

## Ausencia de diferenciación ecotípica entre rodales selectos de pino piñonero en la cuenca del Duero

J. Gordo Alonso<sup>1</sup>, S. Mutke Regneri<sup>2</sup> y L. Gil Sánchez<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> *ST Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Duque de la Victoria, 5. 47071 Valladolid. España*

<sup>2</sup> *Departamento SRF. CIFOR-INIA. Ctra. A Coruña, km 7,5. 28040 Madrid. España*

<sup>3</sup> *ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. España*

---

### Resumen

La presencia de masas relicticas de pino piñonero sobre cuestras margosas de elevado pH, dentro de la región de procedencia *Meseta Norte* ha dado lugar a un manejo separado de su material forestal de reproducción por una posible adaptación diferenciada que le conferiría un especial interés para la restauración forestal de estaciones análogas, definiéndose para tal fin unos rodales selectos en las mejores masas sobre cuesta. En 1998, se instaló en esta región un ensayo comparativo de materiales forestales de reproducción de esta región de procedencia de *Pinus pinea* en varios sitios de ensayo. Tras ocho años, se estudia el comportamiento de los distintos lotes de planta obtenidos de semilla de siete rodales selectos y se compara con dos fuentes de semilla testigo, analizando el arraigo y la supervivencia inicial, el cambio de fase juvenil-adulto y el crecimiento en altura y en diámetro. Contrasta la gran plasticidad fenotípica observada entre sitios de ensayo frente a la diferenciación casi nula entre rodales de origen, al menos en esta fase inicial de establecimiento de la masa. Estos resultados no apoyan el manejo por separado de los materiales de reproducción de una misma categoría, justificándose la mezcla y el manejo común de los lotes de semilla cosechados en los diferentes rodales selectos de la misma región de procedencia.

**Palabras clave:** *Pinus pinea* L., material forestal de reproducción, ensayo comparativo, plasticidad fenotípica.

### Abstract

#### Absence of ecotypic differentiation in Mediterranean stone pine in a Spanish inland region

The relicts of stone pine forests on marly or even gypsiferous slopes with high pH values induced the hypothesis of a possible genetic adaptation to this site types, marginal for a species normally growing on siliceous sandy plains. Actually, the forest reproductive materials from selected seed stands on those slopes are used preferably for forestations on analogous sites. In 1998, a multi-site comparative test was established with plant lots obtained from seven selected seed stands and two non-selected seed sources. At least up to the age of eight years, the saplings did not show any significant differentiation among basic materials in outplanting success, survival, vegetative phase change, height or diameter growth, whereas a common, strong phenotypic plasticity among test sites was observed. Hence there seems to be no reason for managing separately seed lots and plants of the same provenance and certify category (e.g. selected reproductive material) instead of mixing them.

**Key words:** *Pinus pinea* L., forest reproductive material, comparative test, phenotypic plasticity.

---

### Introducción

En la selección de materiales de base para obtener semillas o plantas con unos requisitos mínimos de calidad genética y de adaptación para su uso en la regeneración artificial o repoblación forestal, la actuación

del gestor forestal está condicionada por el marco legislativo de la Unión Europea, España y las Comunidades Autónomas así como por el avance del conocimiento científico y técnico en las últimas décadas. En España, el actual marco legal se define en el Real Decreto 289/2003 (B.O.E., 2003), de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción. Su artículo 2.1 centra en sus apartados 2º y 4º el objeto del presente trabajo: la definición de

---

\* Autor para la correspondencia: [luis.gil@upm.es](mailto:luis.gil@upm.es)

Recibido: 04-05-07; Aceptado: 06-11-07.

materiales de base para obtener material forestal de reproducción de las categorías seleccionado y controlado. La primera categoría comprende materiales de reproducción obtenidos de materiales de base que se corresponden con rodales situados dentro de una única región de procedencia, que hayan sido seleccionados fenotípicamente a nivel de población y que satisfagan los requisitos establecidos en un anexo del decreto. La categoría controlado exige además que la superioridad del material de reproducción haya sido demostrada mediante ensayos comparativos o estimada a partir de la evaluación genética de todos los componentes de los materiales de base, que pueden ser rodales, huertos semilleros o progenitores de familias.

En la actualidad, los rodales selectos aprobados para las regiones de procedencia de cada especie están recogidos en el Registro y el Catálogo Nacional de Materiales de Base para producción de material forestal de reproducción de categoría seleccionado. En el caso de *Pinus pinea*, el Catálogo vigente, aprobado en 2001 y ampliado en 2002, define trece rodales selectos distribuidos en 3 regiones de procedencia —*Meseta Norte* (7 rodales), *Valles del Tiétar y del Alberche* (2 rodales) y *Cataluña Litoral* (4 rodales)— y ningún rodal aprobado en las demás regiones. En 2006 la Comunidad Autónoma de Castilla y León ha actualizado su Catálogo, manteniendo los siete rodales en la *Meseta Norte* y los dos en *Valles del Tiétar y del Alberche*. Los rodales selectos para la producción de fruto en las dos primeras regiones de procedencia cubren las necesidades actuales de semilla en Castilla y León (Gordo *et al.*, 2006).

En la región de procedencia *Meseta Norte*, la Junta de Castilla y León desarrolla desde 1989 un programa de mejora genética de la especie que cuenta con un ensayo comparativo de materiales de reproducción procedentes de sus siete rodales selectos, para evaluar sus caracteres productivos y adaptativos en diferentes sitios de ensayo y en su caso catalogar los materiales de base de comportamiento superior como rodales controlados. No obstante, la principal motivación de este ensayo de pino piñonero no fue una búsqueda de grandes ganancias genéticas, dado el carácter extensivo y protector de sus masas, sino para confirmar o rechazar la hipótesis de una posible diferenciación dentro de la región de procedencia *Meseta Norte* debida a condiciones litológicas particulares, concretamente sobre litosuelo del páramo calizo y muy en especial sobre las cuestas de margas, calizas y yesos.

Los pinares autóctonos sobre las cuestas que enlazan las campiñas y fondos de valle con los páramos calcáreos del sureste de la provincia de Valladolid representan menos del 1% de la superficie total ocupada por la especie en la región, con la singularidad edáfica de un elevado pH (hasta 8,8) y una textura mucho más compacta que en la estación tipo de la especie, las arenas sueltas y profundas de las campiñas. La clara diferenciación fenotípica de estas masas marginales se expresa en una menor altura dominante, peor porte y follaje y diferencias en la producción de fruto en cantidad y biometría, con las masas sobre litosuelo calizo de páramo en una situación intermedia (Gordo *et al.*, 1997, 2000). La particularidad de los pinares sobre cuesta justificaría para algún autor incluso su segregación como ecotipo (Oria, 1998).

De antemano, parece dudosa esta diferenciación genética a la vista de la continuidad o cercanía de los pinares sobre diferentes sustratos que debería asegurar un flujo de polen anemógamo dentro de esta metapoblación, si bien con distancias efectivas medias de dispersión de polen inferiores a 200 m, estimadas p.ej. para pinares meseteños de negral o silvestre (Robledo-Arnuncio y Gil, 2005; Lucas *et al.*, enviado). En general, en árboles forestales parece que son más las condiciones climáticas que las edáficas las que determinan una diferenciación de ecotipos, dada la variación habitualmente a escala menor y en mosaico de las segundas (revisión en Kleinschmit *et al.*, 1996). Aunque cabe plantear la hipótesis de una selección natural que en el caso de factores edáficos excluyentes actúe sobre las plántulas desde su misma nascencia sesgando la composición genética de la masa adulta resultante, no se encontraron en la bibliografía consultada referencia que apoye este planteamiento, mientras que por ejemplo en *Pinus virginiana*, ni siquiera plántulas procedentes de poblaciones singulares sobre suelos ultrabásicos sobre serpentinas revelaron una diferenciación ecotípica de otras poblaciones, al menos hasta las 9 semanas de edad en un ensayo en invernadero (Miller y Cumming, 2000).

Por otra parte, la mayor parte de las cuestas margosas en las provincias de Valladolid y Palencia estaban a mitades del siglo pasado deforestadas, sufriendo erosión activa provocada por su fragilidad frente al pastoreo de ganado lanar. Por ello, estos aljezares fueron en las comarcas centrales del Duero una de las estaciones con mayor incidencia de las reforestaciones protectoras durante el siglo XX. La especie más empleada en esta restauración de la cubierta vegetal ha sido

tradicionalmente el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.), alóctono de la región pero propio de sustratos alcalinos similares, aunque bajo un clima menos continental, en el este de la Península. En las últimas décadas, con carácter general el pino piñonero lo fue suplantando con éxito en la reforestación de estas cuestras, lo que contrasta con la opinión más frecuente en la bibliografía forestal española que esta especie «tolera mal las arcillas trabadas, las margas y los yesos» (Ceballos, 1966; Ruiz de la Torre, 1971) que fue probablemente la razón de descartarla de las repoblaciones anteriores en favor del pino carrasco. Esta valoración coincide también con unas experiencias de fracasos de repoblaciones con piñonero sobre sustratos alcalinos en otros países mediterráneos (G. Schiller, com. pers.).

La hipótesis de trabajo de una posible adaptación litológica de estas poblaciones en páramos o cuestras margosas de la Meseta Norte hizo que a los técnicos a cargo de la forestación de estas estaciones pareciese más prudente utilizar materiales de reproducción obtenidos de los mejores pinares naturales sobre estos mismos sustratos, que de hecho estaban dando buenos resultados. Por esto motivo, en su día se delimitaron en la Meseta Norte siete rodales selectos, repartidos consecuentemente por los tres dominios geomorfológicos, campiña, cuestras y páramo. De hecho, la administración forestal autonómica ha manejado durante los últimos quince años, de gran actividad reforestadora, los lotes de semilla y planta separados por rodal de origen, para permitir su uso diferenciado según el sitio de repoblación y siguiendo las peticiones de planta o semilla por parte de los propios gestores.

En 1998, se estableció un ensayo comparativo entre lotes de planta obtenida a partir de semilla de los rodales selectos de la región. Como caracteres de comportamiento se evalúan en el presente trabajo la supervivencia y el crecimiento inicial, la resistencia frente a factores abióticos y a organismos nocivos, como reflejo de la adaptación o idoneidad del material para cada sitio de ensayo, aunque conforme los árboles del ensayo alcancen el estado adulto reproductivo, se podrá estudiar también su producción de piña. En la actualidad, se dispone de mediciones de este ensayo hasta los ocho años de edad, que permiten un primer análisis para evaluar esta posible diferenciación genética entre masas sobre muy diferentes litologías, o si por el contrario no expresan más que la proverbial frugalidad, valencia ecológica y plasticidad fenotípica del pino piñonero.

## Material y Métodos

La región de procedencia *Meseta Norte* de pino piñonero abarca parte de las provincias de Valladolid, Segovia y Ávila, y en menor medida Burgos y Zamora, ocupando alrededor de 90.000 hectáreas entre las cotas de 650 y 1.000 m, principalmente en las llanuras arenosas de la Tierra de Pinares. El clima es mediterráneo-continental con temperaturas medias anuales de 10,3-12,6°C (2,6-4,3°C en enero, 19,8-22,0°C en agosto) y una precipitación media anual de 320-560 mm (precipitación mensual estival mínima 8-16 mm), aunque sobre todo los registros pluviométricos varían ampliamente entre años. Estos valores, que sitúan esta región de procedencia del interior entre las más altas, frías y a su vez secas de la especie, muestran un ligero gradiente hacia el este, ascendente para altitud y pluviometría, descendiente para la temperatura, aunque con un salto entre la campiña y los páramos.

El ensayo comparativo de *Pinus pinea* en la Meseta Norte cuenta con siete parcelas plantadas entre noviembre de 1998 y marzo de 1999 sobre las diferentes litologías de la región consideradas relevantes como estaciones de forestación con la especie, que muestra una marcada expansión hacia las comarcas agrícolas de secano al norte y oeste de la distribución natural de la especie (Fig. 1). El material ensayado fueron plantas obtenidas a partir de semilla de los siete rodales selectos definidos en la *Meseta Norte*, más dos fuentes semilleras no selectas de la misma procedencia previstas inicialmente como testigos (Tabla 1). Estos rodales ensayados representan toda la gama de estaciones típicas y marginales del pino piñonero en la Meseta Norte, desde los arenales hasta las margas de cuestras y bancos de caliza del páramo.

El número inicial de plantas fue 2.016 a razón de 288 plantas por sitio de ensayo distribuidas en 72 unidades experimentales de 4 plantas. El diseño en latíces 3×3, con 8 réplicas de tres bloques incompletos con tres procedencias cada uno. A un marco de 4×4 metros, el tamaño de cada sitio de ensayo con una fila de borde fue de 0,6 ha y el tamaño de un bloque incompleto (12 plantas) de 12×16 metros. Estas reducidas dimensiones permitieron situar las parcelas en polígonos de repoblación ejecutados por la administración forestal en aquel ejercicio. Se eligieron situaciones ecológicamente representativas y al mismo tiempo de fácil acceso para el seguimiento del ensayo (Tabla 2). Se replantearon previamente con estaquillas y tras su plantación fueron amojonadas para facilitar



Figura 1. Situación de los rodales selectos y los sitios de ensayo en la Meseta Norte (UTM Huso 30)ç

**Tabla 1.** Siete rodales selectos y dos rodales testigos incluidos en el ensayo

N.º	Rodal selecto	Término municipal	Altitud (m)	Litología
1	ES-23/01/002	Tordesillas	680	Terraza fluvial con manto eólico
2		Pesquera de Duero	744	Terraza fluvial con manto eólico
3	ES-23/01/001	Íscar	750	Arenas
4		Aldeamayor de San Martín	710	Arenas
5	ES-23/01/003	Quintanilla de Onésimo	820	Regosol de ladera
6	ES-23/01/006	Cogeces de Íscar	800	Regosol de ladera
7	ES-23/01/004	La Parrilla	855	Páramo calizo
8	ES-23/01/005	Portillo	850	Páramo calizo
9	ES-23/01/007	Toro (Zamora)	680	Pie ladera arenisca/conglomerados

su identificación. La preparación del terreno consistió en un subsolado a 4 m entre surcos el verano anterior a la plantación y un ahoyado manual y preparación de alcorque en el momento de la plantación.

La planta utilizada se sembró a principios de mayo de 1998 en el Vivero Forestal Central de la Junta de Castilla y León en Valladolid en contenedores forestales tipo forestpot 44/250 cc (340 alveolos/m<sup>2</sup>). Las condiciones de cultivo fueron idénticas para todos los lotes del ensayo. Tras elegir los de los rodales selectos al azar entre las bandejas recién sembradas de cada rodal, se colocaron al azar todas las bandejas más las de los dos lotes testigos sembrados ex profeso, formando un rectángulo de apenas 7 m<sup>2</sup> en el sector del tren exterior de fertirrigación del vivero ocupado por las plantas de nueva siembra de *Pinus pinea*.

Tras la plantación, se registró el arraigo inicial a finales de la primavera de 1999 y posteriormente la supervivencia antes y después de cada verano hasta el otoño de 2005. Se midió la altura de cada pie a finales de 2000, 2002 y 2005, anotando al mismo tiempo la presencia de yemas, acículas o brotes adultos como señales del cambio de fase vegetativo que refleja la instalación definitiva del sistema radical y el cambio del ritmo de crecimiento y ramificación en los pinos me-

diterráneos (Climent *et al.*, 2006). En las últimas dos fechas se anotó también la presencia de las primeras flores femeninas y se midieron los diámetros a la altura del suelo: en 2002 en todas las plantas y en 2005 sólo en una muestra de cada sitio (n = 316 en total) por su comprobada correlación (i.e. redundancia) con la altura y difícil medición en los pimpollos sin podar.

Los datos de supervivencia se analizaron ajustando un modelo lineal generalizado (GLiM) con transformación *logit*, asumiendo una distribución binomial entre vivos y marras. El modelo de regresión para las alturas fue del tipo lineal general (GLM). Aparte de evaluar gráficamente las hipótesis de base para estos análisis (aditividad y distribución independiente sin valores aberrantes: normal y homocedástica para GLM, binomial sin sobredispersión para GLiM), se comprobó en cada sitio la ausencia de autocorrelaciones espaciales entre los valores residuales de los vecinos más próximos (Loo-Dinkins, 1992).

## Resultados

Como primer resultado hay que hacer mención de la pérdida por completo del sitio P23MN98-2, situa-

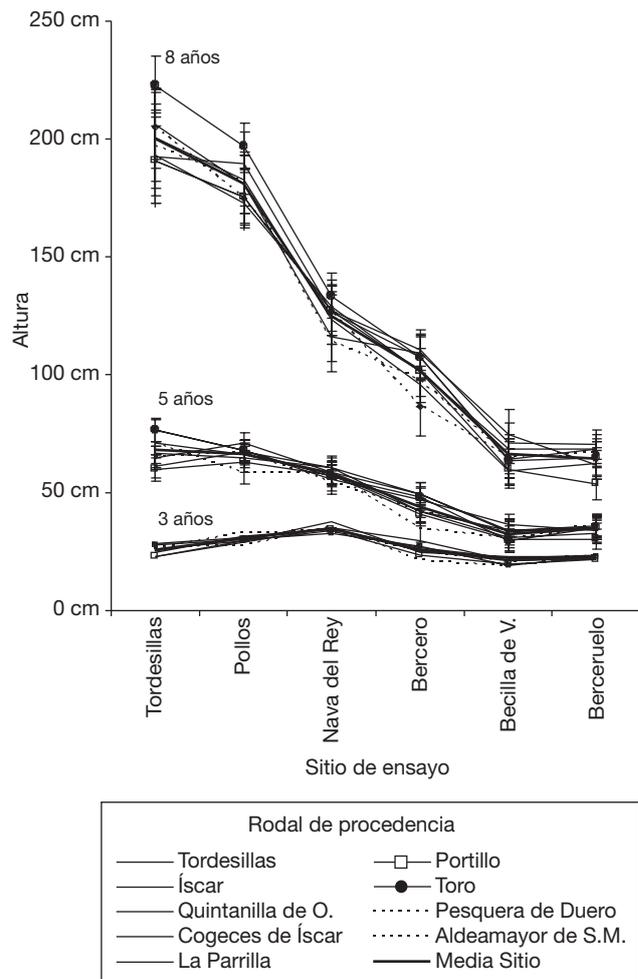
**Tabla 2.** Sitios del ensayo comparativo

Sitio	Término municipal	Altitud (m)	Litología	Fecha de plantación
P23MN98-1	Nava del Rey	710	Rañas	15/02/1999
P23MN98-2	Viana de Cega	695	Arenas	16/02/1999
P23MN98-3	Tordesillas	680	Terraza fluvial (arenas)	15/02/1999
P23MN98-4	Berceruelo	800	Margas de ladera	16/11/1998
P23MN98-5	Becero	830	Páramo	16/11/1998
P23MN98-6	Becilla de Valderaduey	760	Arcillas de Tierra de Campos	12/03/1999
P23MN98-7	Pollos	670	Terraza sobre gravas	16/02/1999

do en un tramo en regeneración de un pinar de la especie en Viana de Cega en los arenales al sur del Duero. Aunque se volvió a plantarlo tres veces más en otros tantos años, no prosperó ninguno de estos intentos, dando en consecuencia de baja definitivamente a este sitio de ensayo, que debería haber representado los arenales más característicos del pinar de piñonero en la región, donde la técnica de plantación con cepellón, utilizada en este ensayo, presenta dificultades mucho mayores que la siembra directa, práctica preferente para la regeneración ayudada o artificial en esta estación.

En ninguno de los seis restantes sitios del ensayo se observaron diferencias significativas en la tasa de supervivencia entre las plantas de los nueve rodales de origen, ni interacciones con el ambiente (sitio) de ensayo. La supervivencia media general hasta los ocho años superó el 90% (1.558 de 1.728 plantas) para todo el ensayo sin Viana de Cega, variando entre 85 y 98% según sitio y entre 86 y 95% según procedencia. Las únicas diferencias significativas de supervivencia se constataron entre sitio de ensayo, aunque fueron muy reducidas, con porcentajes de desviación atribuidos a este efecto entre el 8% tras el primer año de campo y el 10% en 2005.

También en las mediciones de alturas y diámetros basales hasta 2005 (ocho años de edad), se constató en cada sitio de ensayo un crecimiento medio muy uniforme entre los diferentes lotes de planta, aunque con unas diferencias importantes entre sitios, desde menos de 70 cm de altura media en las arcillas más compactas de la cuesta margosa de Berceruelo o en plena Tierra de Campos en Becilla de Valderaduey hasta 180 y 200 cm en los sitios más arenosos sobre la terraza fluvial del Duero en Pollos y Tordesillas (Fig. 2). Los análisis de varianza de las alturas medias hasta los ocho años no mostraron diferencias significativas entre rodales (Tabla 3), ni interacciones con el sitio. Las diferencias entre sitios de ensayo absorbieron un 79% de la variación total, frente al 5% debido a la variación



**Figura 2.** Alturas medias a diferentes edades (a los 5 y 8 años de edad con intervalos de confianza de 95%) de las plantas de nueve procedencias en seis sitios del ensayo comparativo de material forestal de reproducción de *Pinus pinea*.

ambiental en cada sitio y un 17% de variación residual (la insignificante diferenciación entre procedencia sumaría un 0,02%).

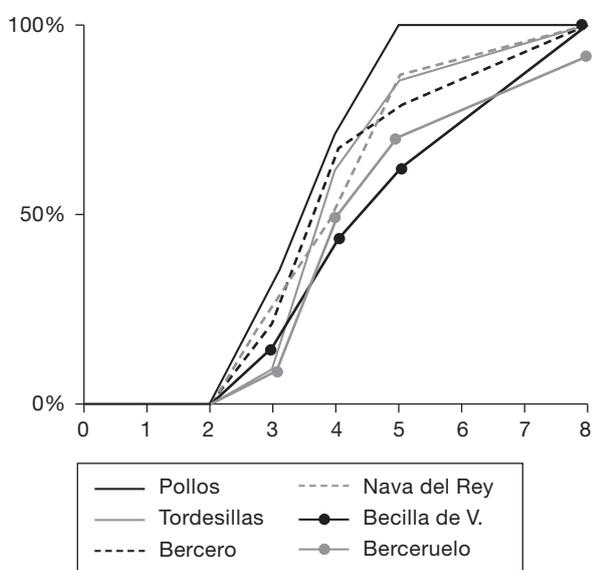
El diámetro a la altura del suelo  $D$  de cada planta mostró un coeficiente de correlación  $r$  con la altura

**Tabla 3.** Análisis de varianza para la altura total a los ocho años de edad

Fuente de variación	Suma de cuadrados (tipo III)	g.l.	Cuadrado medio	Valor F
Sitio	4.187.343	5	837.469	196,00 ***
Réplica (sitio)	174.650	42	4.158	2,07 **
Bloque incompleto (réplica)	197.209	96	2.054	2,98 ***
Procedencia	6.411	8	801	1,16 NS
Error	970.026	1.406	690	
Total	5.638.120	1.557		R <sup>2</sup> 83%

*H* de 0,94 a los cinco y de 0,96 a los ocho años, coincidiendo los análisis de ambas variables en encontrar diferencias entre sitios pero no entre procedencias. El diámetro promedio varió a los cinco años entre los 11 mm de los dos sitios más arcillosos, Berceruelo y Becilla de Valderaduey, y los 38 mm del más arenoso, Tordesillas; a los ocho años alcanzó 25 mm en la cuesta de Berceruelo, pero 93 mm en Tordesillas, superando los individuos de mayor desarrollo los 110 mm.

La relación *H/D* (coeficiente de esbeltez) se situó a los cinco años para todas las procedencias en  $25 \pm 1$ , variando entre 19 en los sitios más arenosos y 34 en los de suelo más compacto. A los 8 años, la esbeltez media había bajado a 22, variando de 21 a 23 entre procedencias (variación no significativa) y de 20 a 22 entre los sitios de ensayo excepto en la cuesta arcillosa de Berceruelo (*H/D* 27). En este sitio, además del crecimiento longitudinal muy reducido, muchos pinos apenas presentaron ramificaciones y en algunos casos ni siquiera habían sustituido todavía el follaje juvenil por acículas adultas sobre brotes verticilados (Figs. 3 y 4): es esta reducida masa foliar soportada la que explica el casi nulo crecimiento secundario de su tallo, frente al gran desarrollo de copas globosas y densas en los otros sitios con brotes verticilados adultos, brotes policíclicos y en la parcela de mayor madurez ontogenética (Pollos, Fig. 5) con los primeros estróbilos femeninos a los siete años de edad.



**Figura 3.** Proporción de plantas con cambio de fase vegetativo (brotes adultos) a diferentes edades en los seis sitios de ensayo.



**Figura 4.** Parcela de Berceruelo con 8 años (altura media: 64 cm).

## Discusión

Los resultados de este ensayo hasta los 8 años de edad subrayan la alta plasticidad fenotípica de la especie, con una notable variación del crecimiento y desarrollo ontogénico entre sitios de ensayo que contrasta con el comportamiento muy homogéneo de todos los orígenes ensayados en todos y cada uno de los sitios. Esta falta de interacciones genotipo-ambiente permite refutar una adaptación diferencial por la que hasta hoy se están utilizando en la restauración forestal preferentemente materiales de reproducción procedentes de los rodales selectos sobre la misma litología. Cabe replantearse el procedimiento actual del Vivero Forestal Central de la Junta de Castilla y León de manejar los lotes de semilla y planta de cada rodal de procedencia por separado a lo largo del proceso de cultivo en vivero. La logística



**Figura 5.** Parcela de Pollos con 8 años (altura media: 181 cm).

se simplificaría enormemente juntando en un lote único las cosechas del año de todos los rodales selectos de cada región de procedencia de la especie.

Tras este primer resultado práctico, se seguirá en el futuro la producción de piña en las parcelas del ensayo conforme entren en los próximos años en la fase adulta reproductiva, para comprobar si los materiales ensayados se diferencian o no en este carácter productivo y si algún rodal finalmente destaque por su calidad superior y merezca su catalogación en la categoría controlado. De momento, los resultados obtenidos subrayan la conveniencia de ensayos de campo que de manera ágil y con un esfuerzo operativo limitado permiten comprobar o refutar hipótesis fundamentales para una asignación óptima de recursos en la gestión forestal.

Por otra parte, los resultados de este trabajo trascienden de la escala regional porque coinciden con las conclusiones de trabajos recientes de análisis genéticos cuantitativos (Court-Picon *et al.*, 2004; Gómez-Juan, 2004; Mutke *et al.*, 2005) o moleculares (Fallour *et al.*, 1997; Vendramin *et al.*, en prensa), que encontraron una muy baja diferenciación entre poblaciones de pino piñonero a escala especie. La homogeneidad del material ensayado se tradujo en dos fenómenos asociados: un comportamiento homogéneo en cada sitio y una alta plasticidad fenotípica entre sitios, que resultó a su vez un carácter estable entre procedencias - aunque más que de *plasticidad fenotípica* como capacidad adaptativa del organismo (con las connotaciones ecológico-evolutivas que la bibliografía otorga a este concepto), se trata de una marcada sensibilidad común de todas las procedencias a factores ambientales, probablemente edáficos, que impidieron o limitaron el desarrollo y crecimiento del piñonero en algunos de los sitios. En el análisis reciente de un ensayo de procedencias que abarca la mayor parte de las regiones de procedencia de la especie a nivel mundial y que comparte algunas procedencias y un sitio de ensayo (Tordesillas) con el presente trabajo, las diferencias entre cuatro sitios aportaron el 64% de la variación total, el efecto (común para todas las procedencias) del microsítio dentro de cada parcela, estimado por ajustes espaciales, otro 23% (*i.e.*, 64-81% de la variación observada dentro de cada sitio), frente al (escueto, pero altamente significativo) 1% entre procedencias y un 11% residual (Mutke *et al.*, 2007). Parece que en el hipotético cuello de botella poblacional que habría causado el manifiesto empobrecimiento de variabilidad neutra de la especie (Vendramin *et al.*, en prensa), también se habría reducido drásticamente la norma de re-

acción a factores edáficos, en un símil con la sensibilidad y tendencia a clorosis férrica en suelos calizos del clon *Populus × euroamericana* cv I-214. Pero estudios de alcance tan sólo regional como el discutido en el presente artículo no permiten por sí solos desarrollar implicaciones generales o responder a planteamientos a escala especie, aunque pueden ayudar en la comprensión de los datos que se van obteniendo de esta especie.

## Agradecimientos

El ensayo analizado forma parte del Programa de Mejora Genética de pino piñonero desarrollado y financiado por la Junta de Castilla y León en el marco del convenio «Evaluación, conservación y mejora de recursos genéticos forestales en Castilla y León». Los autores agradecen la dedicación del personal del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Valladolid, especialmente de los agentes forestales de la comarca de Tordesillas y del Vivero Forestal Central de la Junta de Castilla y León. El manuscrito ha ganado mucho en claridad gracias a los comentarios y sugerencias de José Climent y de un revisor anónimo.

## Referencias bibliográficas

- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (BOE), 2003. Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, del Ministerio de la Presidencia sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción. BOE núm. 58, de 8 de marzo.
- CEBALLOS L., 1966. El pino piñonero (*Pinus pinea* L.). En: Ceballos L., ed. Mapa Forestal de España (Escala 1:400.000), DG de Montes, Caza y Pesca fluvial. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- CLIMENT J., CHAMBEL M.R., LÓPEZ R., MUTKE S., ALÍA R., GIL L., 2006. The adaptive significance of heteroblasty in the Canary Island pine (*Pinus canariensis*, *Pinaceae*). *Am J Bot* 93(6), 840-848.
- COURT-PICON M., GADBIN-HENRY C., GUIBAL F., ROUX M., 2004. Dendrometry and morphometry of *Pinus pinea* L. in Lower Provence (France): adaptability and variability of provenances. *For Ecol Manage* 194, 319-333.
- FALLOUR D., FADY B., LEFEVRE F., 1997: Study of isozyme variation in *Pinus pinea* L.: evidence for low polymorphism. *Silvae Geneticae* 46(4), 201-207.
- GÓMEZ-JUAN E., 2004. Evaluación preliminar de un ensayo de procedencias internacional de *Pinus pinea* L. a los nueve años de edad. Trabajo Fin de Carrera EUITF-UPM (inédito).

- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 1997. Variabilidad en la producción de fruto de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. IRATI 97, I Congreso Forestal Hispano-Luso/II Congreso Forestal Español. Pamplona junio 1997. Actas Mesa 4, 327-332.
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 2000. La mejora genética de *Pinus pinea* L. en Castilla y León. Actas (Tomo II) del Primer Simposio del Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) febrero 2000, Valladolid. pp. 21-32.
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 2006. Selección de material de base en *Pinus pinea* L. para la producción de material forestal de reproducción de la categoría seleccionado. Curso de Caracterización de Materiales de Base. CENEAM Valsaín (Segovia), 9/10 oct. 2006.
- KLEINSCHMIT J., SVOLBA J., KLEINSCHMIT J.R.G., 1996. Variation anpassungsrelevanter, phänotypischer Merkmale. En: Müller-Starck G., ed. Biodiversität un nachhaltige Forstwirtschaft. Ecomed Landsberg, 38-59.
- LOO-DINKINS J., 1992. Field test design. In: Fins L., Friedman S.T., Brotschol J.V., eds. Handbook of quantitative forest genetics, Forestry Sciences 39, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 96-139.
- LUCAS A.I. DE, ROBLEDO-ARNUNCIO J.J., HIDALGO E., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C. (enviado). Mating system and pollen gene flow in Mediterranean maritime pine. Heridity, enviado.
- MILLER S.P., CUMMING J.R., 2000. Effects of serpentine soil factors on Virginia pine (*Pinus virginiana*) seedlings. Tree Physiol 20, 1129-1135.
- MUTKE S., GORDO J., CLIMENT J., GÓMEZ E., LÓPEZ R., GIL L., 2005. Height growth and shoot phenology variability in a Stone pine (*Pinus pinea* L.) provenance trial. Medpine3, International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystem, Bari 2005.
- MUTKE S., GORDO J., PRADA M.A., IGLESIAS S., GIL L., 2007. Stone pine provenances' performance in Inner Spain: low differentiation in height growth and shoot phenology between provenances of mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.). Joint FAO *Silva Mediterranea* - IUFRO WP 2.02.13 Expert Consultation «Raising awareness and promoting the utilization of the outputs of the Mediterranean Conifer provences trials», Arezzo and Rome, 21-23 de junio 2007. <http://www.fao.org/forestry/static/data/silvamed/arezzo/Sp.pdf>
- ORIA J.A., 1998. Pinares de piñonero, el bosque de las dunas. Biológicas 26, 26-36.
- ROBLEDO-ARNUNCIO J.J., GIL L., 2005. Patterns of pollen dispersal in a small population of *Pinus sylvestris* L. revealed by total-exclusion paternity analysis. Heridity 94, 13-22.
- RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. ETSIM-UPM, Madrid.
- VENDRAMIN G.G., FADY B., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., HU F.S., SCOTTI I., SEBASTIANI F., SOTO A., PETIT R.J. (en prensa). Accounting for the success of a genetically depauperate but widespread tree. Evolution. doi 10.1111/j.1558-5646.2007.00294.x