



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Ayuntamiento de CDGA CIUDAD DE CALUCA (Segovia)



Junta de Castilla y León



Evaluación de productores de resina y aplicación a programas de mejora genética

***Ricardo Alía y Regina Chambel
INIA-CIFOR***

Instituto Universitario de Investigación INIA-UVA



Multifuncionalidad, conservación y empleo rural en el territorio del sur de Europa a través de la extracción de la resina

Multifuncionalidad, conservación y empleo rural en el territorio del sur de Europa a través de la extracción de la resina

Multifuncionalidad, conservación y empleo rural en el territorio del sur de Europa a través de la extracción de la resina

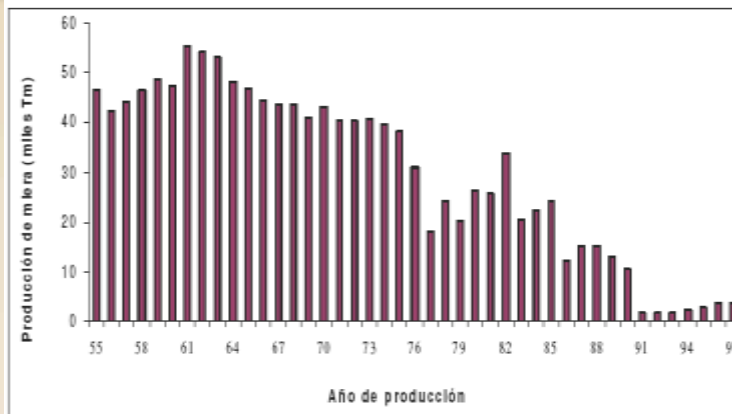


Preguntas que queremos contestar

- Antecedentes
- ¿Es posible la mejora genética para la producción de resina en *Pinus pinaster*?
- ¿Cuáles son las principales actuaciones?
- ¿Cuáles son las principales cuestiones a resolver?

Resina: buen modelo para gestión forestal y desarrollo rural

H0: Sistema Selvícola + Técnica de Resinación + Resinero + Contexto Socioeconómico + Empresa Resinera



H1: Material mejorado + Plantación + Técnica de Resinación + Resinero + Modelos de gestión selvícola + Contexto Socioeconomico + Empresa Resinera

Mejora = Mejora Genética + Mejora **Selvícola** + Mejora Tecnológica



¿Tiene que estar la Mejora genética de la resina acompañada de una mejora en el "ambiente" tecnológico?

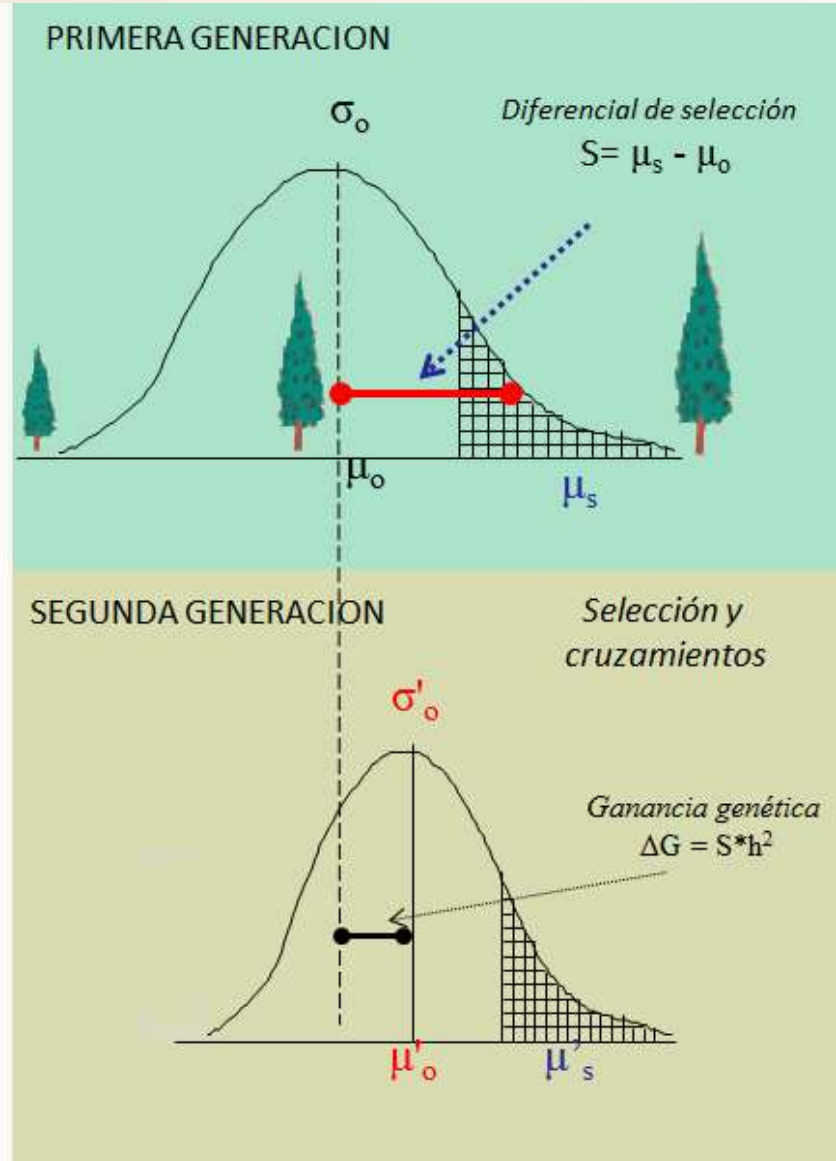
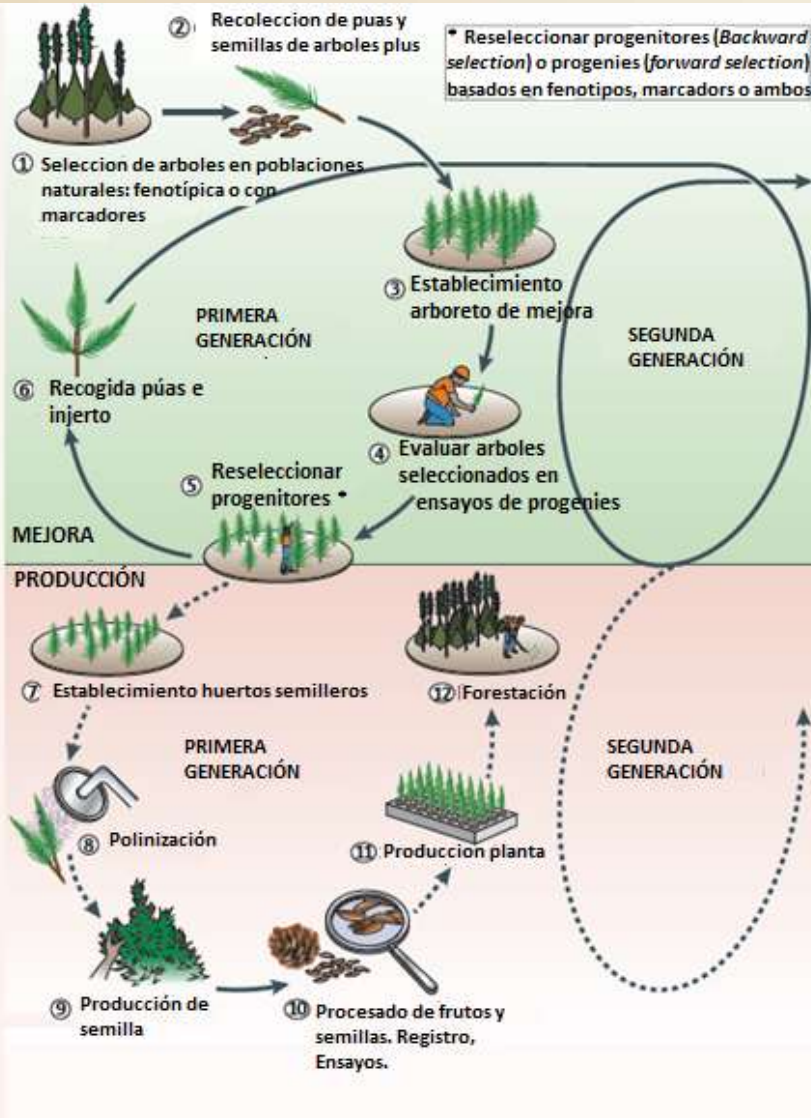
- Mejora de las herramientas y el proceso
- Reducción de la campaña
- Nuevo "resinero": tiempo parcial, otras actividades por cuenta propia o ajena
- Nuevo contexto rural => estabilidad



¿Es posible?

- ¿En que consiste un programa de mejora genética?
- ¿Existe variación en el carácter/caracteres de interés?
- ¿Tiene un componente genético?
- ¿Qué tipo de material (*semillas/clones*) queremos obtener y donde queremos utilizarlo (*poblaciones naturales/plantaciones*)?
- ¿Qué plazos hemos de manejar?

Programas de mejora genética: Aplicación a la resina

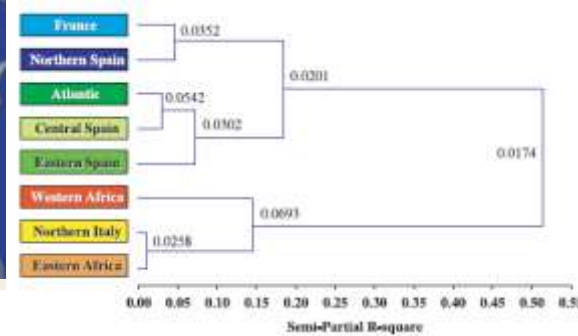


Modificado de Neale y Kremer, 2011. Nat. Rev. Gen.

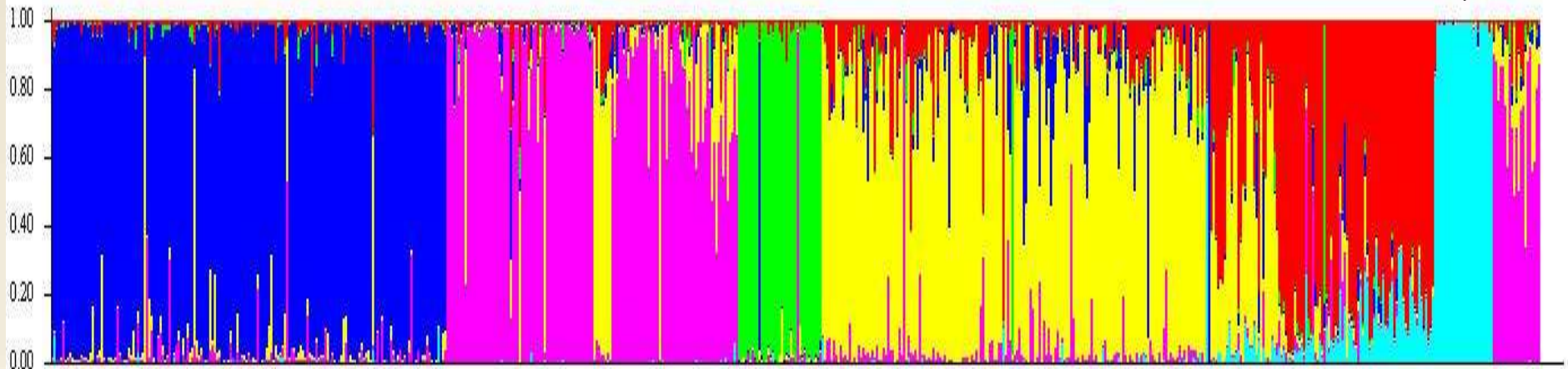
La población de mejora: Estructura genética de *Pinus pinaster*



Bucci et al. (2007). Mol. Ecol.



Sur de España



Poblaciones Atlánticas de Francia,

Poblaciones Españolas Atlánticas

Corcega

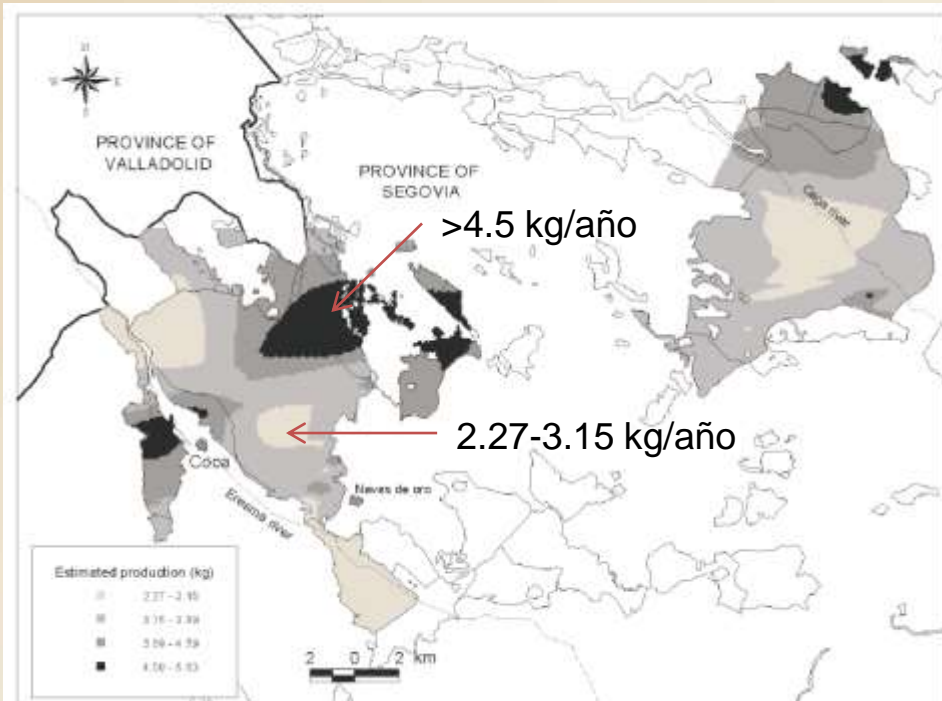
Poblaciones del Centro de España

Cuenca & Teruel

Marruecos

Jaramillo-Correa et al. (en prep)

Variación genética: el *combustible* para la mejora



Nanos et al. 2001. *Can. J. For. Res.*

Variación individual:
los arboles difieren en producción:
Selección de arboles plus, o élite

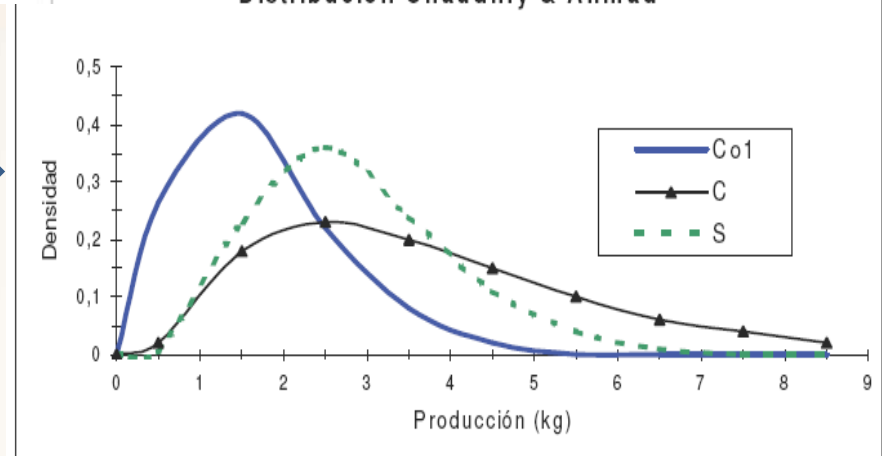



Variación poblacional:
las poblaciones difieren en producción:
Selección de rodales,
Selección de zonas a resinar



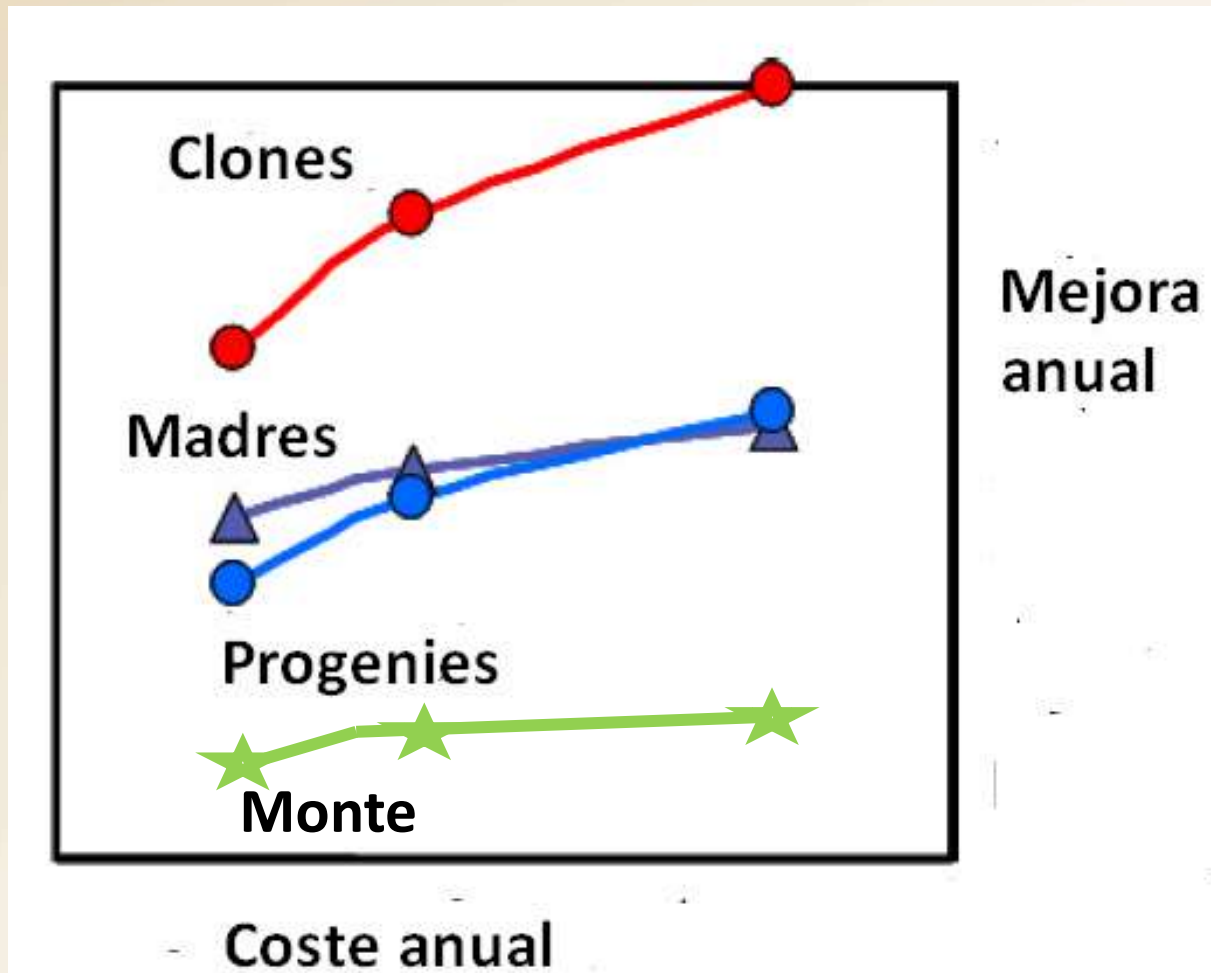
Nuevos estudios sobre compromisos defensa-crecimiento, variación en componentes, variación geográfica, etc. Ej. Sampedro et al. 2011. *J. Ecol.*, Moreira et al. 2012. *Plos One*

Distribución Chaudhry & Ahmad



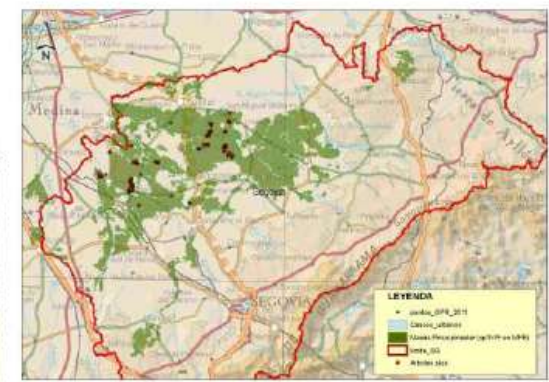
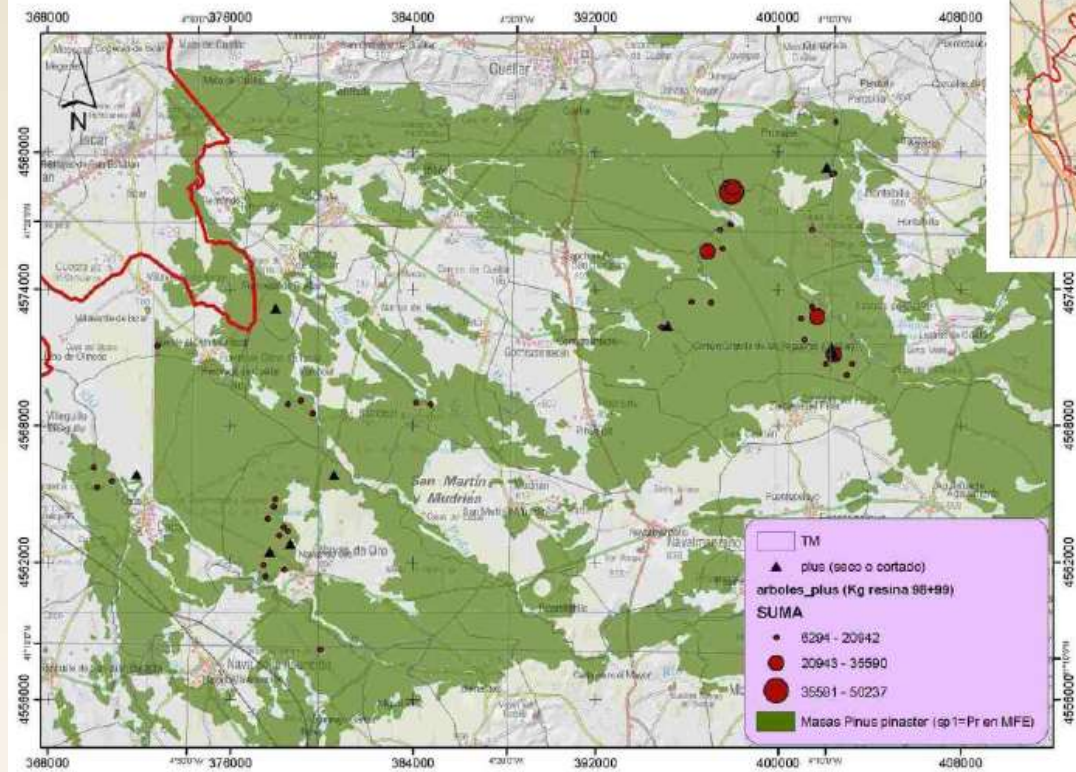
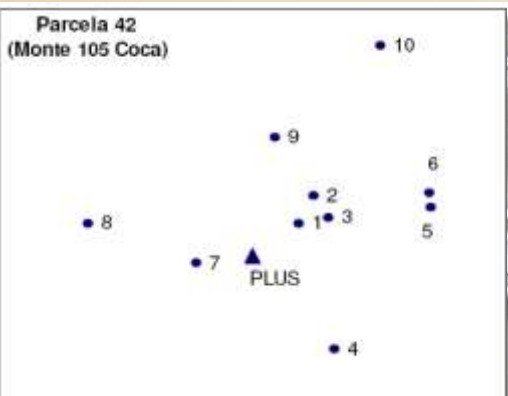
Nanos et al. 2001. *Ann. For Sci.* 

Tipo de selección



Danisevicius y Lindgren. 2007.

Selección de grandes productores de resina: selección de árboles plus (programa JCyL-UPM, 1997-2001)



Caracterización del árbol plus y 10 circundantes

Superioridad de los arboles *plus*

Árbol	C.P.	I.S.	Producción de miera (kg)		Características morfológicas								Espesura del arbolado (árboles/ha)	
			Plus	Cont.	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)		Altura de copa (m)		Diámetro de copa (m)		Plus	Cont.
					Plus	Cont.	Plus	Cont.	Plus	Cont.	Plus	Cont.		
1	I	2,6 (-0,2)	8,3 (2,1)	3,5 (1,6)	47,0 (8,5)	47,6 (12,1)	12,5 (8,5)	14,7 (10,3)	7,5 (6,6)	6,6 (0,4)	9,5 (1,8)	6,6 (1,8)	269	78
3	II	-0,4 (0,9)	4,6 (2,3)	5,1 (2,0)	44,0 (12,3)	40,5 (12,1)	10,0 (12,1)	12,8 (12,1)	6,3 (1,4)	6,4 (1,4)	7,8 (0,8)	5,5 (0,8)	159	159
4	II	0,7 (-1,4)	4,8 (1,3)	3,7 (1,7)	43,5 (12,1)	43,5 (12,1)	11,0 (12,1)	15,3 (2,0)	7,5 (1,6)	7,8 (1,6)	8,2 (1,6)	7,0 (1,6)	41	41
6	II	1,9 (-0,2)	9,3 (1,1)	6,2 (1,4)	48,0 (4,0)	42,1 (4,0)	15,0 (12,5)	15,0 (3,0)	11,0 (2,6)	7,7 (2,6)	7,8 (1,2)	6,8 (1,2)	51	51
7	III	3,0 (0,5)	10,3 (2,4)	4,8 (1,4)	42,0 (4,7)	38,2 (4,7)	11,5 (1,0)	12,5 (1,0)	7,0 (1,5)	5,3 (1,5)	10,9 (1,1)	5,2 (1,1)	166	166
8	II	0,7 (-0,4)	5,1 (0,4)	4,4 (1,0)	41,0 (0,4)	38,6 (1,0)	12,0 (1,0)	13,5 (1,0)	7,5 (1,0)	7,4 (1,0)	8,8 (1,5)	6,6 (1,5)	17	17
9	II	1,0 (0,5)	5,7 (0,1)	4,0 (1,8)	43,0 (0,1)	48,5 (6,8)	15,0 (6,8)	13,8 (2,5)	8,5 (3,3)	6,5 (3,3)	9,4 (0,5)	4,5 (0,5)	100	78
10	II	0,9 (-0,1)	3,8 (1,8)	2,7 (1,3)	43,0 (1,3)	38,3 (6,3)	14,7 (6,3)	14,4 (1,2)	9,7 (0,4)	7,5 (0,4)	9,4 (2,1)	6,6 (2,1)	276	264
11	I	2,5 (-1,0)	7,6 (0,8)	3,1 (1,4)	50,0 (4,7)	36,0 (4,7)	21,0 (2,3)	15,2 (2,3)	14,0 (1,3)	7,5 (1,3)	9,0 (2,0)	6,2 (2,0)	176	166
12	I	3,0 (1,3)	11,7 (1,8)	3,9 (1,4)	40,0 (6,7)	33,4 (6,7)	10,0 (1,0)	16,3 (1,5)	3,5 (1,5)	8,8 (0,4)	8,4 (0,4)	4,3 (0,4)	249	421
14	II	0,9 (-0,8)	4,6 (1,0)	3,5 (1,3)	40,0 (6,5)	41,0 (6,5)	14,5 (3,1)	11,8 (3,1)	7,0 (1,8)	6,3 (1,8)	9,0 (1,3)	5,5 (1,3)	77	104
15	II	3,0 (0,9)	8,9 (2,8)	3,6 (1,4)	49,3 (13,2)	41,2 (13,2)	14,0 (3,2)	14,9 (3,2)	8,6 (1,2)	7,0 (1,2)	10,7 (0,8)	5,8 (0,8)	59	171
17	II	2,2 (0,1)	6,7 (0,7)	3,0 (1,7)	43,0 (6,2)	38,4 (6,2)	9,0 (1,8)	11,5 (1,8)	5,5 (1,0)	4,7 (1,0)	9,4 (0,8)	4,8 (0,8)	30	340
18	II	1,2 (0,4)	5,7 (1,1)	3,9 (1,4)	37,0 (5,4)	43,0 (5,4)	13,5 (2,8)	14,7 (2,8)	8,8 (2,0)	7,2 (2,0)	8,5 (1,3)	5,8 (1,3)	197	110
21	II	2,2 (0,4)	7,9 (1,6)	4,4 (1,5)	61,0 (4,7)	53,3 (4,7)	16,5 (4,7)	17,4 (4,7)	11,3 (2,8)	10,2 (2,8)	10,6 (1,7)	8,9 (1,7)	103	144
22	III	1,6 (0,2)	7,1 (1,5)	4,4 (1,5)	57,0 (6,7)	47,5 (6,7)	15,0 (1,3)	16,7 (1,3)	9,5 (2,0)	9,7 (2,0)	13,4 (0,8)	8,6 (0,8)	48	88
23	III	3,8 (1,3)	10,4 (0,1)	3,5 (1,3)	46,5 (5,5)	42,1 (5,5)	12,0 (1,0)	13,0 (1,0)	3,7 (1,6)	6,3 (1,6)	3,8 (1,1)	7,7 (1,1)	95	142
25	II	0,7 (-1,5)	3,1 (2,4)	2,2 (1,0)	40,0 (6,3)	40,5 (6,3)	16,5 (1,2)	13,8 (1,2)	8,5 (0,3)	5,2 (0,3)	7,1 (0,5)	5,8 (0,5)	119	117
27	III	1,8 (-1,6)	5,2 (2,7)	2,7 (1,1)	63,0 (8,7)	46,4 (8,7)	12,5 (0,7)	14,6 (0,7)	7,0 (0,8)	8,1 (0,8)	8,5 (0,6)	5,9 (0,6)	40	131
28	IV	2,1 (-1,3)	4,9 (2,4)	2,5 (1,1)	43,0 (4,7)	46,4 (4,7)	14,0 (4,7)	16,1 (2,9)	8,0 (1,3)	7,7 (1,3)	7,8 (1,2)	5,9 (1,2)	56	106
29	III	2,0 (-0,2)	6,4 (2,0)	3,2 (1,3)	61,5 (8,5)	50,3 (8,5)	17,4 (2,7)	15,4 (2,7)	12,2 (2,5)	9,4 (2,5)	10,0 (2,3)	8,0 (2,3)	64	93
30	III	1,5 (1,2)	3,2 (1,0)	2,2 (0,7)	49,5 (4,6)	44,3 (4,6)	13,5 (2,0)	15,6 (2,0)	8,3 (0,6)	8,1 (0,6)	7,0 (2,5)	8,3 (2,5)	80	115
31	V	0,7 (-0,6)	4,2 (2,8)	3,1 (1,7)	53,5 (9,1)	47,6 (9,1)	13,0 (2,5)	17,2 (2,5)	8,0 (1,5)	9,3 (1,5)	11,2 (2,0)	7,4 (2,0)	64	87
32	V	2,1 (0,1)	6,5 (0,7)	3,1 (1,4)	58,0 (5,4)	42,4 (5,4)	13,5 (1,0)	16,0 (1,0)	8,1 (1,9)	7,7 (1,9)	10,2 (2,5)	7,0 (2,5)	95	188
34	III	2,4 (0,5)	7,2 (1,5)	3,6 (1,5)	49,0 (3,8)	47,3 (3,8)	15,5 (1,0)	19,8 (1,0)	10,0 (1,0)	8,0 (1,0)	9,9 (0,4)	4,4 (0,4)	67	165

Árbol	C.P.	I.S.	Producción de miera (kg)		Características morfológicas								Espesura del arbolado (árboles/ha)	
			Plus	Cont.	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)		Altura de copa (m)		Diámetro de copa (m)		Plus	Cont.
					Plus	Cont.	Plus	Cont.	Plus	Cont.	Plus	Cont.		
Promedio		2,0 (1,1)	7,2 (3,5)	3,7 (1,0)	51,1	45,4 (6,5)	14,1	15,1 (2,1)	8,9	7,6 (1,7)	9,9	6,7 (1,3)	90	136 (66)
Mínimo		-0,4	3,5	2,2	37,0	33,4	9,0	9,0	3,5	3,7	3,8	4,3	8	41
Máximo		4,42	25,1	6,2	73,0	60,0	21,5	21,5	16,5	12,5	18,0	10,3	276	421

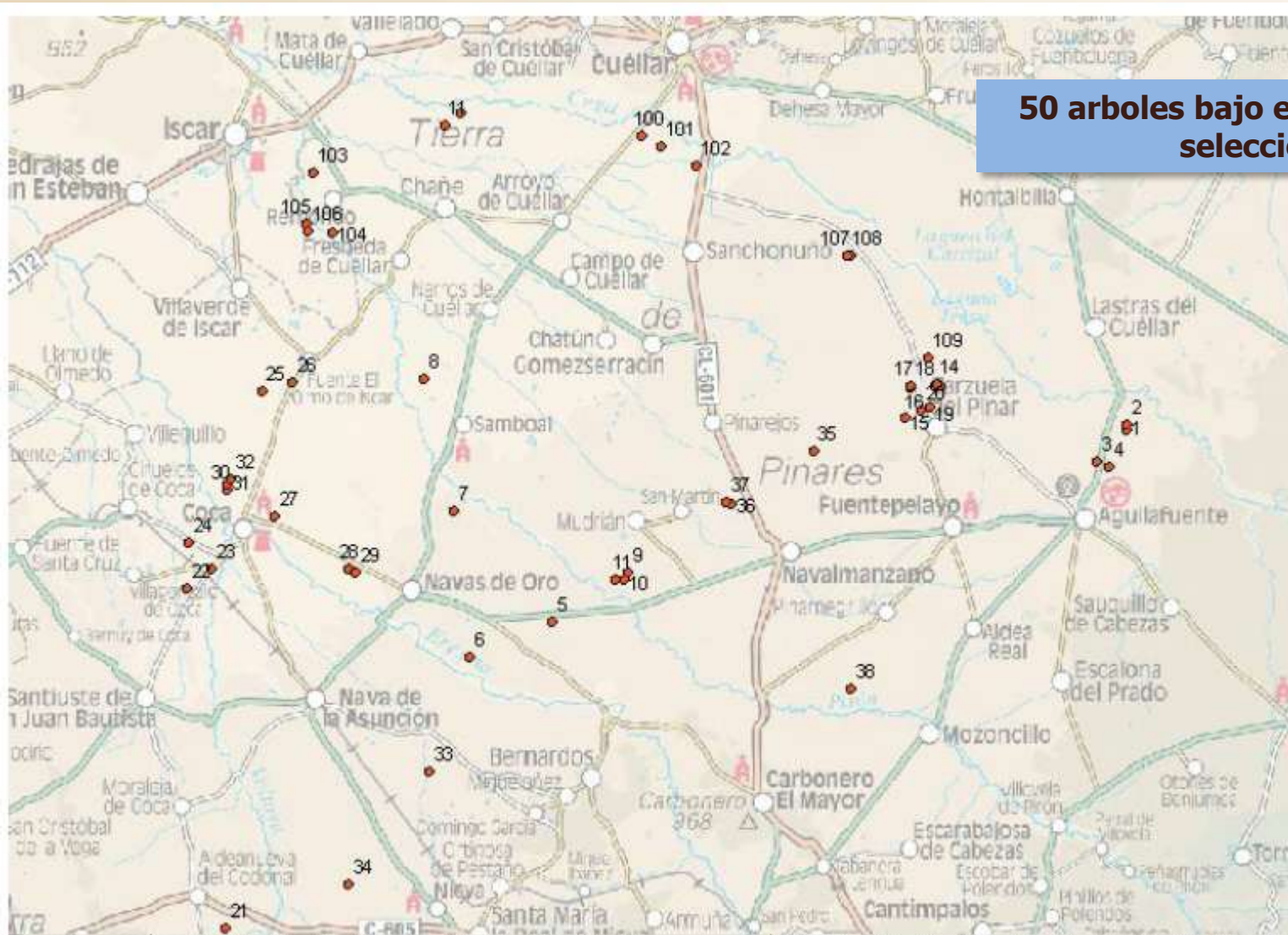
Producción media de los 51 arboles plus: 7.2 kg/año
Producción árboles control: 3.7 kg/año

Tabla 1-3. Número de árboles de las diferentes fases de selección de los árboles grandes productores de miera.

Categoría producción	Estimación producción (kg/árbol/año)	Número de árboles			
		Selección inicial	Segunda selección	Población de mejora	Población de evaluación
I	10 – 15	2165	65	33	5
II	15 – 20	600	56	28	14
III	20 – 25	142	104	55	12
IV	25 – 30	33	32	17	13
V	Más de 30	18	18	10	7
Suma		2995	275	143	51

Nueva selección Junta de CyL - CESEFOR

50 arboles bajo evaluación de 299 seleccionados



Conservación de los genotipos

- Instalación de bancos clonales para favorecer evaluación o realización de polinizaciones controladas

injerto



Ensayos genéticos: Ensayos de progenies



Podemos comparar la producción de todos los arboles bajo un ambiente común, separando la influencia del genotipo y del ambiente

Selección precoz



Control Genético: ¿Cantidad y/o calidad?

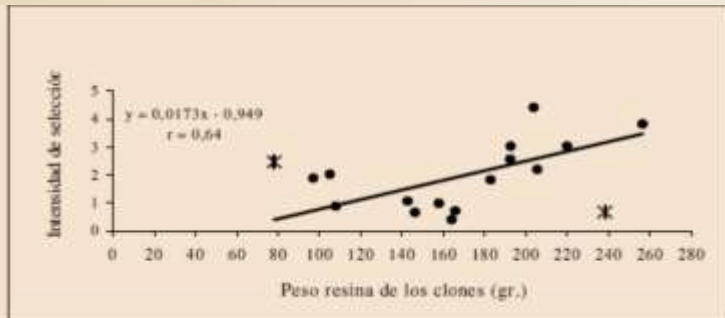


Figura 4-8. Relación entre la evaluación en el banco clonal (producción de miera de los clones ajustada al tamaño de los ramets) y en el campo (Intensidad de selección de los ortets). Nota: * Árboles rechazados en el cálculo de las correlaciones por tener datos anormales.

Heredabilidad: $H^2=0.5$

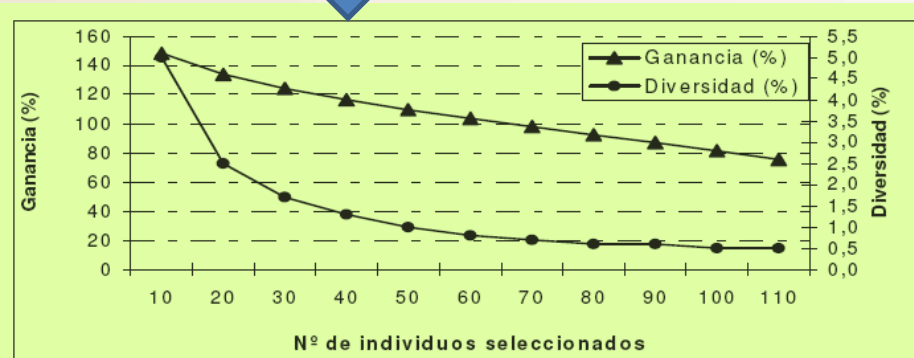


Table 2. Chemical composition of six major components (%) of the turpentines from high resin yielders and the control trees, of six major components.

Variables	High resin yielders				Control trees			
	Mean	Std. Dev	Min.	Max.	Mean	Std. Dev	Min.	Max.
α pinene	69.2	8.4	55.4	85.2	70.1	12.0	42.9	89.2
β pinene	18.0	7.6	7.3	32.7	18.8	10.9	1.8	40.9
Limonene	1.8	0.2	1.3	2.4	1.6	0.5	0	2.4
Camphene	0.6	0.1	0	0.8	0.6	0.1	0	0.8
β caryophyllene	4.2	3.2	0	12.7	3.2	2.2		
Longifolene	2.8	2.1	0	8.0	2.7	2.7		



Cruzamientos: Semillas obtenidas según distintos tipos de cruzamientos

Tipo de cruzamiento	Semilla		Piña		
	Nº semilla/piña	% de semilla llena/piña	Peso en verde (gm)	Ancho (mm)	Longitud (mm)
Controlado*	45,6 ± 7,6 a	68,5 ± 4,2 b	83,8 ± 7,6 a	44,9 ± 1,7 a	90,1 ± 4,4 a
Policruzamientos	42,4 ± 7,1 a	75,9 ± 3,8 b	77,5 ± 7,0 a	45,6 ± 1,1 a	87,1 ± 4,1 a
Autopolinización	47,1 ± 7,9 a	37,7 ± 4,0 a	67,1 ± 7,9 a	45,3 ± 1,2 a	81,5 ± 4,6 a
Abierto	73,0 ± 7,9 b	79,6 ± 4,3 b	87,9 ± 7,8 a	47,5 ± 1,3 a	93,8 ± 4,6 a
	52,0	65,4	79,1	45,8	98,1

Nota *. Cruzamientos controlados son los cruzamientos de ambos parentelas conocidos.



Noviembre de 2012: Plantación de 4000 semillas obtenidas de estos cruzamientos siguiendo un diseño estadístico: Futura evaluación de la producción de resina

Sampedro y Zas. 2012.



¿Hacia una estrategia clona?: CLONAPIN- Material clonal por microestaquillado



Plantas madre y planta preparada para plantación



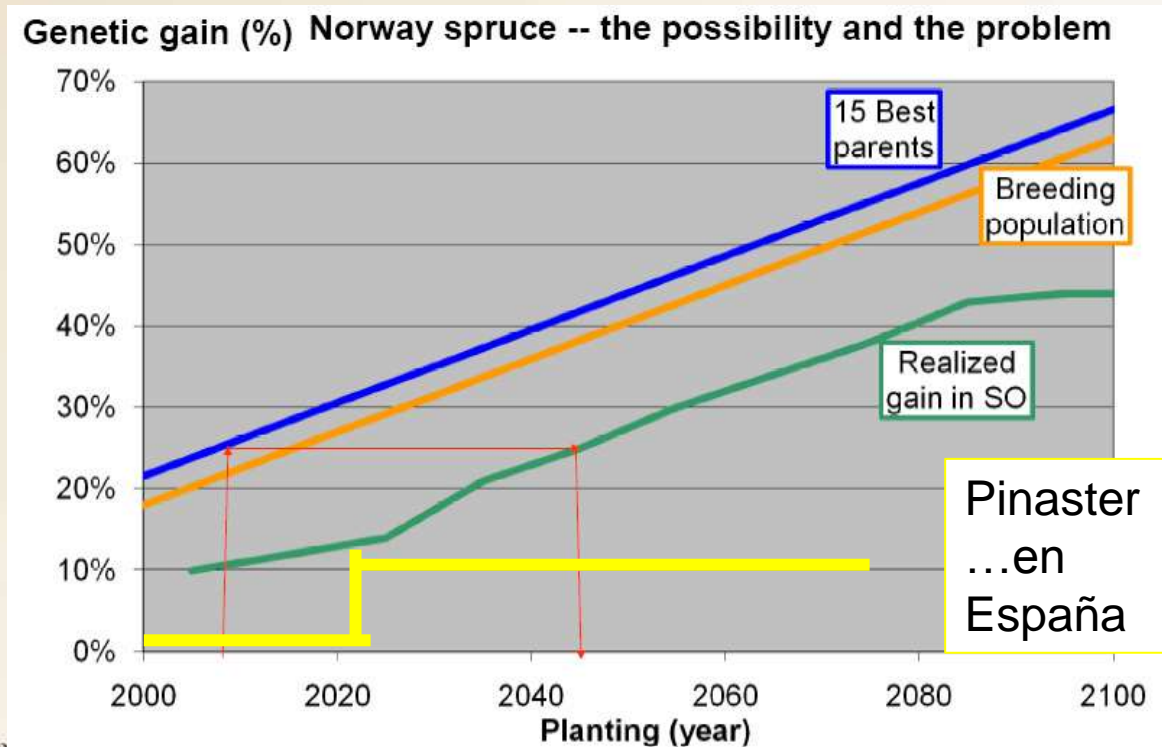
O por semilla de arboles plus o rodales selectos

- **40.000 plantas producidas de semilla recogida en arboles plus y plantadas en Segovia en 2012**



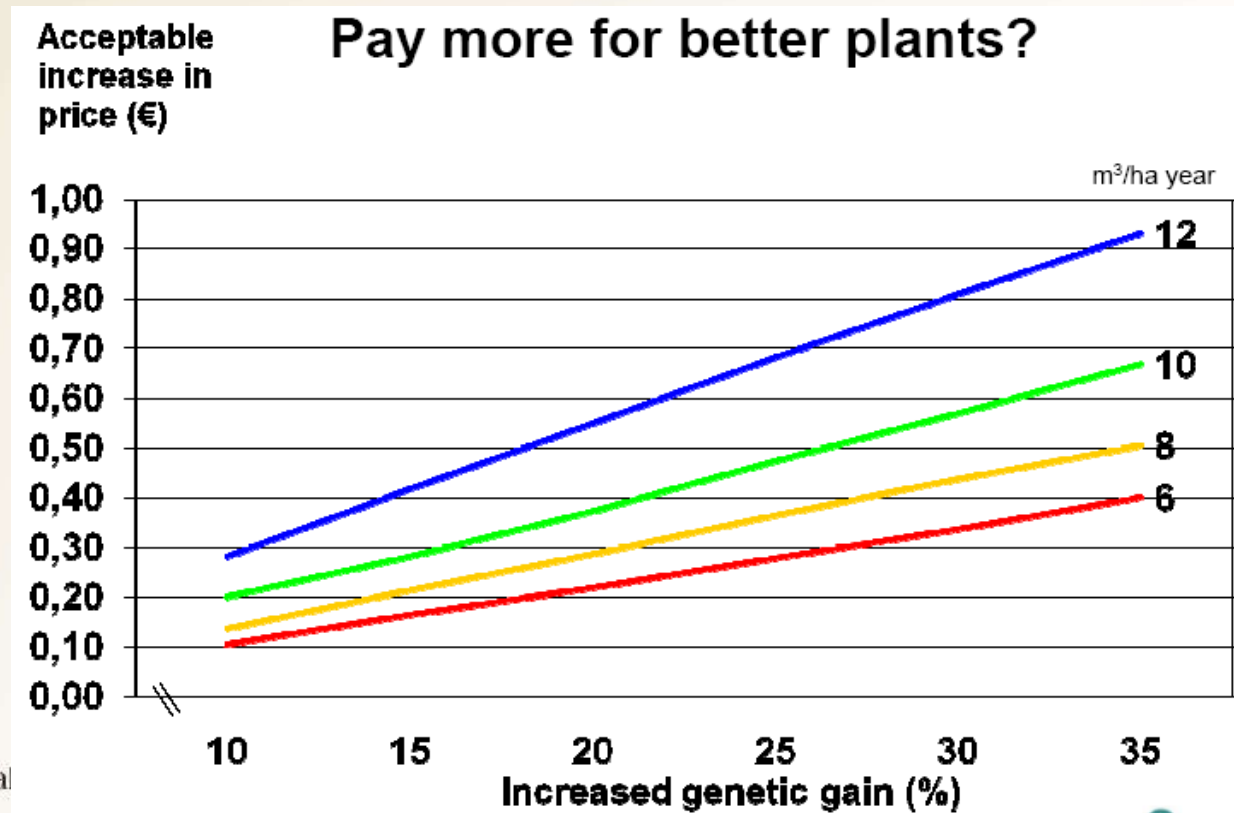
Principales cuestiones a resolver

- ¿Es necesaria la mejora genética?. Se puede incrementar la producción por árbol, pero a medio-largo plazo (por ej. Duplicar la producción)
- No es una decisión coyuntural es estratégica



Principales cuestiones a resolver

- ¿Dónde queremos utilizar el material? ¿Plantaciones, masas naturales?. Podemos seleccionar los mejores sitios de plantación.
- ¿Cuánta cantidad de planta necesitamos?
- ¿Qué estrategia seguimos para cubrir los costes?



Principales cuestiones a resolver

- No se dispone del marco (por ej. Cooperativa de mejora) para completar los trabajos.
- Podemos desarrollar estrategias a bajo coste (por ej. *Breeding without breeding*. Combinando marcadores genéticos y cruzamientos abiertos)
- Podemos aplicar nuevos métodos de evaluación precoz (métodos desarrollados por el CSIC: L. Sampedro y R. Zas).
- Podemos aplicar métodos de selección genómica (por ej. en *Pinus taeda* se podría incrementar 1.5 a 2.4 veces la producción en una generación. *Westbrook et al. 2013. New Phytol*)
- Disponemos de la infraestructura: arboles seleccionados, colecciones clonales, herramientas genómicas.

En este trabajo han colaborado:

Javier Tranque (JCyL)

Santiago C. Gonzalez (INIA)

Jose Climent (INIA)

Juan Majada (CETEMAS)

Felix Pinillos (CESEFOR)

**Gracias
Grâce
Obrigado
Thanks**

**Y los integrantes del proyecto sobre pino resinero
INIA-97/00 y los Técnicos y Agentes de la Junta de
Castilla y León, y Resineros.**

Financiación: RTA2010-00120-C02



COFINANCIA:



SOCIOS:



ASOCIADOS:

