



## 6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

---

6CFE01-217

---

Montes: Servicios y desarrollo rural  
10-14 junio 2013  
Vitoria-Gasteiz



---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013  
ISBN: 978-84-937964-9-5

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Red de ensayos comparativos de materiales de base de *Pinus pinaster* en el interior de Galicia. Evaluación a los 6 años de edad

OCAÑA BUENO, L.<sup>1</sup>, CHAN, J.L.<sup>2</sup>, ABOAL, J.<sup>2</sup>, LARIO, F.J.<sup>3</sup>, RODRÍGUEZ, L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tragsa Subdirección de I+D+i (Madrid).locana@tragsa.es

<sup>2</sup>Dirección Xeral de Montes. Consellería de Medio Rural. Xunta de Galicia.

jose.luis.chan.rodriguez@xunta.es; jacobbo.aboal.vinas@xunta.es

<sup>3</sup>Tragsa Vivero de Maceda (Ourense). TRAGSA-Viveros. Ctra. Maceda-Valdrey, Km. 2. 32700 Maceda. Ourense.  
flario@tragsa.es; lrodrig3@tragsa.es

### Resumen

En el marco del plan de genética forestal que viene desarrollando la Dirección Xeral de Montes de la Xunta de Galicia, se instalaron 8 parcelas distribuidas por el interior de Galicia con 24 lotes comerciales españoles, representativos de 6 regiones de procedencia, dos de las cuales incluyendo sendos huertos semilleros, y 1 francés. Seis años después de su implantación se evaluó el comportamiento de los citados lotes. Los objetivos que se persiguen son estudiar la supervivencia y el crecimiento de los Materiales Forestales de Base, o procedencias, ensayados en el rango de condiciones ecológicas de la especie en el interior de Galicia, hacer recomendaciones sobre la utilización de sus respectivos Materiales Forestales de Reproducción en esta parte de la Comunidad Autónoma y testar los materiales de *Pinus pinaster* del Noroeste litoral en el Noroeste interior. Aunque no se detectaron diferencias significativas en volumen entre procedencias sí se demostraron para la altura y el diámetro. Se demostró una correlación moderada negativa por procedencias entre ambos parámetros y se recomendaron finalmente 9 procedencias de las cuales 8 ya se pueden utilizar comercialmente, proponiéndose el registro en el Catálogo de Materiales Forestales de Base de la no comercializable.

### Palabras clave

Recomendación, Uso, Materiales Forestales de Reproducción, Material de Base, procedencias

### 1. Introducción

Las poblaciones de *Pinus pinaster* Ait. presentan una alta estructuración geográfica de la variación genética intra específica (BUCCI *et al*, 2007). La diferenciación entre procedencias de esta especie ha sido estudiada para muchos caracteres cuantitativos en ensayos tanto en la región Atlántica (CORREIA *et al*, 2004; DE LA MATA, 2012) como en la región Mediterránea (ALÍA *et al*, 2001).

La región interior de Galicia constituye una zona de transición desde climas costeros húmedos y muy húmedos a un clima más Mediterráneo y continental, de sequía estival acusada y amplia oscilación térmica. Recientemente se ha propuesto la utilización de la Región de Procedencia (RP) Serranía de Cuenca condicionada a una correcta selección de la fuente semillera debido a su alta variabilidad, así como la procedencia Albarracín en su conjunto por sus buenas formas (DE LA MATA, 2012). También se ha propuesto por el mismo autor la utilización de procedencias de programas de mejora de costa, en concreto del programa de mejora de Galicia-Costa y del programa de mejora de Australia-Occidental, que está basado en poblaciones costeras portuguesas. El trabajo que se presenta complementará las recomendaciones antes citadas proporcionando información sobre las procedencias dentro de las RP recomendadas por otros trabajos, confirmará la adecuación de las procedencias de

costa para su uso en el interior de Galicia y testará otras procedencias no ensayadas hasta el momento en dicha zona.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es hacer recomendaciones de utilización sobre 25 Materiales Forestales de Base (MFB) de *Pinus pinaster* Ait. para su utilización en plantaciones en la Región de Procedencia Noroeste Interior (1b) a través del análisis de las mediciones realizadas sobre sus correspondientes Materiales Forestales de Reproducción (MFR) a los 6 años de edad en 8 ensayos comparativos distribuidos en la región.

## 3. Metodología

En el primer semestre de 2005 se realizó el acopio de 25 lotes de MFR. La colección la conformaron 25 procedencias (P) de material procedente de 2 huertos semilleros de primera generación, 1 huerto semillero de segunda generación, 16 rodales selectos, 2 fuentes semilleras, registrados en el Catálogo Nacional de Materiales Forestales de Base o su equivalente en el país de origen con los correspondientes códigos de Unidades de Admisión de MFB, y 4 lotes de material no catalogado recogido *ex profeso* por presentar fenotipos productivos en la Región de Procedencia (RP) Noroeste Interior. El criterio de elección de procedencias era utilizar el mejor material comercial o rápidamente comercializable disponible en aquel momento.

En los casos en que no hubo semillas en comercialización se realizaron recogidas en campo. Para la recogida de las piñas se seleccionaron 30 árboles madre separados al menos 50 metros de distancia en toda la masa. La recogida se hizo con escalador, se extrajeron las semillas, se limpiaron y se conservaron hasta la producción de la planta.

El material utilizado finalmente integró 7 Regiones de Procedencia (RP) (GARCÍA *et al* 2001) y 7 Subtipos Fitoclimáticos (ALLUE, 1990) (Tabla 1).

Tabla 1 Procedencias ensayadas, con indicación de Región de Procedencia, código de Unidad de Admisión del Material Forestal de Base (UD MFB) correspondiente, ayuntamiento, provincia, Subtipo Fitoclimático (ALLUE, 1990) y el código utilizado en los análisis

REGIÓN DE PROCEDENCIA	UD MFB/categoría	AYUNTAMIENTO	PROVINCIA	SUBTIPO FITOCLIMÁTICO	código
LAS LANDAS -FRANCIA	PP-VG-06 Mimizan VF2	Las Landas	LAS LANDAS	-	Land23HSMi
MONTAÑA DE SORIA BURGOS	RS-26/9/2	San Leonardo I	SORIA	VI(IV)2	MSoB14RSSa1
MONTAÑA DE SORIA BURGOS	RS-26/9/3	San Leonardo II	SORIA	VI(IV)2	MSoB15RSSa2
MONTAÑA DE SORIA BURGOS	RS-26/9/4	Navaleno II	SORIA	VI(IV)2	MSoB16RSNa2
MONTAÑA DE SORIA BURGOS	HS26VA	La Granja	SEGOVIA	-	MSoB17HSLa
NOROESTE INTERIOR	RS-26/01B/1	San Esteban de Anlló	LUGO	IV4	NOInt01RSS
NOROESTE INTERIOR	RS-26/01B/2	Bolmente	LUGO	IV4	NOInt02RSB
NOROESTE INTERIOR	RS-26/01B/3	Guitiriz	LUGO	VI(V)	NOInt03RSG
NOROESTE INTERIOR	sin código	Punxin-Cenlle	OURENSE	VI(IV)3	NOInt19con
NOROESTE INTERIOR	sin código	Vilar de Barrio	OURENSE	VI	NOInt20con
NOROESTE INTERIOR	sin código	Monterrei	OURENSE	VI(IV)4	NOInt21con
NOROESTE INTERIOR	material identificado	no identificado	-	-	NOInt25FS-

REGIÓN DE PROCEDENCIA	UD MFB/categoría	AYUNTAMIENTO	PROVINCIA	SUBTIPO FITOCLIMÁTICO	código
NOROESTE LITORAL	sin código	Entrimo	OURENSE	VI(V)	NOLit18con

**Tabla 2(continuación)**

REGIÓN DE PROCEDENCIA	UD MFB/categoría	AYUNTAMIENTO	PROVINCIA	SUBTIPO FITOCLIMÁTICO	código
NOROESTE LITORAL	material identificado	desconocido	-	-	NOLit22FS-
NOROESTE LITORAL	HS26LO1	Sergude	A CORUÑA	-	NOLit24HSS
SERRANÍA DE CUENCA	RS-26/12/1	Talayuelas	CUENCA	VI(IV)1	SeCu04RSta
SERRANÍA DE CUENCA	RS-26/12/2	Boniches	CUENCA	VI(IV)1	SeCu05RSBo
SERRANÍA DE CUENCA	RS-26/12/3	Cañete	CUENCA	VI(IV)1	SeCu06RSCa
SERRANÍA DE CUENCA	RS-26/12/4	Sinarcas	VALENCIA	VI(IV)1	SeCu07RSSi
SIERRA DE GREDOS	RS-26/6/1	Piedralaves	ÁVILA	IV4	SeGr08RSPi
SIERRA DE GREDOS	RS-26/6/2	Casavieja	ÁVILA	VI(IV)2	SeGr09RSCa
SIERRA DE GREDOS	RS-26/6/3	Santa Cruz	ÁVILA	VI(IV)2	SeGr10RSSa
SIERRA DE GREDOS	RS-26/6/4	Mombeltrán	ÁVILA	VI(IV)2	SeGr11RSMo
SIERRA DE GUADARRAMA	RS-26/7/1	Las Navas del Marqués I	ÁVILA	VI(IV)2	SeGu12RSLa1
SIERRA DE GUADARRAMA	RS-26/7/2	Las Navas del Marqués II	ÁVILA	VI(IV)2	SeGu13RSLa2

El 1 de agosto de 2005 se inició la producción de la planta en el Vivero de Tragsa en Maceda (Ourense). Para el cultivo se utilizó el envase ForesPot-200 y sustrato Turba: Vermiculita 80:20. La fertilización fue la habitual del vivero 76 mg de N por periodo vegetativo. La planta se dispuso para su producción según un diseño de 15 repeticiones completamente aleatorizadas. En el momento del despacho y para cada sitio de ensayo se utilizó planta aleatoriamente escogida de las distintas repeticiones del cultivo. Las plantaciones se hicieron progresivamente a lo largo de 2 años y medio.

En la elección de los sitios de ensayo se quiso representar los distintos Subtipos Fitoclimáticos presentes en la RP 1b (Tabla 3 y Tabla 4), que gravitan fundamentalmente en el carácter Nemoral y oscilan entre la tendencia a la Mediterraneización o a los Climas Húmedos y Muy Húmedos.

*Tabla 3. Condiciones ecológicas de los 8 sitios de ensayo de Pinus pinaster en el interior de Galicia.*

SITIO	X <sup>a</sup>	Y <sup>a</sup>	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Tipo de suelo <sup>b</sup>	Precipitación Media (mm) <sup>c</sup>					
						Invernal	Primav.	Estival	Otoñal	Anual	Mensual estival mínima
Avión	559.518	4.695.059	625	16	Rankers	655	366	123	441	1585	26
Castro	624.266	4.779.311	420	2	Cambisol húm.	376	271	126	301	1074	33
Fonsagrada	658.523	4.776.562	750	13	Rankers	426	313	148	313	1200	36
Laza	626.980	4.662.310	925	22	Rankers	525	362	131	390	1408	31
Parderrubias	587.764	4.677.334	455	4	Cambisol húm.	380	255	88	292	1015	18
Saviñao	614.880	4.719.602	575	3	Rankers	434	274	110	309	1127	24

Vivero	613.612	4.681.775	540	5	Rankers	502	324	124	361	1311	30
Xermeade	587.022	4.643.365	940	4	Rankers	414	260	111	289	1074	27

a coordenadas UTM en m, Datum European 1950 (Spain and Portugal) 29 T

b FAO, 1989.

c Visor ARC-GIS-SERVER INIA-MAGRAMA

Tabla 4. Condiciones ecológicas de los 8 sitios de ensayo de *Pinus pinaster* en el interior de Galicia. (continuación)

SITIO	Subregión fitoclimática	A <sup>cd</sup> (meses)	K <sup>ce</sup>	Temperatura Media <sup>c</sup> (°C)					Oscilación térmica diaria media <sup>c</sup> (°C)	Helada segura <sup>cf</sup> (meses)
				Anual	Mensual más alta	De las máximas del mes más cálido	Mensual más baja	De las mínimas del mes más frío		
Avión	VI(V)	1,33	0,007	12	18,7	25,5	6,3	2,5	12,3	0
Castro	VI(V)	0,55	0,001	11,8	18,5	25,2	6	1,6	12,4	0
Fonsagrada	VI	0,17	0,000	11,2	18,6	25,4	5,2	0,8	13,4	0
Laza	VI	1,29	0,007	11,1	19,6	26,7	4,2	-0,3	15,4	1,7
Parderrubias	VI (IV)3	2,07	0,038	12,9	19,8	27,7	6,9	2,5	12,9	0
Saviñao	VI (IV)2	1,52	0,016	11,4	19,1	27,2	5,1	1,1	14	0
Vivero	VI(V)	1,33	0,007	12,4	20	27,5	6,1	1,2	14	0
Xermeade	VI	1,51	0,012	10,7	17,8	26,6	5	0	12,8	0

d Lapso de tiempo, medido en meses, en que la curva de las medias mensuales se sitúa por encima de la curva

de precipitaciones mensuales en una representación ombrométrica. Indica periodo de sequía

e Cociente de dividir el área del gráfico de Gausson en que el doble de la temperatura supera a la precipitación

entre la suma de las áreas en que el doble de la temperatura es menor que la precipitación. Indica intensidad de sequía

f Cantidad de meses donde la media de las mínimas < 0°C

Para cada sitio de ensayo se predefinió la distribución de la planta por procedencias con la ayuda del programa CYCDESIGN 1.2© según un diseño resoluble de filas-columnas de 5x5 unidades experimentales por bloque. Cada ensayo tuvo 3 bloques y cada unidad experimental 16 plantas situadas en una malla de 4 x 4 plantas.

Se eligió el volumen como variable más representativa de la producción de madera. Aunque algunos autores han utilizado un índice de volumen para evaluar la producción de madera en plantas de 4 años de *Pinus radiata* tras plantación  $V=H \times D^2$  (CODESIDO *et al* 2012) y *Pinus pinaster* de 8 años  $V=H \times DBH^2$  (DBH es diámetro a la altura del pecho en inglés Diameter at Breast Height) (ZAS *et al* 2004), la variable volumen del tallo se aproximó como el contenido en un cono de altura del tallo y base el círculo de diámetro igual al diámetro del cuello de la planta:  $V=0,5 \times H \times 3,1416 \times (D/2)^2$  por ser una estimación del volumen real del tallo en vez de un índice. Sin embargo, también se utilizaron las variables altura a los 6 años (H) y diámetro en el cuello de la planta a los 6 años (D) para estudiar las estrategias de distribución de recursos y completar la evaluación de la producción. También se evaluó la supervivencia tras el primer verano postplantación y la presente a los 6 años.

Para controlar la probable presencia de autocorrelación espacial en la variable dependiente dentro de cada ensayo individual debido a la variabilidad ambiental a microescala (DE LA MATA, 2012a) se utilizó el diseño de filas-columnas dentro de bloques que equilibraba las comparaciones directas entre entradas genéticas en las filas y en las columnas de cada repetición o bloque. Aunque el diseño de bloques incompletos no mejoró la

eficiencia de la técnica espacial ISA (*Iterative Spatial Analysis*) (ZAS, 2006) para controlar la autocorrelación espacial en ensayos de progenies de *Pinus pinaster* el diseño de bloques incompletos se mostró como alternativa en situaciones en que las fincas de ensayo muestran una variación en gradiente o el tamaño de las manchas de dependencia espacial es grande (más de 75 m de rango de la variable independiente) (DE LA MATA *et al*, 2008). Dado que en las parcelas de ensayo de este trabajo los bloques incompletos, filas y columnas cruzadas entre sí, tienen 120x12 m parece probable que dicha estructura de diseño absorba la influencia de la autocorrelación espacial al incorporarla al análisis de los datos.

Para valorar la importancia de la interacción con los datos brutos de todas las procedencias se ajustó un modelo lineal mixto:

$$Y_{ijklm} = \mu + P_i + S_j + B(S)_{kj} + F(BS)_{lkj} + C(BS)_{mkj} + P \times S_{ij} + E_{ijklm} \quad [1]$$

donde  $Y_{ijklm}$  es el valor medio de la variable dependiente por árbol en la unidad experimental,  $\mu$  es la media global,  $P_i$  es el efecto aleatorio de la procedencia  $i$ ,  $S_j$  es el efecto fijo del sitio  $j$ ,  $B(S)_{kj}$  es el efecto aleatorio del bloque  $k$  dentro del sitio  $j$ ,  $F(BS)_{lkj}$  es el efecto aleatorio de la fila  $l$  dentro del bloque  $k$  en el sitio  $j$ ,  $C(BS)_{mkj}$  es el efecto aleatorio de la columna  $m$  dentro del bloque  $k$  en el sitio  $j$ ,  $P \times S_{ij}$  es la interacción aleatoria entre la procedencia  $i$  y el sitio  $j$  y  $E_{ijklm}$  es el término aleatorio del error medio para la unidad experimental del bloque  $k$  correspondiente a la fila  $l$  y la columna  $m$  de la procedencia  $i$  en el sitio  $j$  (adaptado de YANG, 2002).

El modelo se ajustó y se calcularon los componentes de la varianza utilizando el procedimiento GLM del paquete informático Statgraphics® Centurion XVI, comprobando las hipótesis de normalidad y homocedasticidad de los residuos y realizando la suma de Cuadrados Tipo III. Se calculó el ratio de la varianza de la interacción  $\sigma^2_{P \times S}$  y la varianza genética  $\sigma^2_P$  para valorar la intensidad de la interacción. Como la interacción no fue importante se calculó el test de medias Mínima Diferencia Significativa entre procedencias y se recomendaron las procedencias más productivas. De haber detectado interacción importante habría que haber decidido entre recomendar las procedencias más estables o recomendar las mejores procedencias para cada sitio o grupo de sitios siguiendo esquemas de decisión como el presentado por de la Mata (DE LA MATA, 2012).

#### 4. Resultados

La supervivencia tras el primer verano postplantación fue muy alta. El ensayo con menor supervivencia fue del 98,3 por ciento. La supervivencia acumulada a los 6 años no presentó diferencias entre procedencias aunque si las hubo entre ensayos. Los S de ensayo con menor supervivencia fueron Xermeade, Vivero y Avión con 86,1, 93,9 y 94,4 por ciento.

No se detectaron diferencias estadísticas significativas en la producción de VOL entre procedencias, como tampoco se detectaron para la interacción. Todos los factores relacionados con la localización de la plantación a macro y micro escala fueron significativamente influyentes en la diferenciación de la producción. Por tanto, se procedió al estudio por separado de los parámetros H y D, que configuran el parámetro VOL. En cuanto a H se detectó que la procedencia produjo efectos significativamente diferenciadores en el desarrollo en altura, así como en los factores de macro y micro sitio. No hubo diferenciación

significativa debida a la interacción PxS, de hecho la variación de la interacción  $\sigma^2_{PxS}$  supuso el 25,9 por cien de la variación de la procedencia  $\sigma^2_P$ . Por su parte, en el desarrollo de D se detectó que P produjo efectos significativamente diferenciadores, así como en los factores de macro y micro sitio. No hubo diferenciación significativa debida a la interacción PxS, de hecho la variación de la interacción  $\sigma^2_{PxS}$  supuso el 18,8 por cien de la variación de la procedencia  $\sigma^2_P$  (Tabla 5).

Atendiendo a la producción en volumen a los 6 años no se puede priorizar la utilización de unas procedencias frente a otras. Sin embargo, en altura y en diámetro sí.

Por otro lado, la ausencia de interacción en los parámetros de producción sugiere que la recomendación puede hacerse para todo el interior de Galicia lo que facilita tanto la recomendación como la gestión del material. El efecto significativo del sitio y su importancia indicado por el valor del F-ratio máximo sugiere que éste tiene un efecto muy superior a la procedencia y habría que tenerlo en cuenta para el planeamiento de los objetivos de la repoblación correspondiente.

Tabla 5 Resultados del modelo mixto para el análisis de diferentes variables evaluadas a los 6 años en 8 ensayos de procedencias de *Pinus pinaster* en el interior de Galicia. Se presentan los F-ratios y los niveles de significación<sup>2</sup>

Fuente	Volumen <sup>1</sup>		Altura		Diámetro	
PROCEDENCIA P	0,53		3,43	***	1,66	*
SITIO S	14,54	***	13,52	***	13,58	***
Bloque en S B(S)	5,14	***	3,39	***	4,18	***
Fila en B y S F(BS)	1,56	**	2,80	***	2,17	***
Columna en B y S C(BS)	1,60	*	2,49	***	1,74	**
Interacción P*S	0,99		1,09		0,98	

<sup>1</sup>Variable transformada raíz cuadrada de volumen

<sup>2</sup> Niveles de significación:\*\*\*=P<0.001, \*\*=P<0.01, \*=P<0.05

Como ya se dijo, los sitios se encuentran en distintos Subtipos Fitoclimáticos según se muestran en GARCÍA *et al*, 2001, y se definen por ALLUE, 1990. El Subtipo Fitoclimático Nemoromediterráneo VI(IV) presentó sus dos sitios con buenas producciones, el Nemoral genuino fresco tibio VI(V) se diferenció claramente del anterior por sus bajas producciones, lo que supuso una aparente contradicción. El subtipo Nemoral genuino fresco VI presentó una gran variación consiguiendo altas producciones en un sitio y bajas producciones en los otros dos (Figura 1).

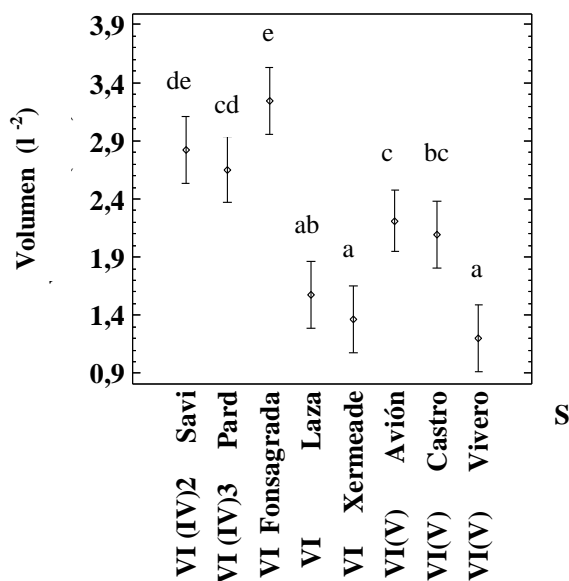


Figura 2. Comportamiento promedio del conjunto de procedencias de *Pinus pinaster* para volumen (transformado) en 8 ensayos de procedencias en el interior de Galicia con indicación del subtipo fitoclimático (GARCÍA et al, 2001). Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) (LSD-test para las diferencias entre las medias minimocuadráticas)

Las P que más crecen en altura lo hacen menos en diámetro. El coeficiente de correlación de Pearson entre H y D para las procedencias es de -0,31 ( $p < 0,07$ ).

Aunque no se diferencian muchos grupos en ninguna de las clasificaciones sí se observa que las P que más crecen en altura tienen su origen en climas húmedos o muy húmedos sin temperaturas muy frías, según el indicativo de tendencia V del Subtipo Fitoclimático. Estas se encuentran en las RP Noroeste Interior y Noroeste Litoral, y la procedencia Landas correspondiente a la segunda generación de mejora del programa francés. Por su parte las P que más crecen en diámetro tienen su origen en climas tendentes a la mediterraneización o mediterráneos, según el indicativo IV del Subtipo Fitoclimático de origen. Estas pertenecen a las RP Serranía de Cuenca y Sierra de Gredos.

Las P de una misma RP se clasificaron en posiciones intercaladas con las de otras RP tanto en altura como en diámetro. Se corrobora, por tanto, la conveniencia de seleccionar los MFR para repoblación a nivel de Unidad de Admisión del Catálogo Nacional de Materiales Forestales de Base o procedencia si se quiere hacer de forma completamente justificada (Figura 3).



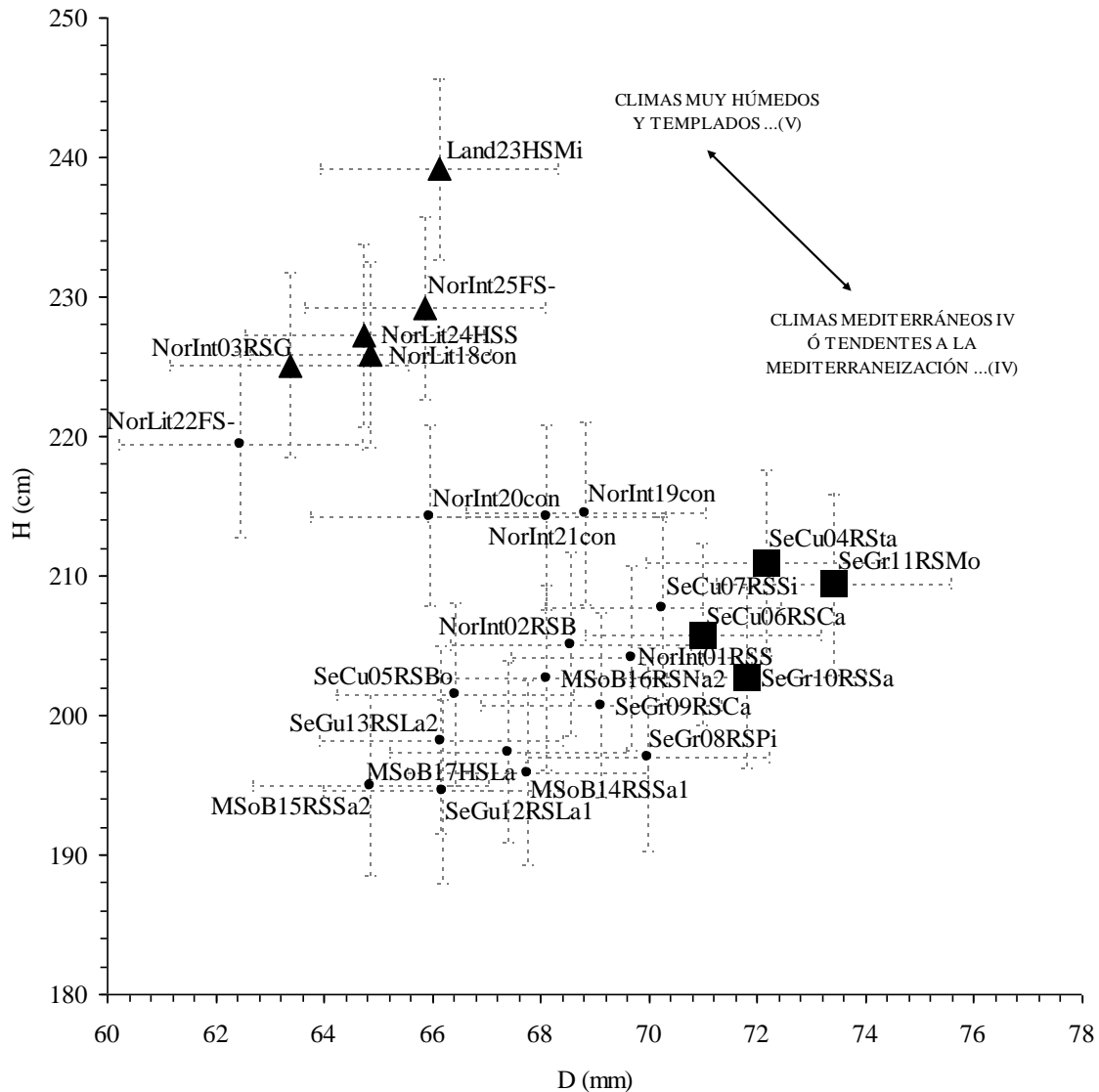


Figura 4 Gráfico de dispersión del comportamiento de las procedencias en altura (H) y diámetro (D) con indicación de los grupos resultantes en función de los LSD-test realizados independientemente para ambos parámetros. Indicación de la Región de Procedencia, tipo de Fuente Semillera en Tabla 2 según códigos. Triángulos: procedencias de mayor desarrollo en altura que se diferencian significativamente de las procedencias de mayor diámetro; Cuadrados: procedencias de mayor desarrollo en diámetro que se diferencian significativamente de las procedencias de mayor altura.

Eligiendo para repoblar lotes comerciales de las P seleccionadas se podrían obtener ganancias en altura de entre el 7,5 y 14,2 por ciento y en diámetro de entre el 4,8 y 8,4 por ciento respecto del comportamiento medio del material ensayado (Tabla 6).

Tabla 6 Porcentajes de mejora en altura (H) o diámetro (D) por procedencias recomendadas respecto de la utilización del comportamiento medio de todos los lotes ensayados de *Pinus pinaster* en 8 ensayos de campo en el interior de Galicia.

	H Media MC	H Sigma	Mejora (%)		D Media MC	D Sigma	Mejora (%)
Total	209,50	1,13	-	Total	67,73	0,40	-
Land23HSMi	239,14	6,54	14,2	SeGr11RSMo	73,41	2,17	8,4
NorInt25FS-	229,19	6,60	9,4	SeCu04RSta	72,18	2,24	6,6
NorLit24HSS	227,22	6,55	8,5	SeGr10RSSa	71,82	2,19	6,0
NorLit18con	225,87	6,63	7,8	SeCu06RSCa	71,00	2,17	4,8
NorInt03RSG	225,11	6,57	7,5				

## 5. Discusión

Los sitios correspondientes a el Subtipo Fitoclimático Nemoromediterráneo VI(IV) produjeron más que los correspondientes al subtipo Nemoral genuino fresco tibio VI(V). Esta aparente contradicción podría estar explicada por otras condiciones ecológicas no suficientemente descritas en este trabajo como las edáficas y la exposición. Se conoce cualitativamente que la finca del S Vivero se encuentra en una zona de arcillas y que la finca del S Castro presenta en su suelo signos de encharcamiento temporal, lo que pudiera estar provocando sequía funcional y asfixia radical, respectivamente. Por su parte, el subtipo Nemoral genuino fresco VI presentó una gran variación en sus producciones, también probablemente debidas a condiciones edafoclimáticas no caracterizadas en este trabajo. Para futuras previsiones de la productividad de la especie las procedencias se podrían reunir en los 3 susodichos grupos no sin antes incorporar las condiciones edafológicas a dicha regionalización.

Aunque los desarrollos en VOL no mostraron diferencias significativas, obviamente, los parámetros H y D contribuyen al VOL, y la clasificación de las P por el parámetro VOL tiende a situar a las P seleccionadas por H y D a la cabeza de la misma (datos no mostrados). Aunque ALIA *et al*, 2001, no encontró diferencias significativas para la variable calculada descriptiva de volumen en una red de ensayos localizada en el área central de España de procedencias de *Pinus pinaster* de 32 años, es posible que las P de la red de ensayos utilizada en nuestro trabajo muestren diferencias significativas en VOL en planta de más edad puesto que las condiciones ecológicas son a priori más productivas en las condiciones gallegas y las diferencias entre procedencias pudieran ser suficientemente grandes para demostrarlas significativas. Una evaluación de las parcelas de ensayo a los 10 ó 12 años probablemente muestre la clasificación definitiva que representaría la producción al final del turno.

Una parte de la variabilidad genotípica en *Pinus pinaster* es el resultado de adaptaciones locales a las condiciones ambientales mediante selección natural a la vista de la mala adaptación de las procedencias Atlánticas en los ensayos instalados en el área central de España y medidos a los 32 años (ALÍA *et al*, 2001) y de los mejores resultados encontrados con procedencias de condiciones similares a las de plantación en un ensayo de procedencias medido a los 8 años en Escaroupim, Portugal (CORREIA *et al*, 2004). Sin embargo, los resultados de 3 ensayos evaluados a la edad de 3 y 7 años en la región interior de Galicia muestran que las procedencias de orígenes con influencia Atlántica (Sierra de Gredos y Bajo Tiétar) fueron las que crecieron más rápido, el primero con buenas formas y el segundo con peores formas, pero también la procedencia Serranía de Cuenca tuvo un buen crecimiento en

altura y formas aceptables (DE LA MATA, 2012). Además, los materiales de los programas de mejora de Galicia-Costa y Australia-Occidental basados en procedencias Atlánticas se comportaron ligeramente mejor que las procedencias Mediterráneas cuando se evaluaron en el interior de Galicia (DE LA MATA, 2012).

Nuestro trabajo corrobora que los materiales ensayados procedentes de costa se desarrollan bien en zonas del interior de Galicia, como también lo hacen algunos materiales de procedencia local, de la Serranía de Cuenca y de la Sierra de Gredos. En concreto las procedencias costeras que más se desarrollan, y lo hacen en altura, son la del programa de mejora Landas (Francia) correspondientes a la segunda generación de mejora, la del programa de mejora Galicia-Costa de su primera generación de mejora, la del Rodal Selecto de Guitiriz (Lugo), y una procedencia no catalogada recogida en el término municipal de Entrimo (Ourense). Hay que aclarar que otras 2 procedencias de buen comportamiento fueron 2 Fuentes Semilleras comerciales de la RP 1a y 1b cuya trazabilidad se perdió no pudiendo determinar dentro de la RP el sitio de recogida.

Al ser el interior de Galicia una zona de transición climática entre condiciones Mediterráneas y Atlánticas (DE LA MATA, 2012) es lógico que las procedencias locales, las incluidas en la RP Noroeste Interior, presenten comportamientos de procedencias costeras con crecimiento priorizado en altura, como el mencionado Rodal Selecto de Guitiriz, comportamientos similares a las procedencias de montaña del área central de España sin priorización del crecimiento en altura, como los Rodales Selectos de Bolmente y Sober (Lugo), y comportamientos intermedios como las 3 procedencias no catalogadas recogidas en Punxin-Cenlle, Vilar de Barrio y Monterrei (Ourense).

Por último, también corroboramos que los Rodales Selectos de Mombeltrán y Santa Cruz de la RP Sierra de Gredos y los Rodales Selectos de Talayuelas y Cañete de la RP Serranía de Cuenca tienen desarrollos en diámetro sobresalientes respecto del conjunto de materiales ensayados confirmando así las recomendaciones de utilizar la RP Serranía de Cuenca (ALÍA *et al*, 2012; DE LA MATA, 2012) eligiendo adecuadamente el MFB debido a su alta variabilidad (DE LA MATA, 2012). Las 4 procedencias ensayadas de la RP Sierra de Gredos muestran una variabilidad inferior a las de RP Serranía de Cuenca suficiente como para generalizar la recomendación de todo el material procedente de la RP Sierra de Gredos.

Por otro lado, en una parcela de ensayo con el mismo material genético de la red de ensayos presentada en este trabajo de 6 años de edad, con 12 individuos por procedencias, ensayadas adyacente a S Vivero y en macetas de 150 litros, se midieron diámetros y espesor de corteza y se compararon los ranking obtenidos para diámetro con y sin corteza, resultando un coeficiente de Pearson de 0,79 ( $n=25$ ;  $p<0,0001$ ), y un coeficiente de Spearman de 0,76 ( $n=25$ ;  $p<0,0003$ ). El promedio del diámetro sin corteza de las 4 y 8 procedencias de mayor diámetro con corteza fue 20,5 y 18,7 % inferior al promedio del diámetro de las 4 procedencias de mayor diámetro sin corteza, respectivamente, pero 26,4 y 23,7 % superior al promedio del diámetro sin corteza del conjunto de las procedencias ensayadas (datos no mostrados). Por tanto, aunque la evaluación del diámetro sin corteza hubiera sido deseable se puede esperar que la recomendación de las 4 procedencias mejores en base al diámetro antes reseñadas suponga una mejora en la producción de madera en diámetro.

Finalmente, priorizar la utilización de procedencias que se desarrollen más en altura o en diámetro tendrá que decidirse en función de parámetros no estudiados en este trabajo como

el Módulo de Elasticidad de la madera asociada a desarrollos esbeltos de los árboles (SANTACLARA, 2011), o la obtención de piezas de madera más anchas de trozas basales de fuste asociada a desarrollos mayores en diámetro, cuestiones que se están abordando en la actualidad.

## 6. Conclusiones

Se recomienda atender a las procedencias o Unidades de Admisión del Catálogo Nacional de Materiales Forestales de Base más allá de conocer las Regiones de Procedencia, para justificar su elección en nuevas repoblaciones.

Para priorizar el crecimiento en altura en plantaciones en el interior de Galicia se recomienda utilizar las procedencias: Huerto Semillero de 2ª Generación Landas, Huerto Semillero de 1ª Generación Sergude y Rodal Selecto de Guitiriz (Lugo). Se propone registrar en el Catálogo Nacional de Materiales Forestales de Base el rodal de Entrimo (Ourense) ensayado para su posterior utilización.

Para priorizar el crecimiento en diámetro en plantaciones en el interior de Galicia se recomienda utilizar las procedencias: Rodales Selectos de Mombeltrán y Santa Cruz de la RP Sierra de Gredos, y Rodales Selectos de Talayuelas y Cañete de la RP Serranía de Cuenca.

## 7. Agradecimientos

La instalación, mantenimiento y medición de la red de parcelas de ensayo se promovió y financió por la Consellería de Medio Rural de la Xunta de Galicia, y llegaron a buen término por el buen trabajo del equipo de Asistencias Técnicas de Tragsa en Maceda. El análisis de los datos, la documentación bibliográfica y la redacción fue co-financiada por el proyecto SUSTAINPINE-PLE2009-0016 del Programa Nacional de Internacionalización de la I+D PLANT-KBBE del Ministerio de Ciencia e Innovación y FORRISK-SOE3/P2/F523 del Programa Interreg IVB SUDOE. Rafael Zas colaboró en la detección de errores y mejora de los análisis y el esfuerzo divulgativo de Raúl de la Mata en la redacción y defensa de su Tesis facilitaron la transferencia de las metodologías estadísticas.

## 8. Bibliografía

ALÍA, R.; MORO, J.; DENIS, J.-B.; 2001: Ensayos de procedencias de *Pinus pinaster* Ait. en el centro de España: resultados a la edad de 32 años. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 10 (2)

ALLUE, J.L.; 1990: Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 221 pp. Madrid.

BUCCI, G.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S.C.; LE PROVOST, G.; PLOMION, C.; RIBEIRO, M.M.; SEBASTIANI, F.; ALÍA, R.; VENDRAMIN, G.G. 2007 Range-wide phylogeography and gene zones in *Pinus pinaster* Ait. revealed by chloroplast microsatellite markers *Molecular Ecology* 16, 2137–2153

CODESIDO, V.; ZAS, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J; 2012. Juvenile-mature genetic correlations in *Pinus radiata* D. Don under different nutrient x water regimes in Spain. *Eur. J. Forest Res.* 131:297-305

- CORREIA, I.; ALMEIDA, H.; AGUIAR, A.; 2004 Variabilidade do Crescimento e da Forma de Proveniências de *Pinus pinaster* Aiton aos 8 Anos, na Mata Nacional do Escaroup. *Silva Lus.* [online]., vol.12, n.2, pp. 151-182. ISSN 0870-6352.
- DE LA MATA-POMBO, R.; ZAS-ARREGUI, R.; MERLO-SÁNCHEZ, E.; 2008. Control de la autocorrelación espacial mediante diseños experimentales y métodos de análisis espacial en ensayos de progenies de *Pinus pinaster*. *Cuad. Soc. Esp. Cieenc. For.* 24:33-38
- DE LA MATA-POMBO, R.; 2012. Alternativas de mejora de *Pinus pinaster* Ait. en la zona interior de Galicia. Tesis doctoral Universidad de Vigo 298 pp. Vigo.
- GARCÍA, J.M.; DE-MIGUEL, J.; ALÍA, R.; IGLESIAS, S.; 2001 Regiones de Identificación y Utilización de Material forestal de reproducción. Ministerio de Medio Ambiente. Serie Cartográfica. pp 293 Madrid. España.
- SANTA CLARA, O.; ÁLVAREZ, J.G.; MERLO, E.; 2011. Modeling structural lumber quality for *Pinus pinaster* Ait. in northwestern Spain using standing tree acoustic assesment, tree characteristics and stand variables. *Proceedings of the 17th International Non destructive Testing and Evaluation of Wood Symposium.* University of West Hungary, Sopron, Hungary.
- YANG, R.C.; 2002. Likelihood-based analysis of Genotype-Environment Interactions. *Crop Sci.* 42:1434–1440
- ZAS, R.; MERLO, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2004. Juvenile-mature genetic correlations in *Pinus pinaster* Ait. under different nutrient 9water regimes. *Silvae Genet* 53(3):124–129
- ZAS, R.; 2006. Iterative kriging for removing spatial autocorrelation in analysis of forest genetic trials. *Tree Genetics & Genomics* 2 (4):177-185