

Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* tienen mejor desarrollo en campo

Pedro Villar Salvador, Susana Domínguez Lerena, Juan L. Peñuelas Rubira, Inmaculada Carrasco Manzano, Nieves Herrero Sierra, Juan L. Nicolás Peragón, Luís Ocaña Bueno.

Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", Ministerio de Medio Ambiente, Apdo. 249, 19080 Guadalajara. España serranillo@dgcen.mma.es

Resumen

El objetivo de este trabajo ha sido testar la relación entre el tamaño y el estado nutricional (contenido y concentración de N y P) de los brinzales de *Pinus pinea* al salir del vivero y su crecimiento y supervivencia posterior en campo. Desde el punto de vista de supervivencia, no se observó relación alguna entre la mortandad de las plantas en campo con su tamaño y estado nutricional inicial, incluso bajo condiciones fuertes de aridez. En un caso, incluso se observó que las plantas muy pequeñas presentaron mayor mortandad. Desde el punto de vista del crecimiento de las plantas en campo, éste se relacionó positivamente y, a menudo, muy significativamente con su tamaño inicial al salir del vivero. En ningún caso la relación fue negativa. El crecimiento no presentó relación alguna con la concentración de N y P, pero sí con el contenido total de nutrientes en la planta. Los resultados permiten concluir que las plantas de pino piñonero más grandes y mejor nutridas producidas en vivero son las que mejor desarrollo presentan en campo, cuestionando el extendido pensamiento en el sector forestal que el empleo de plantas grandes en repoblaciones mediterráneas incrementa su vulnerabilidad frente a la sequía.

P.C.: calidad, mediterráneo, nutriente, plantación, tamaño planta.

Summary

The objective of this study is to explore the relationship between the size and nutritional condition (N and P content and concentration) of *Pinus pinea* (stone pine) nursery-grown seedlings and their growth and survival after plantation. Regression analysis showed no significant relationship among field mortality and size and nutritional condition of planted seedlings, even under strong drought conditions. In one case, very small seedlings even exhibited higher mortality. A positive and, in many cases, a highly significant relationship was found among field growth and the size of the outplanted seedlings. Negative relationships were not found in any case. No significant relation was observed between field growth and both shoot and root N and P concentration of outplanted seedlings. However, plants with a higher total plant N and P content grew faster than those with a lower content. Results of this study lead to the conclusion that outplanted seedling size and nutritional condition, to a great extent, determine *Pinus pinea* field performance, and questions the widespread opinion that exists among Spanish foresters that bigger seedlings in Mediterranean reforestations are more prone to drought mortality.

K.W.: Mediterranean, nutrient, *Pinus pinea*, plant quality, plant size, plantation.

Introducción

La calidad tanto morfológica (Mexal y Landis, 1990) como fisiológica (Royo *et al.*, 1997) de los brinzales es uno de los factores claves en el éxito de una plantación. Sin embargo, el control de calidad de la planta utilizada en reforestación en España se reduce básicamente a aspectos cualitativos y al tamaño de las plantas (altura y diámetro). Dicho control se ampara en una normativa nacional (BOE 153, 1998) que establece los tamaños mínimos y máximos del material de reproducción de las especies más habitualmente empleadas en reforestación. En el caso concreto de *Pinus pinea*, para plantas de una savia, el rango de altura de las plantas de calidad cabal oscila entre 10 y 30 cm, siendo necesario, además, que el diámetro del tallo sea de al menos 3 mm. Este rango de altura es extraordinariamente amplio y probablemente casi toda la planta de una savia de pino piñonero producida en viveros españoles esté dentro de dicho intervalo. Sin embargo, cabría preguntarse ¿qué es más adecuado para plantaciones en ambientes mediterráneos, el uso de planta de tamaños más próximo al límite inferior permitido o es preferible utilizar brinzales de talla mediana a grande?

Existe una tendencia generalizada en el sector forestal español a preferir el uso de brinzales pequeños ya que existe una extendida opinión de que las plantas más pequeñas tienen más oportunidades de sobrevivir a la sequía, típica de los ambientes de clima mediterráneo, que las más grandes. Sin embargo, algunos trabajos efectuados en el ámbito mediterráneo no avalan dicha tesis. Por ejemplo, Oliet *et al.* (1997) demostraron que en repoblaciones de *Pinus halepensis* realizadas en el semiárido almeriense las plantas más grandes no sólo no presentaron más mortandad, sino que incluso sobrevivieron significativamente más que los brinzales más pequeños. En esta misma línea, Cortina *et al.* (1997) no pudieron concluir ninguna relación positiva entre el tamaño de las plantas de *Pinus halepensis* y la mortandad en repoblaciones bajo ombroclima semiárido. En cambio, en zonas de ombroclima seco, estos autores encontraron que el porcentaje de marras y el tamaño de los brinzales de *P. halepensis*, *P. pinaster* y *Quercus ilex* estaban negativamente correlacionados. En términos de crecimiento, las plantas más grandes, además, tienden a crecer más deprisa que las más pequeñas (Mexal y Landis, 1990).

El estado nutricional de los brinzales al salir del vivero puede también determinar su capacidad de desarrollo en el campo. Las plantas mejor nutridas (mayor concentración y contenido de nutrientes) tienden a sobrevivir y a crecer más, incluso bajo condiciones fuertes de estrés hídrico (Oliet, *et al.*, 1997; Van den Driessche, 1992). Tanto el estado nutricional como el tamaño de las plantas puede ser determinado según el método de cultivo en vivero (Oliet, 1997; Domínguez *et al.*, 2000a y b).

El objetivo de este trabajo ha sido establecer qué relación existe entre el tamaño y el estado nutricional de las plantas de *P. pinea* al salir del vivero y su desarrollo en campo. Hemos establecido dos hipótesis de trabajo. La primera establece que dentro de los márgenes de tamaño de planta en los que se enmarcan la calidad cabal de esta especie, los brinzales de mayor tamaño (mayor altura, diámetro y biomasa) son los que crecen más deprisa después de la plantación. La segunda hipótesis establece que la mortandad en las plantaciones de *Pinus pinea* no está ligada al tamaño de las plantas.

Material y métodos

Los datos empleados en este trabajo han sido obtenidos de tres experimentos independientes de vivero realizados con *P. pinea* en el Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo” y en los cuales se obtuvo un gradiente de tamaños y estado nutricional de las plantas suficientemente amplio para testar la hipótesis planteada. El primer experimento, denominado experimento de contenedores, fue diseñado para testar la influencia de 16 tipos de envases sobre la calidad de la planta y su desarrollo en campo, y tuvo lugar en 1995. El segundo experimento que hemos llamado experimento de fertilización, fue realizado en 1996, y su meta fue estudiar la influencia de diferentes regímenes de fertilización con N, P y K (12 tratamientos) sobre el desarrollo de las plantas. El último experimento consistió en un ensayo de endurecimiento, realizado en 1997, en el que se combinaron tres niveles de estrés hídrico con dos niveles de fertilización nitrogenada. En los tres experimentos se realizaron mediciones morfológicas de las plantas, entre las que se incluyen la altura de la parte aérea y el diámetro, medido en el cuello de la raíz, el peso seco de la parte aérea y del sistema radical. En los dos últimos, además, se determinó la concentración (mg g^{-1}) de N y P en ambas partes. Con los datos de concentración y de biomasa se determinó el contenido (mg) total por planta de ambos nutrientes.

Una vez finalizada la fase de vivero en otoño, los tratamientos de los tres experimentos fueron plantados en campo ese mismo otoño-invierno con el fin de evaluar su desarrollo en campo. La plantación se realizó en parcelas del Centro "El Serranillo" y las condiciones de humedad edáfica fueron buenas en el momento de plantación. Del experimento de contenedores y de fertilización se disponen de datos de tres años de desarrollo en campo, mientras que del de endurecimiento solamente se tienen datos del primer año. En este último experimento, además de la plantación en campo, se realizó una segunda plantación dentro de un invernadero en contenedores de 500 L (1 x 1 x 0,5 m) con arena y en la que se reguló el riego con el fin de someter a las plantas a condiciones de aridez severa. El resultado de las plantaciones ha sido determinado a través de mediciones de incremento de altura y diámetro de los tallos con respecto a unas mediciones bases, y del porcentaje de marras. Información más detallada sobre el diseño experimental de los tres ensayos puede ser recabada en Domínguez *et al.* (2000a), Domínguez *et al.* (2000b) y Villar Salvador *et al.* (2000), recogidas en estas mismas actas.

La relación entre el tamaño de las plantas (altura, diámetro y peso seco de la parte aérea y radical) y el estado nutricional (concentración y contenido de N y P en las partes aéreas y raíces) de las plantas al salir del vivero con su desarrollo ulterior en campo (supervivencia y crecimiento) fue analizado por medio de regresiones simples lineales. En el segundo y tercer experimento (fertilización y endurecimiento, respectivamente) la unidad experimental fue el bloque mientras que en el primero (contenedores) fue el tratamiento ya que en este ensayo el diseño espacial fue al azar.

En la representación gráfica de algunas de las relaciones (Figura 2) se ha optado como variable de crecimiento el incremento de volumen de las plantas, que recoge a la vez el incremento en altura y diámetro de las plantas, asumiendo que los tallos son troncocónicos.

Resultados

El porcentaje de marras en condiciones reales de campo en los tres experimentos fue bajo, en la mayoría de los casos inferior al 15%. Tanto en el experimento de contenedores como en el de fertilización no se observó relación entre las variables morfológicas y nutricionales de las plantas al salir del vivero con su supervivencia en campo (datos no mostrados). Solamente en el caso del ensayo de contenedores uno de los tratamientos mostró una mayor mortandad, que coincidió con las plantas más pequeñas (Figura 1A). Incluso bajo condiciones de sequía severas, como las experimentadas por los brinzales en una plantación con disponibilidad restringida de agua, no hubo relación entre el tamaño de las plantas y el porcentaje de mortandad (Figura 1B).

El estado nutricional de las plantas al salir del vivero presentó una relación significativa y positiva con el crecimiento en diámetro en campo (Tabla 1 y Figura 2), a diferencia de lo manifestado con el crecimiento en altura, en el que en ningún caso se relacionó significativamente. Sin embargo, la citada relación del incremento de diámetro se manifestó a través del contenido total de N y P en la planta, pero no con la concentración de N y P, tanto de tallos como de raíces. En el experimento de endurecimiento, el contenido total de N y P explicó un 41 y 43%, respectivamente, del crecimiento en diámetro en campo, mientras que en el experimento de fertilización, solamente el contenido total de fósforo se relacionó significativamente con el crecimiento en diámetro de las plantas en campo. En ningún caso se presentó una relación significativa entre los contenidos de ambos elementos minerales y el crecimiento en altura (Tabla 1 y Figura 2).

El crecimiento de las plantas en campo en los tres experimentos también se relacionó significativamente y de manera positiva con el tamaño de las plantas al salir del vivero (Tabla 1 y Figura 3). En ningún caso se observaron relaciones negativas significativas. Sin embargo, tanto los tipos de variables morfológicas de vivero que se relacionaron significativamente con el crecimiento, como el porcentaje de variación explicado difirió entre experimentos (Tabla 1). En el caso del experimento de envases forestales, prácticamente todas las variables de tamaño de planta al salir del vivero se relacionaron significativamente y positivamente con el incremento de diámetro y, especialmente, con el incremento de altura después de tres años en campo (Tabla 1). En algunos casos el porcentaje de la variación explicada fue superior al 60%.

En el ensayo de fertilización, las relaciones significativas y la capacidad predictiva del crecimiento en campo por parte de las variables morfológicas de las plantas medidas al salir del vivero fue considerablemente menor. En concreto, solamente el peso seco de las raíces y el peso total explicaron un porcentaje significativo de la variación de crecimiento en diámetro de las plantas, pero no del crecimiento en altura. El porcentaje de variación explicada por estas dos variables fue sólo el 23 y 18%, respectivamente (Tabla 1).

En el ensayo de endurecimiento ninguna de las variables de tamaño de las plantas se relacionó significativamente con el crecimiento en altura después del primer año en campo, pero sí lo hicieron con el crecimiento en diámetro (Tabla 1). Variables como el diámetro de los tallos y el peso seco radical explicaron el 50% de la variación del crecimiento en diámetro.

Discusión

Los resultados obtenidos apoyan las hipótesis planteadas en la introducción del trabajo, es decir, que dentro del rango legal de calidad cabal, las plantas de *P. pinea* más grandes y con mayor contenido de nutrientes (especialmente fósforo) son las que mejores crecimientos experimentan en condiciones de campo, un resultado que coincide con lo observado en otras especies (van den Driessche, 1992). Además, las plantas más grandes no necesariamente tienen que presentar más mortandad que las más pequeñas, incluso bajo condiciones severas de sequía, un patrón constatado también en *P. halepensis* en plantaciones del semiárido español (Cortina *et al.*, 1997; Oliet *et al.*, 1997). Por el contrario y tal como señalan los datos del experimento de contenedores la mortandad puede ser incluso mayor cuando se recurre a plantas muy pequeñas, un fenómeno que también ha sido citado en otras especies (Mexal y Landis, 1990).

Las relaciones entre el tamaño de las plantas al salir del vivero y el crecimiento en campo difirieron ligeramente entre experimentos. En el ensayo de fertilización el número de relaciones significativas fue reducido en comparación con los otros dos experimentos. Ello puede ser debido, en parte, a que en dicho experimento el rango de tamaños y contenidos de nutrientes de las plantas fue menor que en los otros dos experimentos. Un segundo motivo, es que el primer verano pasado por dicha plantación (1997) fue muy "dulce", pudiéndose amortiguar en parte las posibles diferencias posteriores entre tratamientos. A pesar de ello, se observó que después de tres años las plantas de mayor biomasa, especialmente radical, y mayor contenido inicial de fósforo crecieron más deprisa.

La inexistencia de relaciones entre el desarrollo en campo del pino piñonero con la concentración de nutrientes al salir del vivero contrasta con lo observado en muchas otras coníferas (Van den Driessche, 1992; Oliet *et al.*, 1997). En *P. pinea*, al igual que en *P. ponderosa* (Mattsson, 1997), las relaciones con los nutrientes son más bien debidas a los contenidos que a las concentraciones en tejidos. El contenido de nutrientes está a menudo ligado al tamaño de la planta, de modo que a igualdad de concentración de un nutriente, las plantas más grandes presentan más contenido del mismo. Con el fin de analizar si la concentración de nutrientes realmente juega algún papel en el crecimiento en campo de *P. pinea*, independientemente del tamaño de las plantas, hemos efectuado correlaciones parciales estableciendo como variables independientes la concentración de nutrientes y la biomasa de las plantas. Los resultados indicaron que las correlaciones parciales de las concentraciones de nutrientes no fueron significativas (por ejemplo, $[N_A]$ $r_{\text{parcial}}=-0,03$, $P=0,93$), pero si lo fueron las de las variables de biomasa (por ejemplo, peso total planta $r_{\text{parcial}}=0,61$, $P=0,012$). Ello reforzaría, por tanto, la idea de que en *P. pinea* las variables relacionadas con el tamaño inicial de los brinzales son las más relevantes desde el punto de vista de la predicción del crecimiento posterior en campo.

¿Por qué las plantas más grandes se desarrollan mejor en campo que las más pequeñas? Los brinzales más grandes y mejor nutridos presentan una mayor capacidad productiva ya que normalmente desarrollan más superficie y maquinaria bioquímica fotosintética. Siempre que los brinzales sean plantados en el momento adecuado, dicha mayor capacidad productiva constituye un factor esencial para sobrevivir en ambientes mediterráneos. Posiblemente permite a las plantas desarrollar un sistema radical más extenso y más profundo con el que alcanzar reservas hídricas necesarias para sobrevivir al primer verano. Sin embargo, el que la planta más grande tenga mejor crecimiento en campo no implica que cualquier planta grande

pueda ser empleada en reforestación. Las plantas, además de ser más altas, deben tener tallos más gruesos y bien ramificados, así como estar razonablemente equilibrados con su sistema radical. Se desaconsejan las plantas altas pero delgadas de tallo, ya que normalmente son plantas ahiladas por haber crecido a la sombra, en contenedores de reducido volumen o a densidades de cultivo muy elevadas.

En conclusión, podemos afirmar que las plantas más grandes y con mayor contenido de N y P de *P. pinea* son las que mejor crecimiento presentan. En contra de la creencia de numerosos profesionales del ámbito forestal, los brinzales más grandes no necesariamente presentan mayor número de marras que las plantas más pequeñas. Los resultados expuestos en este trabajo constituyen un acicate para que en el sector forestal se apueste por plantas más grandes. Ello se consigue produciendo los brinzales en envases de mayor volumen e incrementando las dosis de fertilización (Domínguez *et al.*, 2000a; Domínguez *et al.*, 2000b; Oliet *et al.*, 1997).

Bibliografía

- CORTINA, J.; VALDECANTOS, A.; SEVA, J.P.; VILAGROSA, A.; BELLOT, J. y VALLEJO, V.R. (1997). *Relación tamaño-supervivencia en plantones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidos en vivero*. Actas del 1er Congreso Forestal Hispano-Luso (IRATI 97). 22-27 Junio, Pamplona
- DOMINGUEZ, S.; OLIET, J.L.; RUÍZ, P.; CARRASCO, I. y PEÑUELAS J.L. (2000a). *Influencia de la relación NPK en el desarrollo en vivero y campo de planta de Pinus pinea L.* Actas del 1er Simposio del Pino Piñonero. 22-24 febrero 2000, Valladolid.
- DOMINGUEZ, S.; CARRASCO, I.; HERRERO, N.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS J.L. y NICOLÁS, J.L. (2000b). *Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantitas de P. pinea en campo*. Actas del 1er Simposio del Pino Piñonero. 22-24 febrero 2000, Valladolid.
- MATTSSON, A. (1997). *Predicting field performance using seedling quality assessment*. New Forests 13: 227-252.
- MEXAL, J.G. y LANDIS, T.D. (1990). *Target seedling concepts: height and diameter*. En: Target seedling symposium: proceedings, combined meeting of the Western Forestry Nursery Associations. Rose, R; Campbell, S.J. y Landis, T.D (editores). USDA For. Ser. Oregon.
- OLIET J.; PLANELLES R.; LOPEZ M. y ARTERO F. (1997). *Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de Pinus halepensis*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4: 69-79
- ROYO, A.; FERNÁNDEZ, M.; GIL, L.; GONZÁLEZ, E.; PUELLES, A. RUANO, R y PARDOS, J.A. (1997). *La calidad de la planta de vivero de Pinus halepensis destinada a la repoblación forestal*. Tres años de resultados en la Comunidad Valenciana. Montes 50:29-39.

VAN DEN DRIESSCHE, R. (1992). *Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments.* Can. J. For. Res. 22:740-749

VILLAR SALVADOR, P; PEÑUELAS, J.L. y CARRASCO, I. (2000). *Efecto del endurecimiento por estrés hídrico y la fertilización en parámetros funcionales relacionados con la calidad de la planta en Pinus pinea L.* Actas del 1er Simposio del Pino Piñonero. 22-24 febrero 2000, Valladolid.

Tabla 1.- Coeficientes de determinación (r^2) y significación estadística en las regresiones entre las variables relacionadas con el tamaño y estado nutricional de las plantas de *Pinus pinea* al salir del vivero (variables independientes) y el crecimiento de las plantas en campo (variables dependientes) en los tres experimentos analizados. $[N_A]$ y $[P_A]$ = concentración de nitrógeno y fósforo en partes aéreas, $[N_R]$ y $[P_R]$ = concentración de nitrógeno y fósforo en raíz. N_{total} y P_{total} son el contenido total de N y P en planta. Niveles de significación estadística = ns (no significativo): $P \geq 0,05$; * : $0,05 > P \geq 0,01$; ** : $0,01 > P \geq 0,001$; *** : $P < 0,001$

Variables de las plantas en Vivero	Experimento contenedores (n=16)		Experimento fertilización (n=24)		Experimento endurecimiento(n=18)	
	Increment.	Increment.	Increment.	Increment.	Increment.	Increment.
	Altura	diámetro	altura	diámetro	altura	diámetro
Altura	0,27 *	0,65 ***	0,008 ns	0,11 ns	0,009 ns	0,31 *
Diámetro	0,63 ***	0,12 ns	0,015 ns	0,07 ns	0,007 ns	0,50 **
Peso seco aéreo	0,53 **	0,32 *	0,006 ns	0,12 ns	0,001 ns	0,44 **
Peso seco radical	0,65 ***	0,26 *	0,10 ns	0,23 *	0,007 ns	0,50 **
Peso seco total	0,60 ***	0,32 *	0,03 ns	0,18 *	0,0004 ns	0,49 **
$[N_A]$	-	-	0,04 ns	0,06 ns	0,0001 ns	0,11 ns
$[N_R]$	-	-	0,001 ns	0,06 ns	0,004 ns	0,005 ns
$[P_A]$	-	-	0,001 ns	0,16 ns	0,001 ns	0,02 ns
$[P_R]$	-	-	0,002 ns	0,18 *	0,03 ns	0,007 ns
N_{total}	-	-	0,001 ns	0,024 ns	0,0001 ns	0,41 **
P_{total}	-	-	0,002 ns	0,28 **	0,002 ns	0,43 **

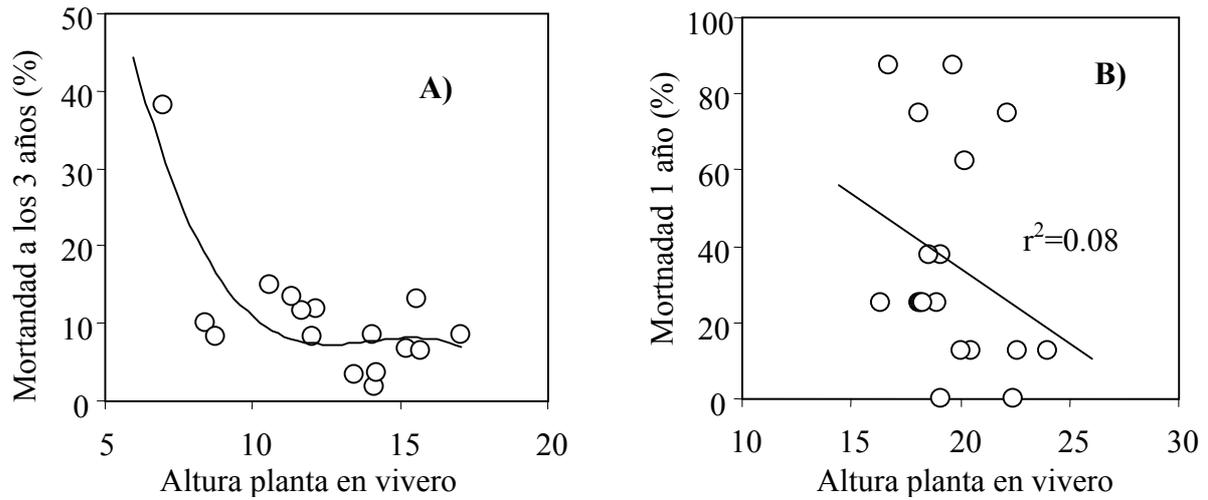


Figura 1.- Relación entre la altura de los brinzales de *Pinus pinea* al salir del vivero y su mortandad posterior en plantación bajo A) condiciones reales de campo en el experimento de contenedores y B) condiciones controladas en el ensayo de endurecimiento, en el que las plantas fueron sometidas a una fuerte sequía.

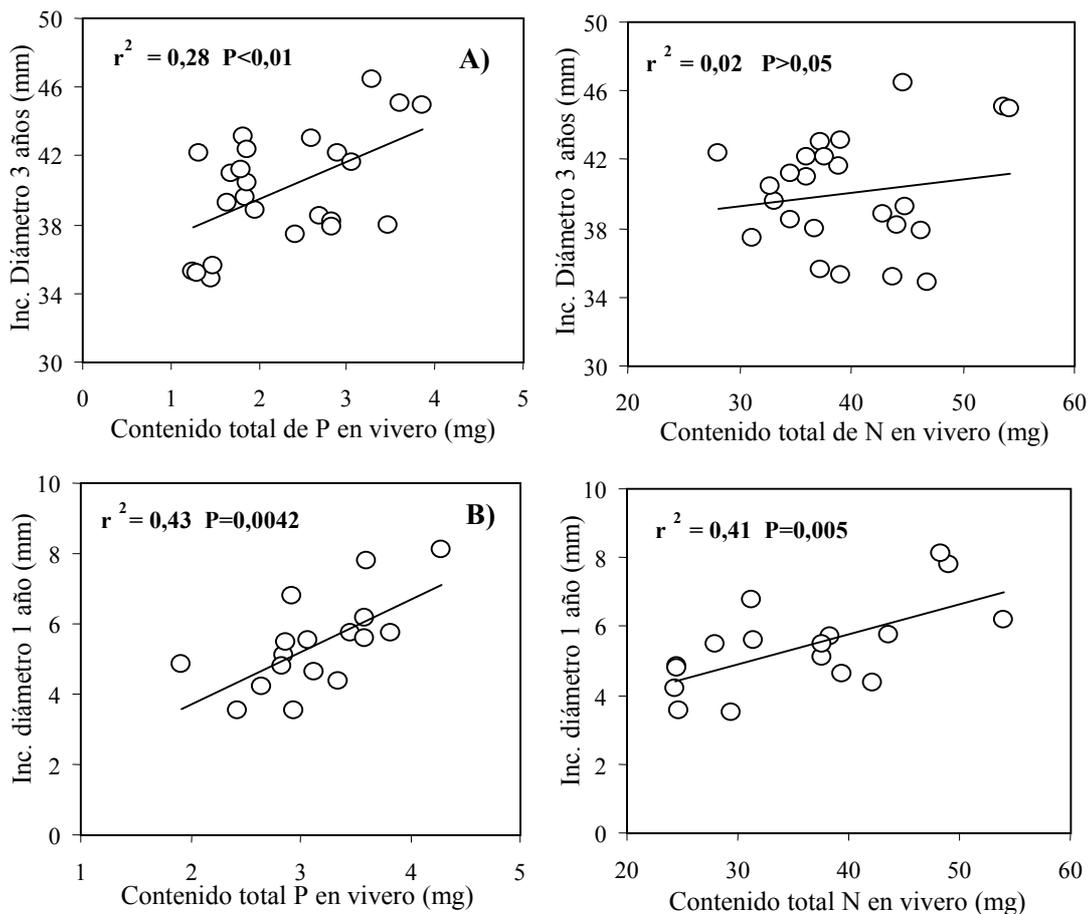


Figura 2.- Relación entre el contenido de fósforo y nitrógeno total en las plantas de *Pinus pinea* y su crecimiento en diámetro en campo en A) el experimento de fertilización y B) en el experimento de endurecimiento.

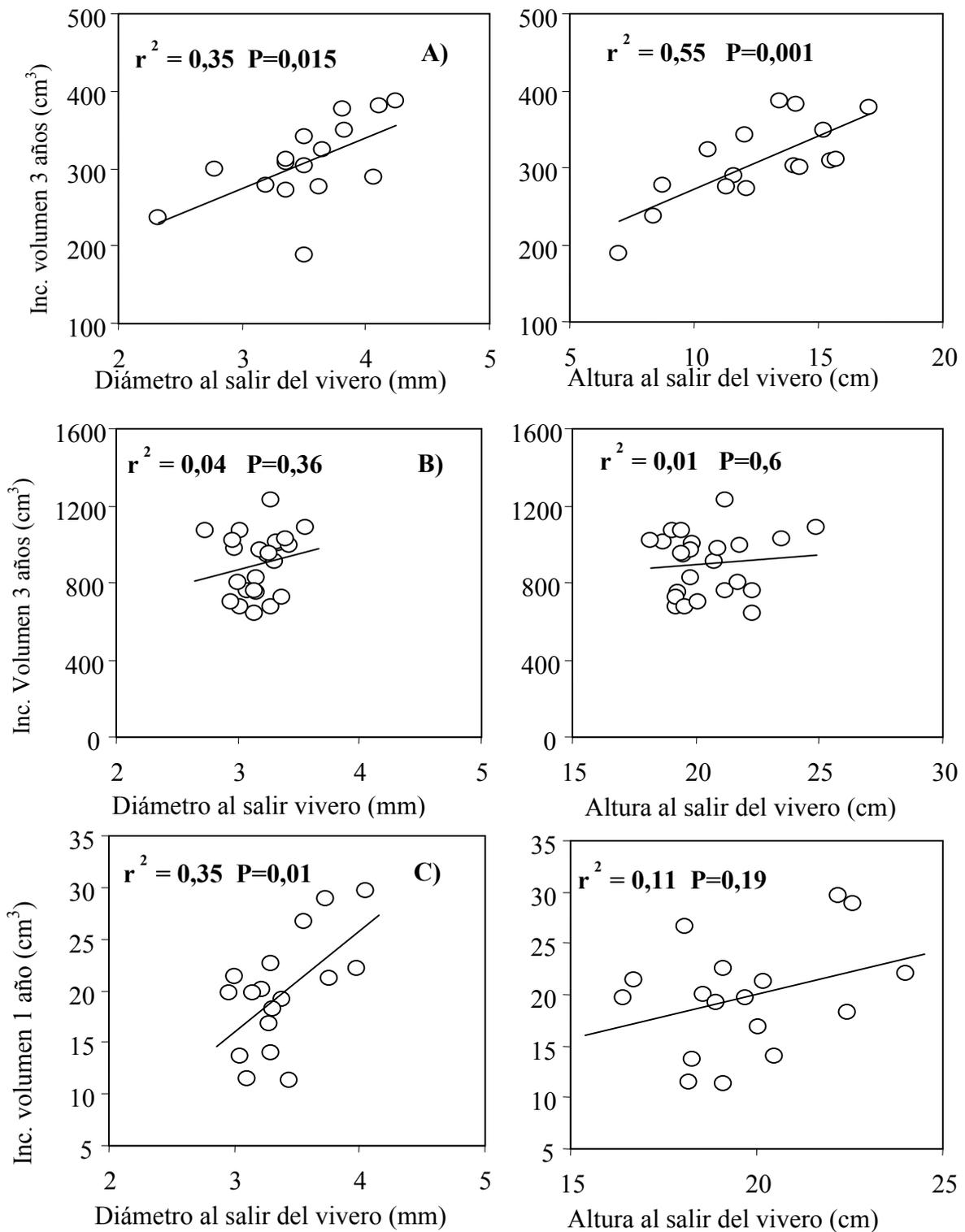


Figura 3.- Relación entre el diámetro y la altura de los brinzales de *Pinus pinea* al salir del vivero con su crecimiento en volumen en campo en A) el experimento de contenedores, B) el experimento de fertilización y C) el experimento de endurecimiento.