

# ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *PINUS CANARIENSIS* Sm.: DISEÑO, INSTALACIÓN Y PRIMEROS RESULTADOS

J.M. CLIMENT; E. PÉREZ; L. GIL y J.A.PARDOS

Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal, ETSIM

## RESUMEN

Se recogen los primeros resultados de un ensayo de procedencias de *Pinus canariensis* en cinco localidades repartidas entre Gran Canaria, Tenerife y El Hierro, más un ensayo complementario en Betancuria (Fuerteventura). Los ensayos, divididos por su objetivo a corto o largo plazo, incluyen 21 poblaciones naturales que cubren el área natural de la especie. Si bien el diseño experimental es de bloques incompletos resolubles, estos primeros datos se analizan a través de los factores Localidad, Población y Repetición como un diseño de bloques completos. El crecimiento en altura a un año de la plantación muestra diferencias significativas entre ensayos y entre poblaciones, así como una interacción significativa Ensayo x Población. Tanto el crecimiento como la supervivencia están por ahora poco relacionados con el encuadre de las poblaciones en las regiones de procedencia, excepto en el caso de la supervivencia en el ensayo de Betancuria. En este ensayo se han detectado diferencias significativas en la supervivencia entre nueve poblaciones, así como una elevada correlación con las precipitaciones anuales de las zonas de origen de la semilla.

**P.C.:** *Pinus canariensis*, procedencias, variación genética, variación fenotípica, supervivencia.

## SUMMARY

First results are presented from a provenance trial of *Pinus canariensis* with five locals between Gran Canaria, Tenerife and El Hierro, and a complementary trial in Betancuria (Fuerteventura). Trials aimed to obtain short term and long term results and included 21 natural populations covering the species' natural range. Experimental design consisted of resolvable incomplete blocks, but by now data are analyzed using repetitions as complete blocks with factors Local, Population and Repetition. Height growth a year after plantation showed significant differences between locals and between populations, as well as an interaction Local x Population. Neither growth nor survival are actually related to the arrange of populations within provenance regions, except survival in Betancuria. Significant differences in survival between nine populations were assessed in this trial, as well as a high correlation with annual rainfall of seed sources.

**K.W.:** *Pinus canariensis*, provenances, genetic variation, phenotypic variation, survival.

## INTRODUCCIÓN

El pino canario (*Pinus canariensis* Chr. Sm.) es una de las especies forestales con mayor variación ambiental en su área natural, a pesar de la reducida extensión que ocupa. Esta diversidad tiene un componente edáfico, pero es mucho más llamativa la variación climática. Las diferencias de altitud y orientación, en el particular medio insular canario, determinan precipitaciones y criptoprecipitaciones en cantidades extremadamente variables entre zonas a veces geográficamente próximas (MARZOL, 1988). A este hecho se une la compartimentación del área de la especie, entre y dentro de las islas, debido a factores naturales y antrópicos. La variación fenotípica y genotípica relacionada con esta variación climática y discontinuidades geográficas ha sido aún muy poco estudiada. La definición de las regiones de procedencia de la especie (CLIMENT *et al.* 1996) supuso un primer paso encaminado a evitar las transferencias incontroladas de semilla y para encuadrar otros estudios posteriores. Una primera aproximación a la caracterización isoenzimática de la especie en 19 poblaciones naturales fue realizada por SCHILLER *et al.* (1999). La morfología de las piñas del pino canario presenta una variación con una fuerte componente climática, pero menos definida por grupos geográficos (ORTIZ *et al.*, datos no publicados) contrariamente a la opinión de KLAUS (1989). Las diferencias en contenido de duramen y albura presentan también una marcada influencia climática en las masas naturales de esta especie (CLIMENT *et al.*, 2000). Frente a la escasez de datos contrastados, existen evidencias en el archipiélago y fuera de él de diferencias de comportamiento entre fuentes de semilla (BELLEFONTAINE Y RAGGABI, 1979). Por ejemplo, la repoblación realizada en Galdar (norte de Gran Canaria) con semilla de origen desconocido se comporta pobremente, mientras que los viejos pinos inmersos en esta plantación tienen un porte majestuoso. Existen varios casos semejantes en el archipiélago, así como también datos contradictorios acerca de la resistencia al frío de esta especie cuando se ha plantado fuera de su área natural (CEBALLOS Y ORTUÑO, 1976).

Diversos ensayos han puesto de manifiesto la importancia de la fuente de semilla para el uso forestal de las especies del género *Pinus* en el entorno mediterráneo (AGÜNDEZ *et al.* 1994; ALÍA *et al.*, 1997; FUSARO, 1997; AGUIAR *et al.*, 1999). Por esta razón, la necesidad de responder a los interrogantes

planteados promovió la instalación de una red de parcelas de ensayo de procedencias de pino canario, cuyo diseño y primeros resultados se ofrecen en la presente comunicación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las poblaciones incluidas en este ensayo (tabla 1) se eligieron de forma que estuvieran representadas todas las regiones y sub-regiones de procedencia. En cada población se recogieron piñas de 30 árboles separados al menos 200 m, siempre que el tamaño de la masa lo permitió. La semilla de cada población fue una mezcla equilibrada de los individuos recogidos.

Tabla 1: Poblaciones incluidas en el ensayo: isla, región de procedencia, altitud media y precipitación media anual

Población	(Isla) Reg. de Proc.	Altitud	Precip. Anual	Población	(Isla) Reg. de Proc.	Altitud	Precip. Anual
1. La Orotava	(Tf) 1.A	1500	700	12. Punta Gorda	(LP) 2.A	800	500
2. La Guancha	(Tf) 1.A	700	500	13. Taburiente	(LP) 2.B	1000	600
3. Garachico	(Tf) 1.A	1300	400	14. El Paso	(LP) 2.B	1100	700
4. Vilaflor	(Tf) 1.B	1900	450	15. Fuencaliente	(LP) 2.B	1200	500
5. Adeje	(Tf) 1.B	1900	380	16. S. Salvador	(EH) 3	1000	450
6. Arico	(Tf) 1.B	1600	380	17. R. de las Playas	(EH) 3	900	600
7. Candelaria	(Tf) 1.C	1300	600	18. Tamadaba	(GC) 4 - N	1100	500
8. La Esperanza	(Tf) 1.C	1100	600	19. Tirma	(GC) 4 - N	850	500
9. Punta Llana	(LP) 2.A	1900	600	20. Mogán	(GC) 4 - S	900	300
10. Barlovento	(LP) 2.A	1900	800	21. Tejeda	(GC) 4 - S	950	370
11. Garafía	(LP) 2.A	1500	800	22. Tirajana	(GC) 4 - S	950	370

La siembra se llevó a cabo bajo umbráculo en el vivero de Osorio (Gran Canaria) en noviembre de 1998. La semilla se tuvo 24 horas sumergida en agua con Captan al 1%, separando por flotación los piñones vanos. Se sembró un piñón por alvéolo en contenedores Super-Leach® M-32 de 205 cc con un sustrato compuesto por una mezcla de 2/3 de turba rubia sin fertilizar y 1/3 de vermiculita fina, más un fertilizante Osmocote® 16-8-12 de liberación controlada con 8 a 9 meses de duración. La germinación se produjo en una semana, con un 95 % de media. A partir de mayo se sacó la planta al exterior del umbráculo para endurecerla. En todo la fase de vivero se mantuvo la aleatorización entre las poblaciones.

En la tabla 2 se recogen los detalles de las localidades de ensayo y el tipo de ensayos instalados, atendiendo a la siguiente clasificación:

- (a) Ensayos a largo plazo: Se pretende obtener información sobre las diferencias entre poblaciones y factores de forma debidos a la competencia entre los pies del mismo origen, durante un periodo largo de tiempo. Cada parcela está formada por un cuadrado de 16 plantas, lo que permitirá eliminar parte de los pies a medida que aumente la competencia.
- (b) Ensayos a corto plazo: Incluyen un menor número de plantas por población y una parcela experimental de 4 plantas en cuadrado. Los datos que se obtengan de ellos servirán principalmente para caracterizar las diferencias entre poblaciones en cuanto a supervivencia y crecimiento juvenil hasta la tangencia de copas.
- (c) Ensayo de supervivencia: Este tercer tipo, únicamente presente en Fuerteventura, pretende comparar la supervivencia de las poblaciones más secas del archipiélago, junto con otra de zona húmeda como testigo, en condiciones de sequía extrema y fuertes vientos.

Tabla 2. Localidades de ensayo de procedencias, características ambientales y tipos de ensayo.

Isla	Parcela	Altitud	Características de clima y suelo*	Tipo de ensayo
Gran Canaria	Morro Hierba Huerto; S. B de Tirajana.	1250 m	P < 300 mm; ausencia de nieblas. Suelo compacto y pedregoso, tipo de clima árido.	Corto plazo
Gran Canaria	Los Llanos de la Pez; Tejeda	1725 m	P = 650 mm; escasa influencia de nieblas, Heladas invernales. Suelo tipo Andosol, compacto.	Largo plazo + Corto plazo
Tenerife	Fasnia	1720 m	P = 500 mm; ausencia de nieblas. Suelo poco evolucionado.	Corto plazo
Tenerife	Los Realejos	1575 m	P = 500 mm; nieblas frecuentes excepto en verano. Suelo tipo Andosol, bien estructurado.	Largo plazo + Corto plazo
El Hierro	El Pinar; Valverde.	1100 m	P = 300 mm; ligera influencia de nieblas. Suelo tipo Andosol vítrico.	Corto plazo
	Castillo de Lara;		P < 200 mm; vientos secos constantes. Suelo	

Todas las plantas se etiquetaron individualmente antes de la plantación. Ésta se realizó en hoyos de 40x40x40 con plantamón una vez tapados de nuevo los hoyos. Se colocaron protectores de malla plástica para evitar los daños de conejos y disminuir el viento y el exceso de luz.

El tipo de diseño experimental elegido fue el de bloques incompletos resolubles ( $\alpha$ -lattices), de forma que cada bloque se componía de 3 o 4 unidades experimentales (poblaciones). Se empleó el programa CycDesign®. Este tipo de diseño permite controlar mejor la variación edáfica desconocida en mosaico. La unidad que agrupa todos las poblaciones (repetición) puede considerarse un bloque completo aleatorizado.

Para el análisis de los datos en los ensayos a corto plazo (alturas en otoño de 2000,  $h_{2000}$ ) se han aplicado varios métodos. En primer lugar, se estudió la eficiencia del modelo de bloques incompletos en dos de las localidades: las de mayor y menor variación ambiental, mediante el procedimiento MIXED de SAS®. Así, se comprobó que, por ahora, el análisis mediante bloques incompletos no supone una reducción importante del error. Por tanto, el resto de los análisis se basó en un diseño de bloques completos aleatorios por medio de las repeticiones. En todos los casos se incluyó la altura medida tras la plantación,  $h_{1999}$ , como covariable. Se han empleado dos modelos de descomposición de la varianza:

Modelo I. Factores Localidad, Población, Localidad x Población y Repetición dentro de Localidad. La variable dependiente  $h_{2000}$  fue el valor medio de las cuatro plantas de la parcela.

Modelo II. Factores Población, Repetición y Población x Repetición (error). Datos individuales (crecimiento) o media por parcela (supervivencia).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La supervivencia de las plantaciones de ensayo a corto plazo (Tabla 3) tras el primer verano fue de 73,5 % en Tirajana, 88,1 % en Los Llanos, 74,6 % en Fasnia, 93,7 en El Hierro y 95,7 % en Los Realejos. Aunque se aplicaron riegos periódicos, este resultado es coherente con las condiciones climáticas de cada localidad, con la excepción del ensayo de El Hierro. La elevada supervivencia en una zona de precipitaciones escasas se justifica por la considerable disminución de las pérdidas por evaporación en los lapillis volcánicos (Andosol vítrico). En el ensayo de Betancuria (Figura 1), las poblaciones más secas mostraron una supervivencia significativamente mayor que las de zonas húmedas o menos secas. En este ensayo existe una correlación de  $r=-0,92$  significativa al 99,9 % entre la precipitación media de la fuente de semilla y la supervivencia (Figura 4), en correspondencia con los resultados en *P. pinaster* evaluados por ALÍA *et al.* (1997). En el resto de las localidades, si bien hay un efecto significativo del factor población en la supervivencia, no está correlacionado con las condiciones climáticas de la zona de origen. Como era previsible, la altitud de la fuente de semilla no explica ninguna parte significativa de la variación en la supervivencia.

## Comparación LSD

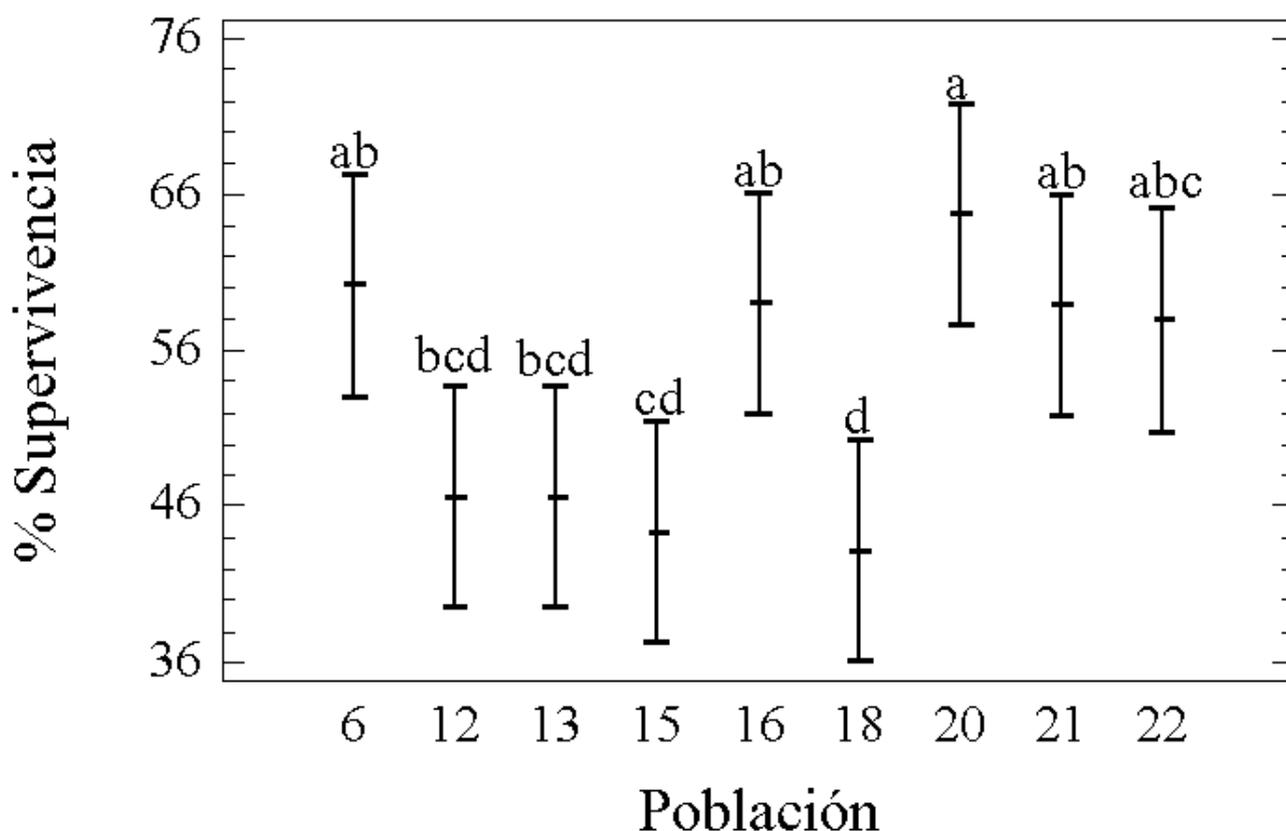


Figura 1: Comparación de medias entre poblaciones para la supervivencia en el ensayo de Betancuria (Modelo II).

En cuanto a la altura de las plantas, el efecto Localidad es el predominante (Modelo I). Descontado el efecto de la covariable  $h_{1999}$  (con efecto significativo en todos los casos), el ensayo de menor crecimiento sería el de Fasnía, seguido por El Hierro, Tirajana, Realejos y Llanos, solo estos dos últimos no significativamente diferentes. Según este modelo de análisis, el efecto Población es también significativo al 95 % de probabilidad. Al igual que en la supervivencia, el comportamiento de las poblaciones no parece responder a un patrón geográfico. Así, tenemos las n° 20, 12 y 2 como las de mejor crecimiento general y las n° 8, 9, 1 y 22 como las peores. Sólo la población 22 procede de condiciones secas, mientras que las otras proceden de zonas claramente húmedas. La mayoría de las poblaciones muestra diferencias de comportamiento entre ensayos (figura 2); de hecho, no hay una correlación significativa en el crecimiento medio de las poblaciones entre ninguno de los ensayos. Sin embargo, pese a que la interacción Población x Localidad es significativa, el porcentaje de la varianza explicado es escaso comparado con la Localidad y la Población. La figura 2 también permite apreciar como la variación entre poblaciones es muy diferente en cada localidad de ensayo.

Existe una correlación positiva entre crecimiento y supervivencia entre valores medios de los ensayos ( $r = 0,88$ ) y entre valores medios por población, evaluados en la parcela de Fasnía ( $r = 0,5$ ). En la parcela de Betancuria no se aprecia una correlación significativa entre alturas medias ( $h_{1999}$  y  $h_{2000}$ ) y supervivencia de cada población, lo que descarta que exista un efecto negativo de la altura de las plantas en su supervivencia.

Teniendo en cuenta los efectos del crecimiento en la fase de vivero ( $h_{1999}$ ) y los inherentes al establecimiento de la planta, se ha considerado prematuro el cálculo de parámetros genéticos tales como heredabilidad, variación genética aditiva y correlaciones genéticas.

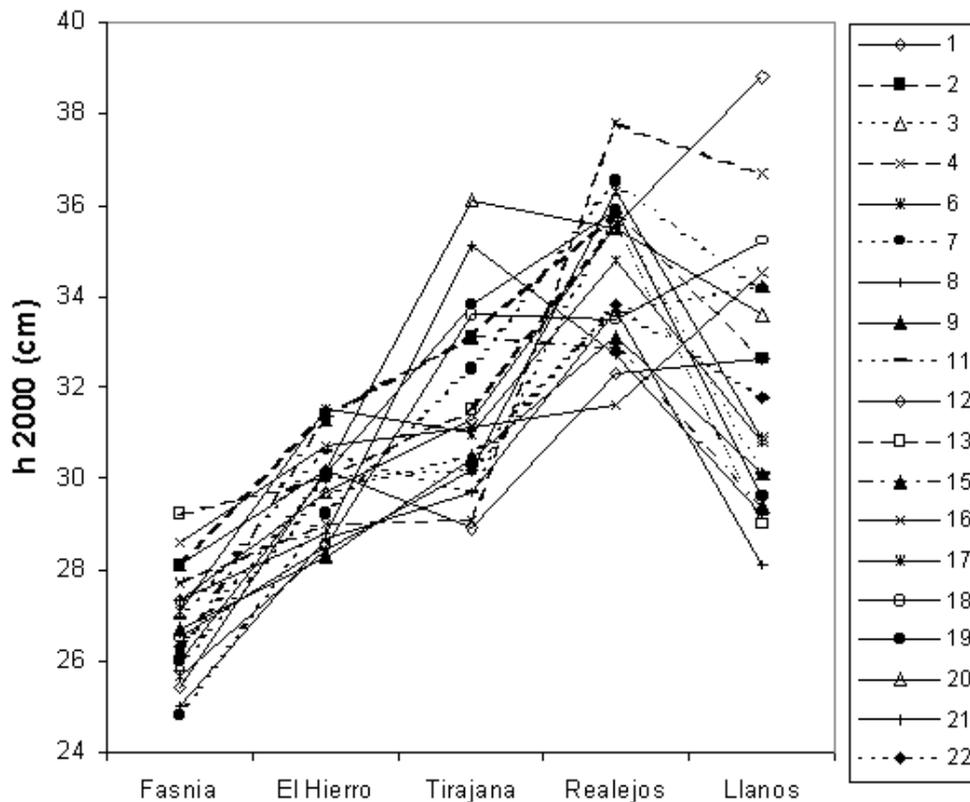


Figura 2: Altura media (corregida con la covariable h1999, Modelo II) de cada población en las cinco localidades de ensayo, ordenadas por su crecimiento medio.

### CONCLUSIONES

- Las parcelas de ensayo elegidas muestran diferencias de crecimiento suficientemente importantes para permitir evidenciar la interacción genotipo-ambiente en poblaciones de *Pinus canariensis* y sus implicaciones en la elección de la fuente de semilla para la reforestación.
- El efecto de la fase de vivero en la altura actual es aún muy significativo.
- Descontando este efecto como una covariable, hay un efecto moderadamente significativo del factor población en la altura actual en el conjunto del ensayo. Tanto las diferencias de crecimiento como de supervivencia no parecen obedecer a un patrón geográfico, excepto en el ensayo de Betancuria.
- En este último, en condiciones extremadamente secas, la supervivencia y precipitación de la zona de origen están altamente correlacionadas, por lo que las poblaciones más xerófilas sobrevivieron significativamente más que las de zonas más húmedas.
- No se ha detectado en ningún caso una correlación negativa entre el crecimiento inicial de las plantas y su supervivencia, tanto entre individuos como entre poblaciones.

### AGRADECIMIENTOS

Trabajo desarrollado en el marco del convenio "Estudio de la variabilidad genética de *Pinus canariensis*" entre la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias y la U.P.M., y convenios-marco con los Cabildos de Gran Canaria y El Hierro. Gracias a todo el personal de Medio Ambiente de Gran Canaria, Tenerife, El Hierro y Fuerteventura que ha participado en las distintas fases del trabajo. Gracias a Ricardo Alía por su ayuda y consejo para la realización de los diseños y a Regina Chambel en el análisis de los datos.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGUIAR, A.; ROLDAO, M. I.; ESTEVES, I.; BAETA, J. (1999), Ensaio de proveniencias de *Pinus pinaster* Ait. Resultados de quatro anos de ensaio. *Silva Lusitana*, 7 (1): 39-47.
- AGUNDEZ, D.; ALIA, R.; STEPHAN, R.; GIL, L.; PARDOS, J. A. (1994) Ensaio de procedencias espanolas y alemanas de *Pinus sylvestris* L.: comportamiento en vivero y supervivencia en monte. *Ecologia (Madrid)*, 8: 245-257.
- ALIA, R.; MORO, J.; DENIS, J. B. (1997) Performance of *Pinus pinaster* provenances in Spain:

- interpretation of the genotype by environment interaction. *Canadian Journal of Forest Research*, 27 (10): 1548-1559.
- BELLEFONTAINE, R.; RAGGABI, M. (1979). Provenances et origines de *Pinus canariensis*. Résultats des essais à court terme installés au Maroc depuis 1972. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* 19: 309 - 326.
- CEBALLOS, L.; ORTUÑO, F. (1976). Vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales. Reedición actualizada. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife. Sta Cruz de Tenerife. 433 pp.
- CLIMENT, J.; GIL, L.; TUERO, M. (1996) Regiones de procedencia de *Pinus canariensis* Chr. Sm. ex DC. DGCONA (MAPA). 49 pp.
- CLIMENT, J.; CHAMBEL, M.R.; GIL, L.; ALIA, R. (2000) Prediction of heartwood radius in *Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex DC. EUROSYLVA Workshop on Development and Ageing in Forest Trees. Florencia, Italia, 20-24 Septiembre.
- FUSARO, E. (1997) Risultati preliminari sulla sperimentazione in Italia di alcune provenienze mediterranee di *Pinus pinaster* Ait. *Monti e Boschi*, 48 (3): 48-53.
- KLAUS, W. (1989). Mediterranean pines and their history. *Plant System and Evolution* 162: 133 - 163.
- MARZOL, M.V. (1988) La lluvia, un recurso natural para Canarias. Sº publ. Caja Gral. Ahorros de Canarias, Sta. Cruz de Tenerife, 220 pp.
- SCHILLER, G.; KOROL, I.; UNGAR, E.; ZEHAVI, A.; GIL, L.; CLIMENT, J. (1999). Canary islands pine (*Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex DC.). 1. Differentiation among native populations in their isoenzymes. *Forest Genetics* 6 (4):.