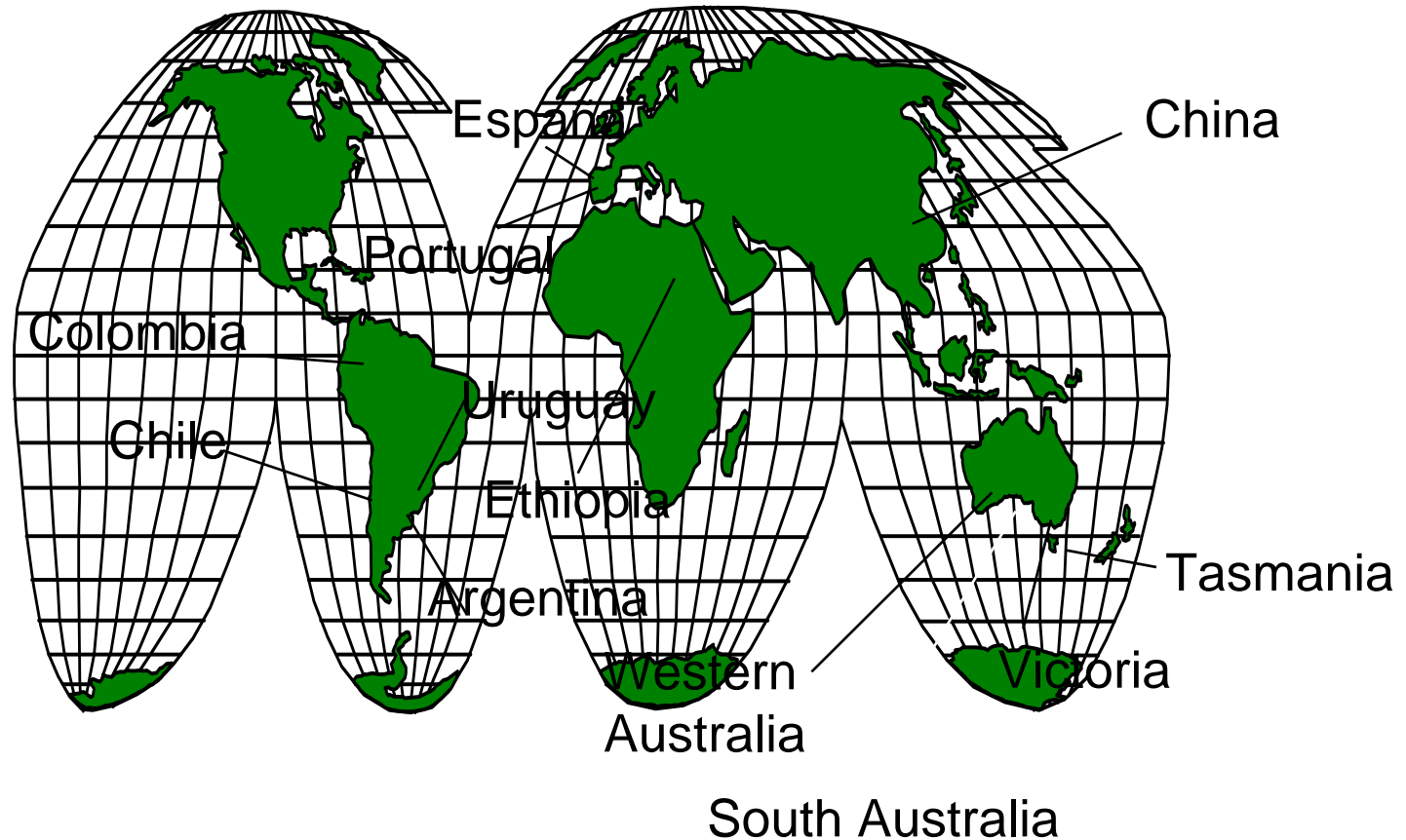
basado en morfología de la cápsula



Jordan *et al.* 1994

Las colecciones ensayadas = población base (+ locales)

más de 100 ensayos



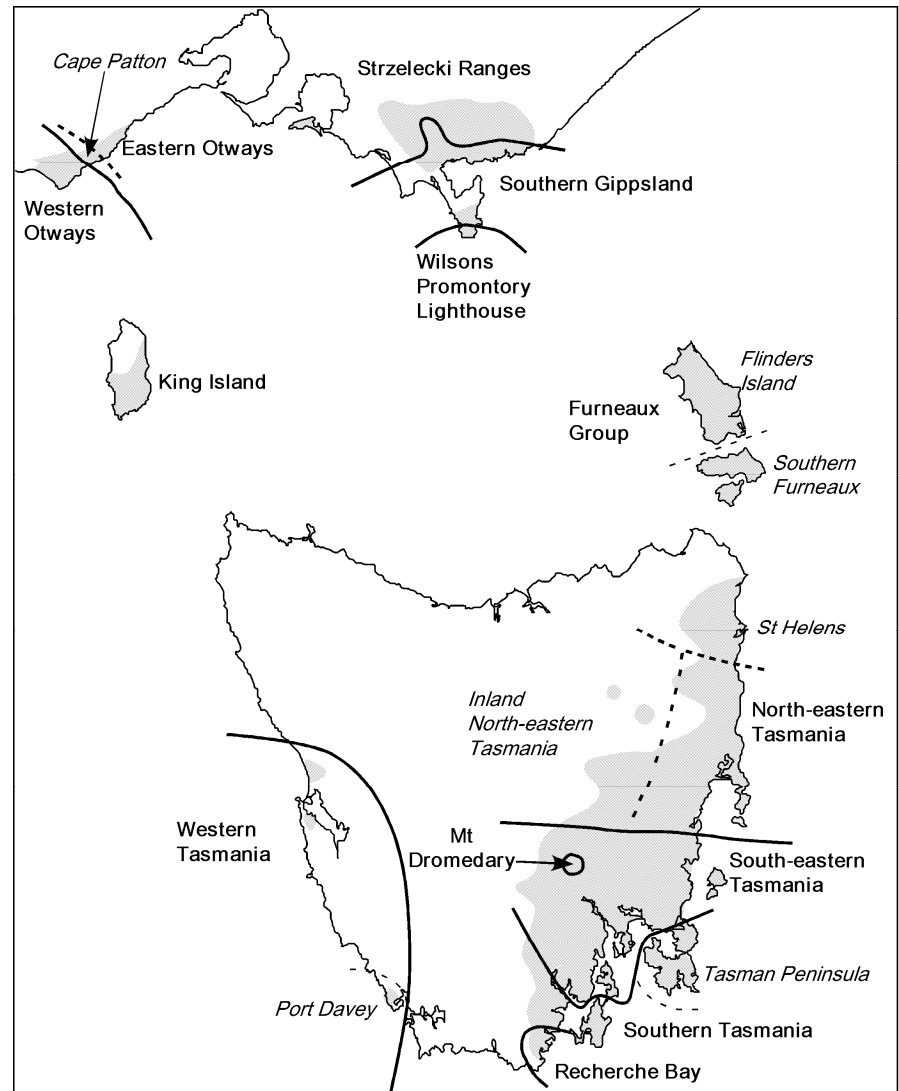
Clasificación racial de *E. globulus*

Resumen de la
variación genética
cuantitativa

13 races
20 + subraces

Dutkowski & Potts 1999

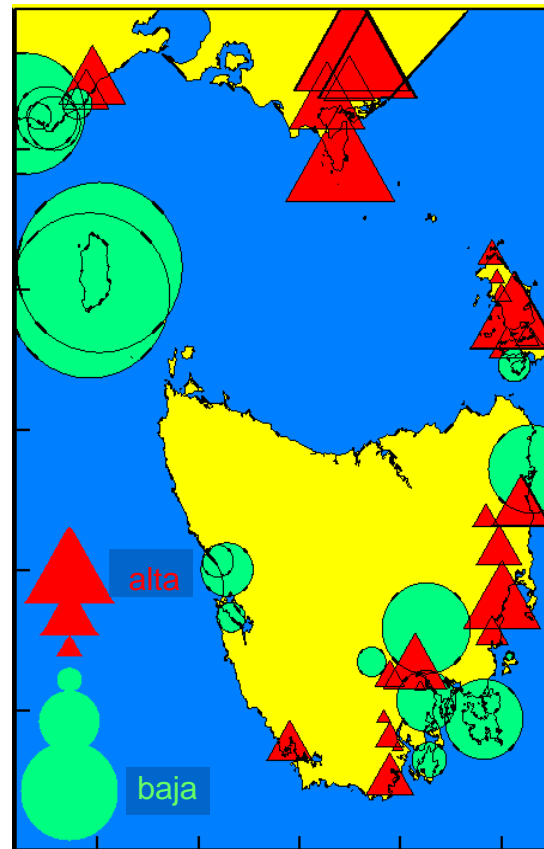
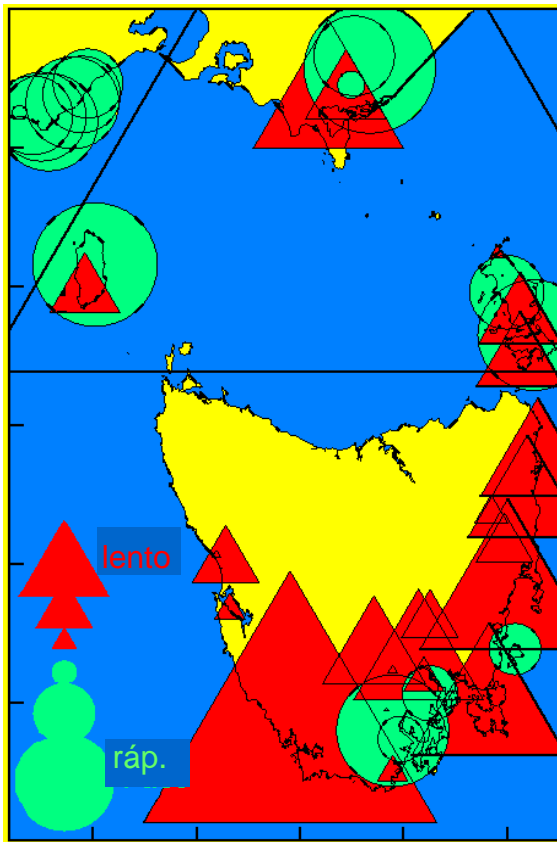
revisado en Lopez *et al.* 2001



Variación genética de 35 rasgos estudiados

Crecimiento

Densidad de madera



- todas las variables muestras diferencias entre localidades
- algunas manifiestan variación de estructura espacial

Dutkowski & Potts 1999

Razas locales son mejores?

Diámetro

Origen/Proced.	Media
•Portugal PC	12.00
Parker Spur	11.54
Jeeralang N.	11.34
Sth. Geeveston	11.47
Jamieson Ck.	10.98
Cent. Flinders	10.91
•Argentina OP	10.90
•Portugal OP	10.74
•España OP	10.68
Seymour	10.61
Dover	10.29
Cygnnet	10.15
Sth. Bruny	9.97
Moogara	9.83
•Chile Bulks	9.31
King Island	9.18
•Argentina Bulk	8.65

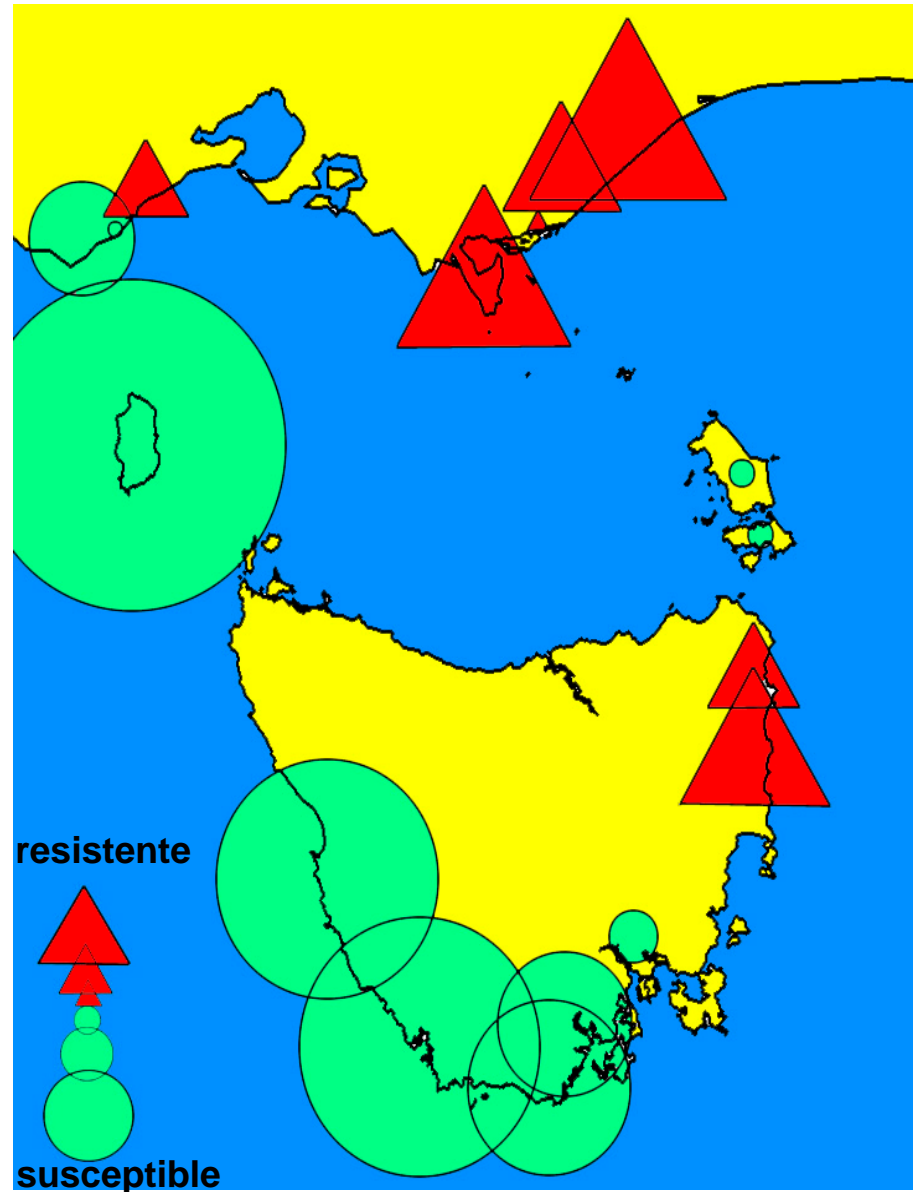
Forma

Origen/Proced.	Media
•Portugal PC	3.05
•Argentina Bulk	2.93
Moogara	2.84
•Portugal OP	2.81
•Chile Bulks	2.78
Jeeralang N.	2.77
•Argentina OP	2.76
Sth. Geeveston	2.66
Cygnnet	2.62
Sth. Bruny	2.54
Dover	2.54
•España OP	2.45
Parker Spur	2.41
King Island	2.29
Cent. Flinders	2.16
Seymour	2.14
Jamieson Ck.	2.05

Diferencias adaptativas entre razas

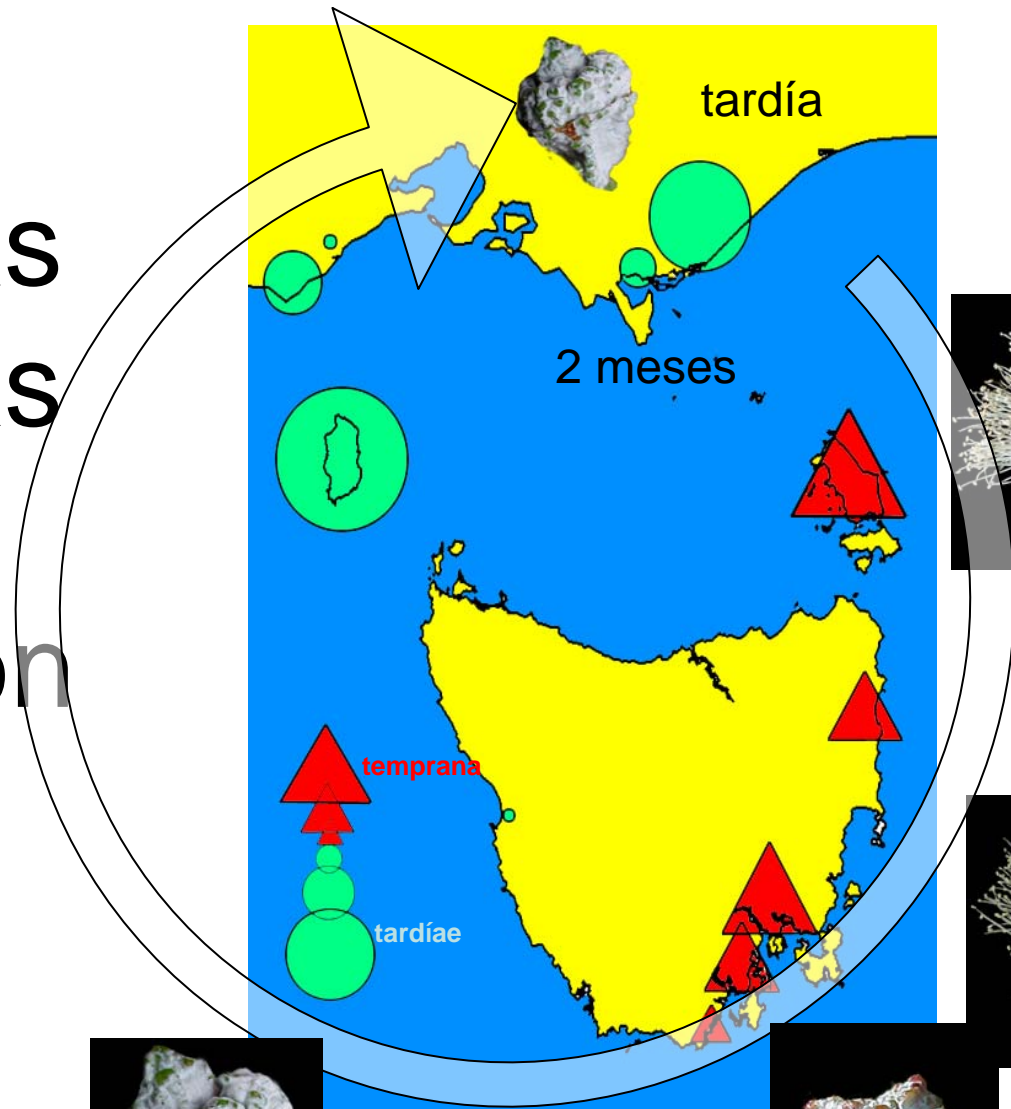
Resistencia a sequía

Dutkowski 1995

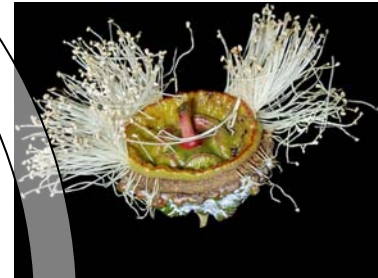


Diferencias entre razas para polinización

Variación genética para floración



temprana



temprana

tardía



tardía



Apiolaza et al. 2001



Diferencias entre razas para enraizar

% enraizamiento de mini estaquillas

1394 genotipos de 140 familias OP

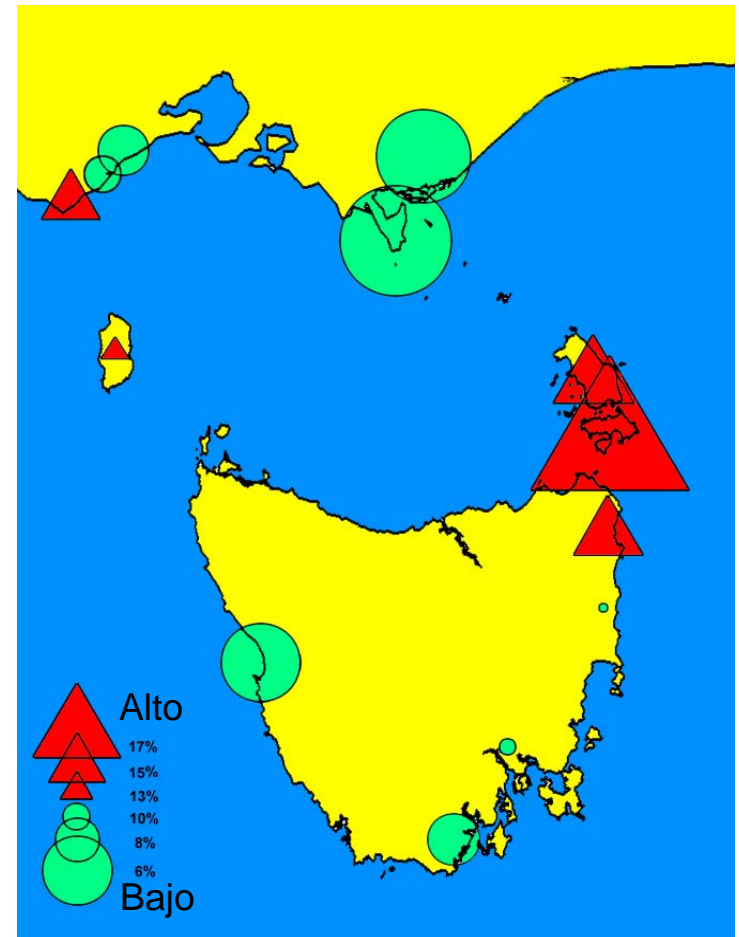


Planta madre



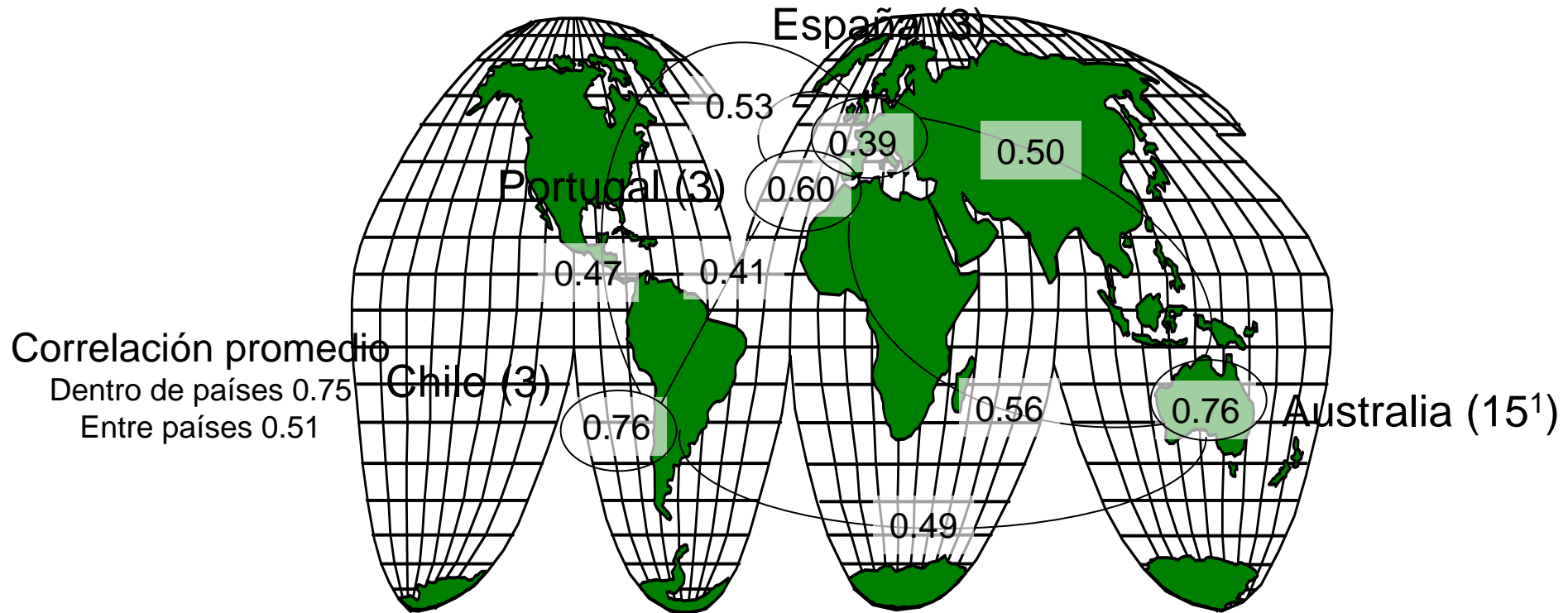
Mini estaquilla

Cañas *et al.* 2004



Crecimiento entre sitios

Promedio de correlación entre sitios al nivel de subraza para crecimiento (DAP 3-6 años) dentro y entre países



Parámetros genéticos

- **Heredabilidad individual**
- **Correlaciones genéticas**
 - entre sitios
 - año a año
 - entre variables

Heredabilidades

	Variable	h^2_{op}	r_g sitio/sitio
Baja	Supervivencia	0.05	-
	Bifurcación	0.04	0.77
	Forma	0.10	0.93
	Phoracantha res.	0.19	(*)
Media	Crecimiento	0.27	0.91
	Corteza	0.32	0.88
Alta	Pilodyn	0.48	0.89
	Hoja adulta	0.61	0.99

Lopez *et al.* 2002

(*) Soria & Borralho 1997

Cómo se correlaciona la variación genética de crecimiento año/año?

ALTA Y POSITIVA ($r_g > 0.64$)

— Edad de selección

Cómo se correlaciona la variación genética entre variables observadas?

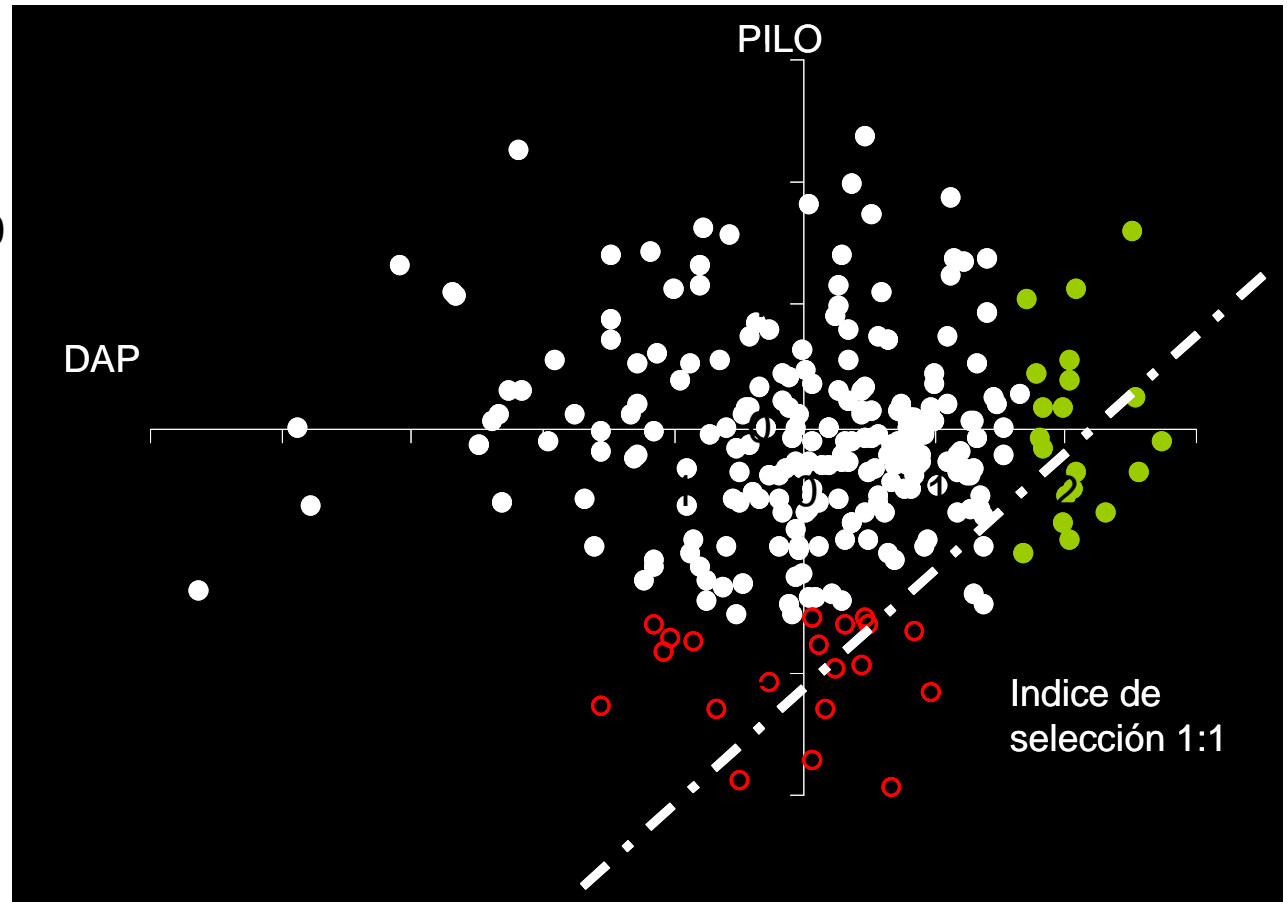
Crecimiento generalmente es
independiente de otros tratamientos

Independencia entre DAP y PILO

Gráfico de los valores genéticos aditivos correspondiente a los 20 mejores madres:

● DAP

○ Pilodyn



Lopez *et al.* 2001

Selección

- **Objetivo de mejora para el sistema productivo**
 - maximisar la producción de toneladas de celulosa/ha
- **VARIABLES DE INTERÉS**
 - volumen/ha y densidad de la madera a la rotación
- **Ponderación económica de esos tratamientos**
(ej. 1:2)
- **Criterios de selección mas usados**
 - dap (x sitios) and Pilodyn (x sitios) a los 3- 4 años

Índice de selección

$$I_i = v' G_{os} G_{ss}^{-1} u_i$$

Ponderación
económica de
los objetivos
(\$VOL, \$DEN)

Covariancia
genética entre los
objetivos (VOL,
DEN) y criterios de
selección (DBH,
PILO)

Covariancia
genética entre los
criterios de
selección

Valor genético
aditivo de los
criterios de
selección
DBH's, PILO's

Definición de estrategias de transferencia de mejora genética

- Conversión de un ensayo en huerto semillero (HSP) de plantas 1:4
- Establecimiento de un huerto semillero clonal (HSC) por injerto de los mejores 25-30 clones de la red de ensayos
- Producción clonal

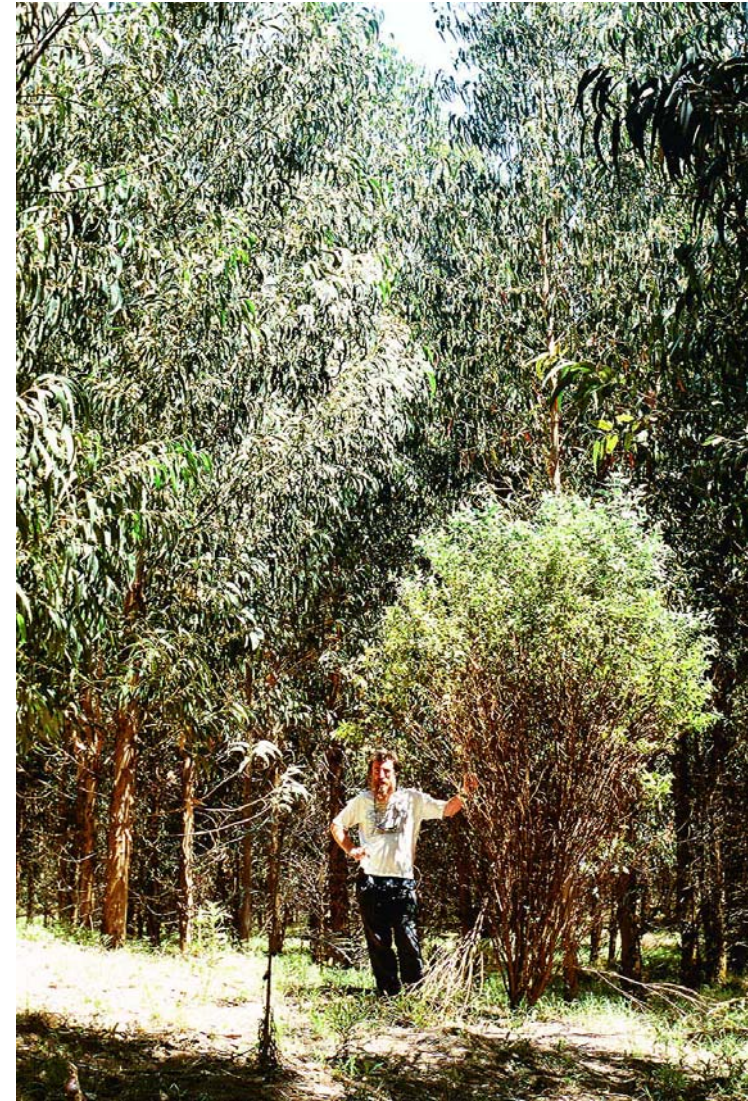
Potencialización de ganancias estimadas

- Cruzamientos controlados
 - Libre de endogamia
 - Efectos maternos
- Producción clonal

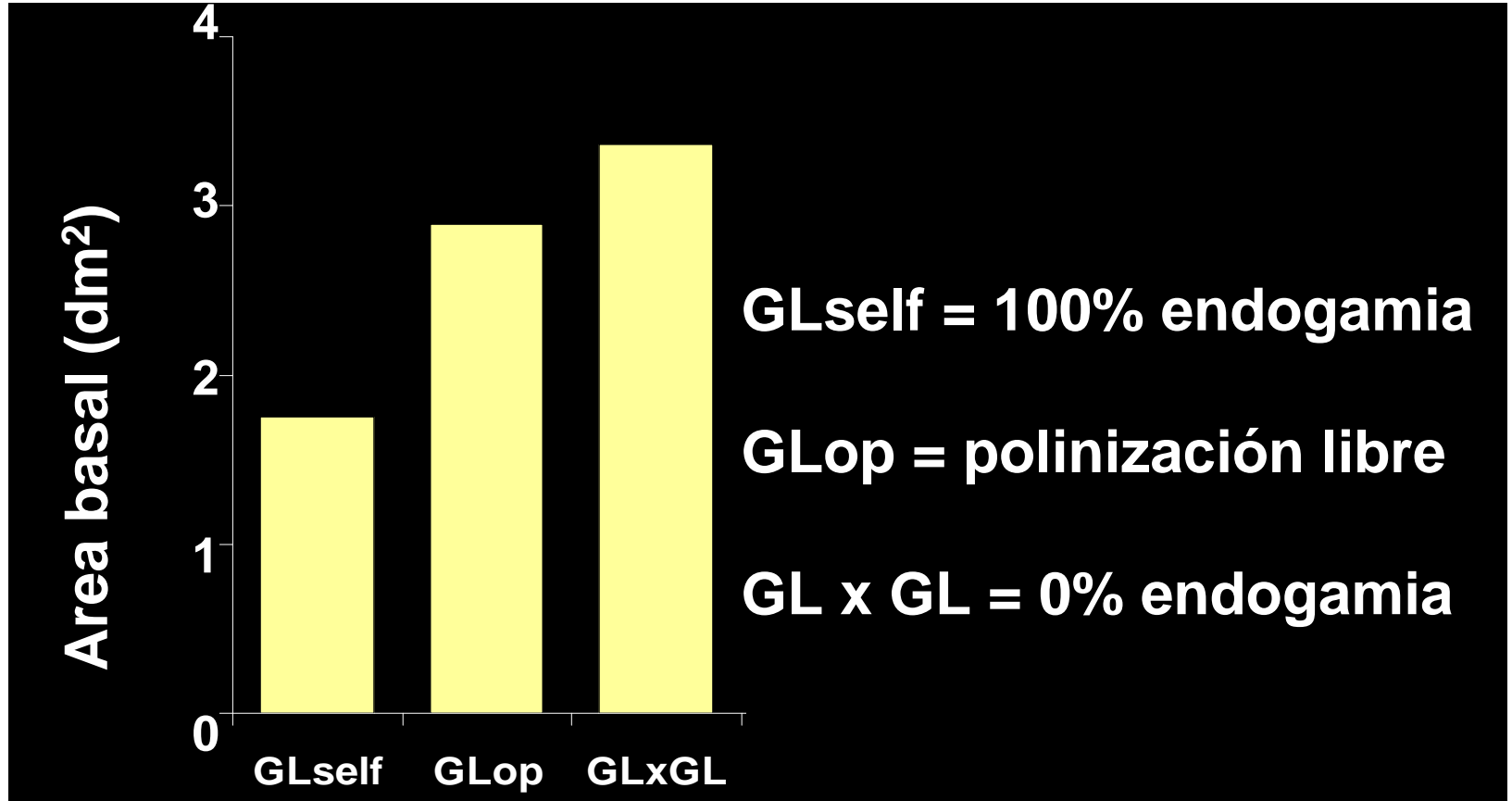


Endogamia

- Autogamia
- Geitonogamia
- Heterogamia

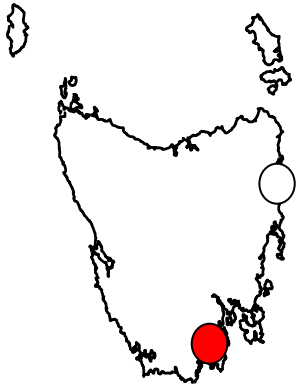


Depresión para área basal a los 10 años debido a endogamia

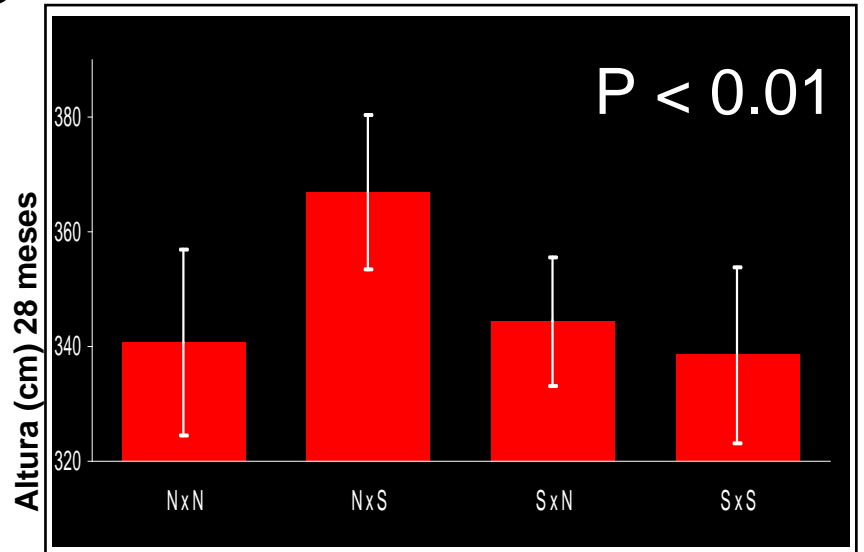


Evidencias de efecto maternal a nivel de raza para crecimiento

Inter-race 8 x 8 diallelo



		Padre							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Madre	A								
	B		NxN						NxS
	C								
	D								
	E					SxN			
	F						SxS		
	G								
	H								



madre x padre (cruzamiento interracial de origen)

Potencialización de ganancias obtenidas

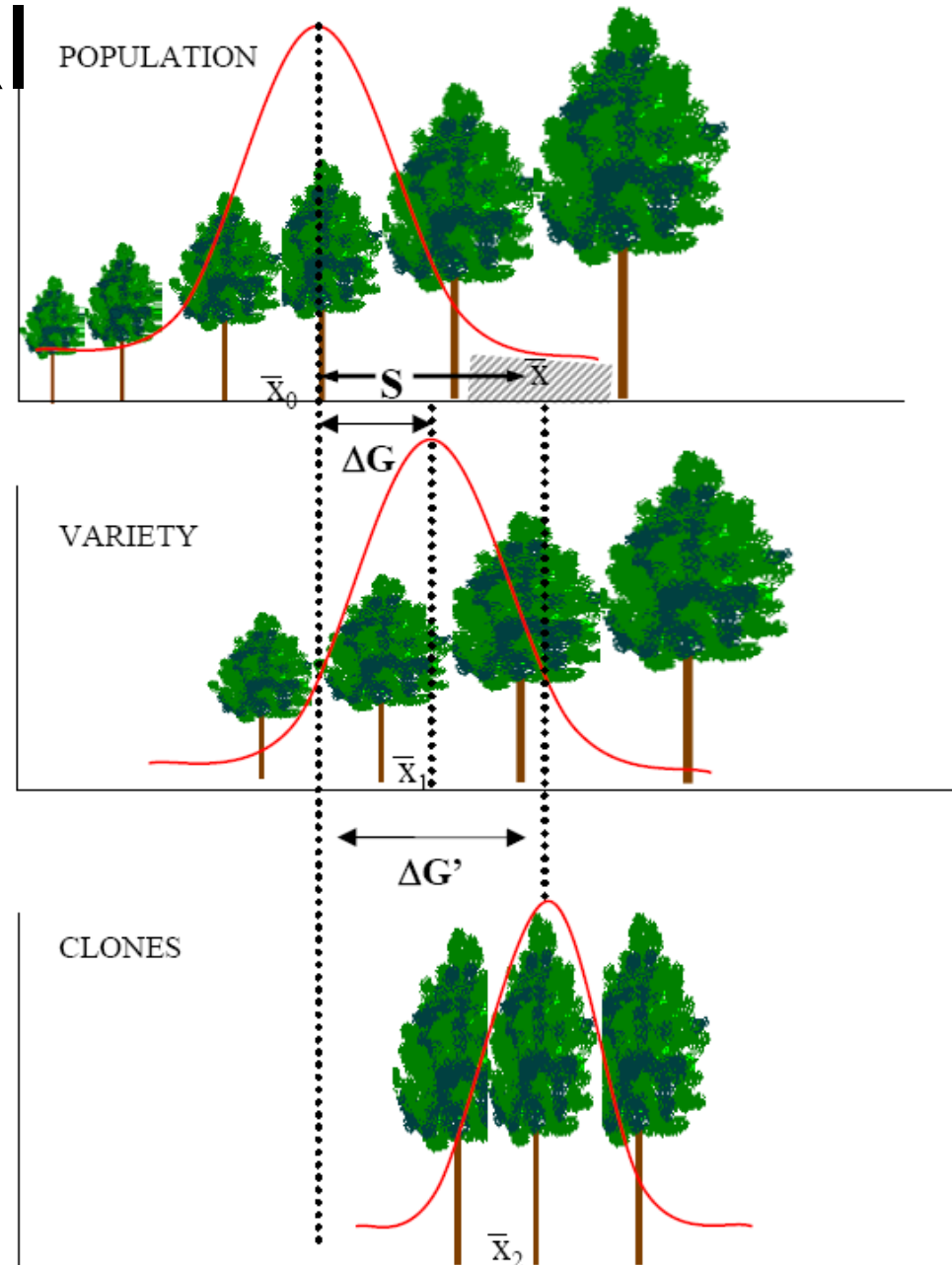
● Estrategia clonal

- Homogeneidad + producción [ADt/ha]
- Técnicas de multiplicación clonal
 - Esponánea (*E. deglupta*) *in vivo*
 - Micro estaquillas *in vitro*
 - Macro estaquillas *in vivo*
 - Mini estaquillas *in vivo*

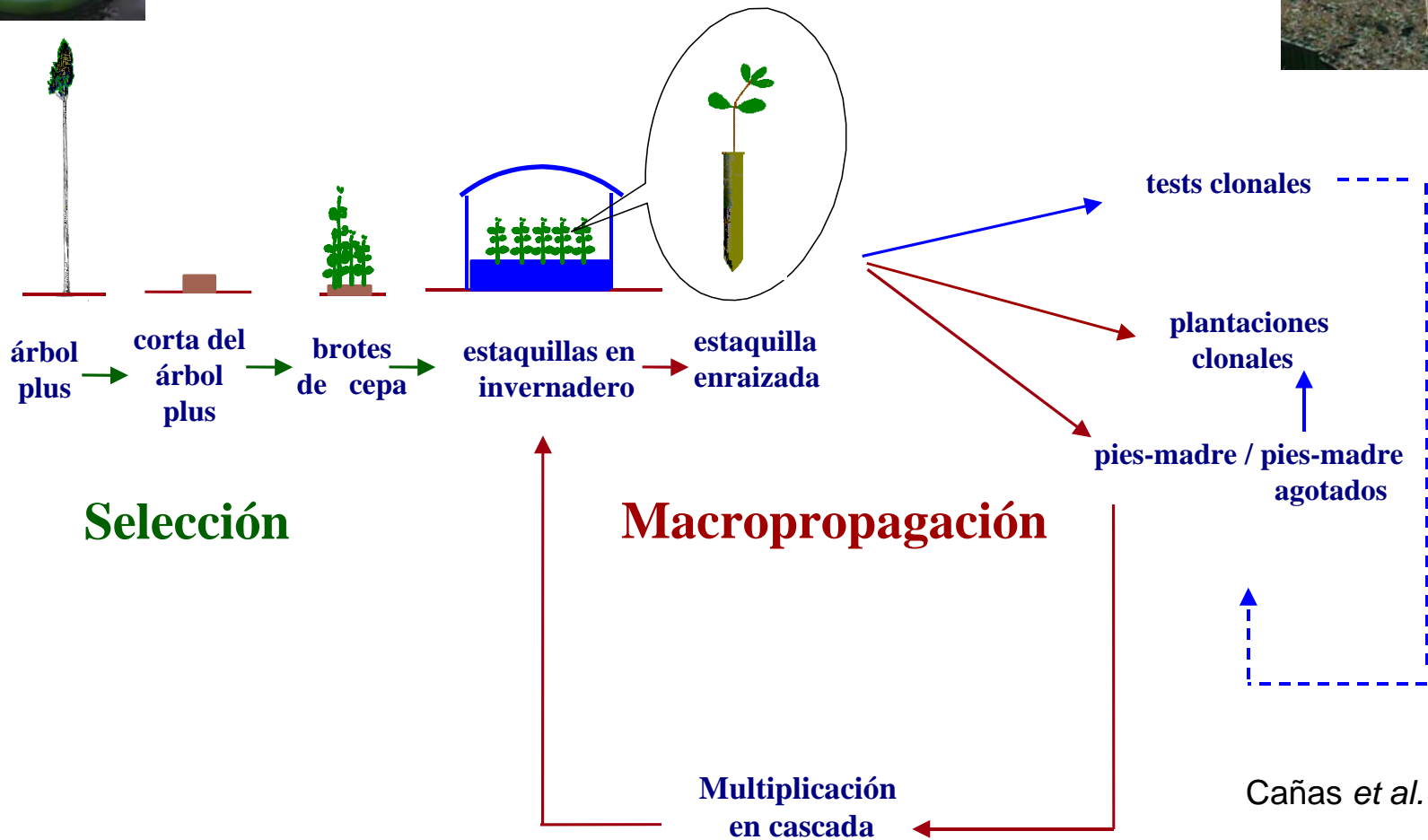


Selección clonal

Captura de los individuos extremos en el rango de dispersión



Clonación



Ganancias genéticas realizadas

- Volumen
 - 10 – 76% según clones y ambientes
 - 60% estaciones más representativas
- Supervivencia
 - 3 – 88% según clones y ambientes
 - 30% estaciones más representativas



Toval, 2004

Ganancias genéticas: Adaptación

- Mejora drástica del estado fitosanitario
- Menor atracción al ataque de *Phoracantha*
- Ventajas clonación:
 - Captura de la ganancia genética no aditiva
 - Uniformidad
 - Aprovechamiento
 - Homogeneidad insumo



Sostenibilidad de estrategia clonal

Estrategia clonal

+

programa de mejora que explora
cruzamientos intra- e inter- específicos

Sostenibilidad



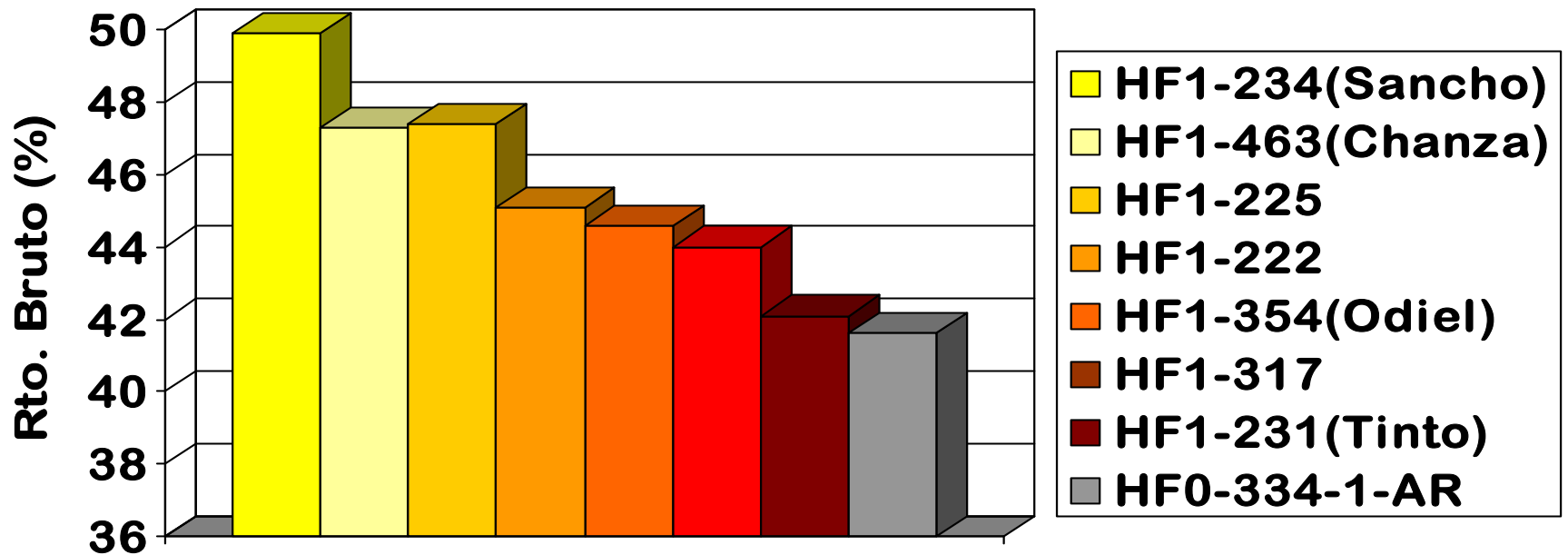
F1

- Cruce de 16 clones de producción
 - >500 clones
- Ensayo enraizamiento
 - Tasa de enraizamiento >60%
- Ensayo a campo
 - 140 clones en 6 sitios



Perspectivas de Mejora

Evaluación de rasgos de rendimiento pulpable (NIR)



Hibridación

- Híbridos ocurren naturalmente
- Se buscan combinaciones complementarias (por ej. resistencia a frío y crecimiento)
- Principalmente motivados para superar limitaciones (por ej. enfermedades, frío, adaptación)

Antecedentes de *Eucalyptus* híbridos

País	búsqueda	híbrido
Brasil	resist. a enfermedad	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>
Congo	supervivencia	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>
Francia	resist. frío	<i>E. dalrympleana</i> x <i>E. gunnii</i>
Sudáfrica	resist. frío	<i>E. grandis</i> x <i>E. nitens</i>
	seca	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>
Australia	resist. frío	<i>E. nitens</i> x <i>E. globulus</i>
	resist. salinidad	<i>E. globulus</i> x <i>E. camaldulensis</i>
Chile	resist. frío	<i>E. nitens</i> x <i>E. globulus</i>
Uruguay	calidad + crec.	<i>E. grandis</i> x <i>E. globulus</i>

Todos los programas de híbridos utilizaron *E. globulus* en cruces

A low-angle photograph of a dense forest. The trees are tall and thin, with a light-colored bark. The sun is shining from the top right, creating a bright glow and casting long shadows. The ground is covered in dry leaves and some green plants.

Casos exitosos

Especies tropicales

- Fácil propagación agámica
(*E. camaldulensis*, *E. urophylla*)
- Mejora en adaptación
Resistencia a enfermedades
- Mejora en crecimiento
de 30 a 40 m³/ha/año

Desarrollo de proyectos industriales



Desafíos en marcha

- Mejorar la calidad de la madera
 - Estrategia híbridos con *E. globulus*

3 años





Hitos en la domesticación

- 1982 ENCE Investigación Forestal en Huelva
- 1985 Selección masal de Eucalyptus en Huelva
- 1991 Producción clonal operativa
- 1996 Selvicultura clonal
- 1998 Control biológico integrado de plagas
- 2003 Técnica de miniestaquillado
- 2004 Introducción de nueva generación clonal
- 2007 Desarrollo Programa Cultivos Energéticos
- 2008 Desarrollo Programa otras sp. Eucalyptus



Oportunidades de la Domesticación y cultivo de Eucalyptus

- **Éxitos parciales**
 - Aumento de producción,
 - Excelente calidad de madera
- **Demanda madera**
 - Aumento de la población
- **Cultivo energético**
 - Adaptada a mediterráneo
- **Conocimiento**
 - Funcionalidad génica,
 - Proyectos multinacionales

Cultivar especies leñosas no es más que una estrategia de conservación del hombre asociado a su evolución intelectual

Agradecimiento

- Dirección de I+D ENCE
 - I. Cañas, F. Ruiz, F. Balbás, F. Basurco
- Universidad de Tasmania
 - B. Potts, G. Jordan, G. Dutkowski
- Dpto. Agroforestal-Universidad de Huelva
 - R. Alejano, M. Fernández, R. Tapias

Mas detalles

sobre la
presentación
puden consultar la
bibliografía citada
disponible en el
CIDEU.

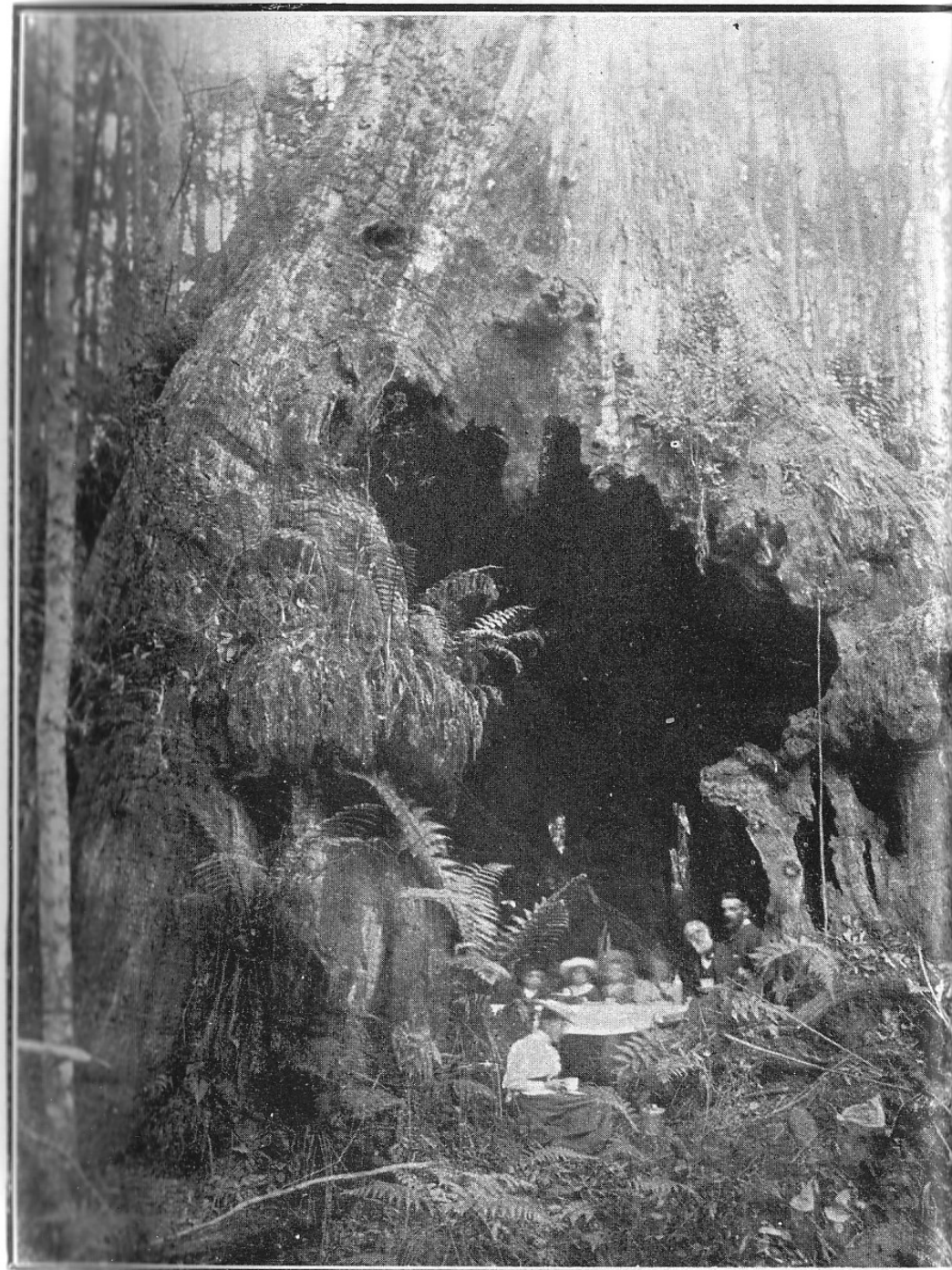




Photo: G. Jordan



El bosque que acumula más carbono se encuentra en Australia y cuenta con más de 1.000 toneladas de carbón por hectárea en la biomasa viva. Esto equivale aproximadamente a 2.200 toneladas de biomasa seca.