

# FACTORES EDÁFICOS DE PLANTACIONES JÓVENES DE *PINUS PINASTER* AIT. EN ASTURIAS Y SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO

Elias Afif Khouri, Asunción Cámara Obregón, Pedro Álvarez-Álvarez y Marcos Barrio Anta

Grupo de Investigación de Sistemas Forestales Atlánticos (GIS-Forest). Área de Ingeniería Agroforestal. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. c/ Gonzalo Gutiérrez de Quirós s/n. 33600-MIERES (Asturias, España). Correo electrónico: elias@uniovi.es

## Resumen

El conjunto de datos utilizados procede de la medición de 23 parcelas de plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* Ait. de 4 a 9 años de edad localizadas en la parte centro-occidental del Principado de Asturias. El trabajo presentado tiene por objetivo la inspección de posibles relaciones entre las principales variables edáficas y el intercepto de crecimiento (IC) como indicador de calidad de estación de las citadas plantaciones jóvenes. En cada una de las parcelas de superficies comprendidas entre 110 y 540 m<sup>2</sup> se midieron entre 2 y 6 árboles dominantes para determinar el IC definido como el crecimiento periódico en altura de los cuatro primeros entrenudos por encima de la altura normal. De acuerdo con el modelo de regresión lineal múltiple por pasos sucesivos, la altitud fue la variable más significativa en la explicación del IC, llegando a explicar una variabilidad del 35,1% del mismo. Los resultados parecen indicar que en especies frugales como *Pinus pinaster* existen otras variables (p. ej., variables climáticas) que tienen más peso en la explicación de la calidad de la estación forestal que las variables edáficas. Sin duda, la frugalidad de esta especie es un factor decisivo a la hora de explicar esta baja influencia de la disponibilidad de nutrientes en la calidad de estación.

Palabras clave: *Análisis de suelo, Árboles dominantes, Intercepto de crecimiento, Pino marítimo*

## INTRODUCCIÓN

*Pinus pinaster* Ait. es una conífera natural de la región mediterránea occidental y de la fachada atlántica. En España es el pino que ocupa de forma natural mayor superficie, siendo también con el que más se ha repoblado. La subespecie atlántica ocupa el norte de Portugal, noroeste de España y suroeste de Francia, siempre en cotas bajas. En la actualidad, la superficie arbolada de Asturias es de 451.116 ha, de las cuales alrededor de 40.000 ha son pinares, de éstos, *Pinus pinaster* ocupa 20.844 ha con una

producción de 65.000 m<sup>3</sup> de madera cortada al año (D.G.C.N., 2006).

Entre los años 1993 y 2007 esta especie se plantó en Asturias a un ritmo promedio de 400 hectáreas por año, representando el 15% de la superficie total plantada en la región en dicho período (ÁLVAREZ-ÁLVAREZ et al., 2011), principalmente en zonas próximas al límite con Galicia, en los concejos costeros entre Carreño y Castropol. De acuerdo con el Plan Forestal de Asturias (GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS, 2002), se prevé duplicar las plantaciones de esta especie en un plazo de 60 años, lo que

da idea de la importancia creciente que va a tener la especie dentro del sector forestal asturiano.

En condiciones climáticas homogéneas, algunos estudios regionales en el noroeste de España fueron enfocados a estimar la influencia de las propiedades físico-químicas de los suelos en la productividad de la estación para mejorar la gestión forestal (AFIF et al., 2009). La relación de la calidad de estación con parámetros edáficos en esta especie es en general muy baja y así ha sido puesto de manifiesto por GANDULLO Y SÁNCHEZ-PALOMARES (1994) en un estudio llevado a cabo para toda el área de distribución española y que estos autores atribuyen al carácter estenoico del *Pinus pinaster* (área de distribución natural limitada a la zona circummediterránea occidental). Sin duda la frugalidad de la especie es un factor decisivo a la hora de explicar esta baja influencia de la disponibilidad de nutrientes en los suelos en la calidad de estación.

El objetivo de este trabajo es la inspección de posibles relaciones entre las principales variables edáficas responsables de la productividad de la estación forestal y el intercepto de crecimiento como indicador de calidad de estación de plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* Ait. de 4 a 9 años de edad localizadas en la parte centro-occidental del Principado de Asturias (Noroeste de España).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El conjunto de datos utilizados procede de la medición de 23 parcelas de plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* Ait. de 4 a 9 años de edad localizadas en la parte centro-occidental del Principado de Asturias (Figura 1). En cada una de las parcelas de superficies comprendidas entre 110 y 540 m<sup>2</sup>, dependiendo de la densidad de las plantaciones, se midieron los diámetros normales en cruz y las alturas totales de cada uno de los árboles incluidos en las mismas. La altura dominante de la parcela se obtuvo promediando las alturas de los 100 pies más gruesos por hectárea (MADRIGAL et al., 1999). En la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos de algunas de las variables climáticas y selvícolas de las parcelas seleccionadas.

Debido a la juventud de las parcelas se ha optado por considerar el intercepto de crecimiento temprano en altura (IC) como indicador de calidad de estación, puesto que es un método preciso en rodales jóvenes y con muchas ventajas sobre las curvas de calidad tradicionales (THROWER, 1990). En cada una de las parcelas se midieron entre 2 y 6 árboles dominantes, dependiendo de la superficie de la parcela para determinar el IC definido en este trabajo, de acuerdo

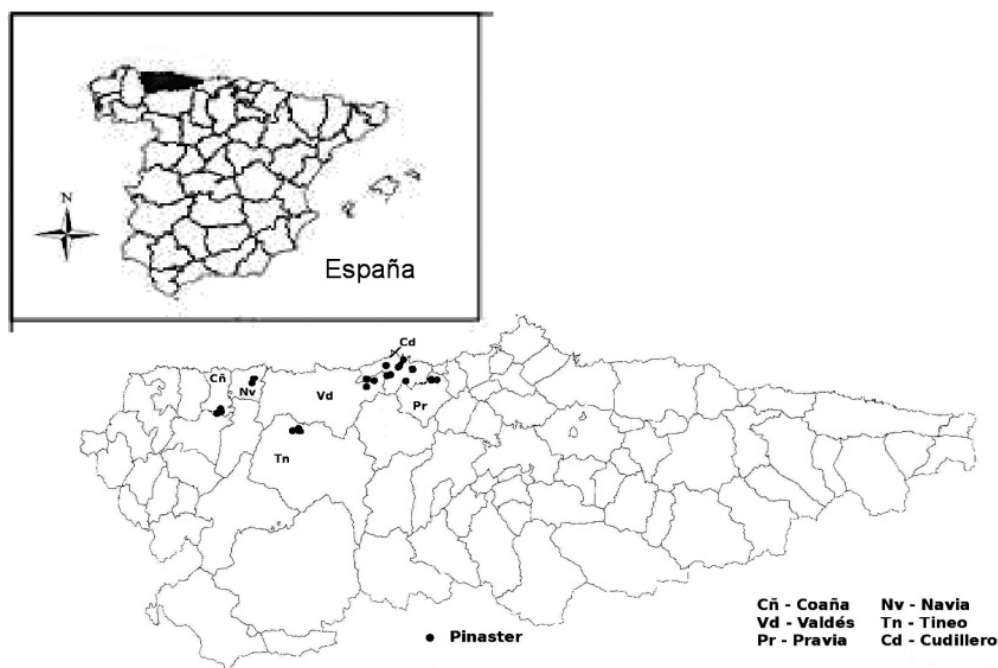


Figura 1. Localización de las parcelas de plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* en Asturias

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Dv. St.
T (°C)	10,30	13,30	11,79	0,83
P (mm)	972	1216	1.059,42	72,64
ETP (mm)	635	709	671,55	19,73
IC (m)	0,33	0,93	0,56	0,15
N (pies·ha <sup>-1</sup> )	742,19	2.153,02	1.221,60	381,57
G (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	0,28	19,35	5,87	5,02
t (años)	4	9	6,78	1,35

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de variables climáticas y de las plantaciones de estudio. *T* es la temperatura media anual; *P* la precipitación media anual; *ETP* la evapotranspiración potencial media anual; *IC* el intercepto de crecimiento; *N* el número de pies por hectárea; *G* el área basimétrica y *t* la edad de la plantación

con las edades de las plantaciones, como el crecimiento periódico en altura de los cuatro primeros entrenudos por encima de la altura normal (Figura 2). La expresión final de la ecuación para obtener el IC de cada parcela es la siguiente:

$$IC = (h_2 - h_1) / 4$$

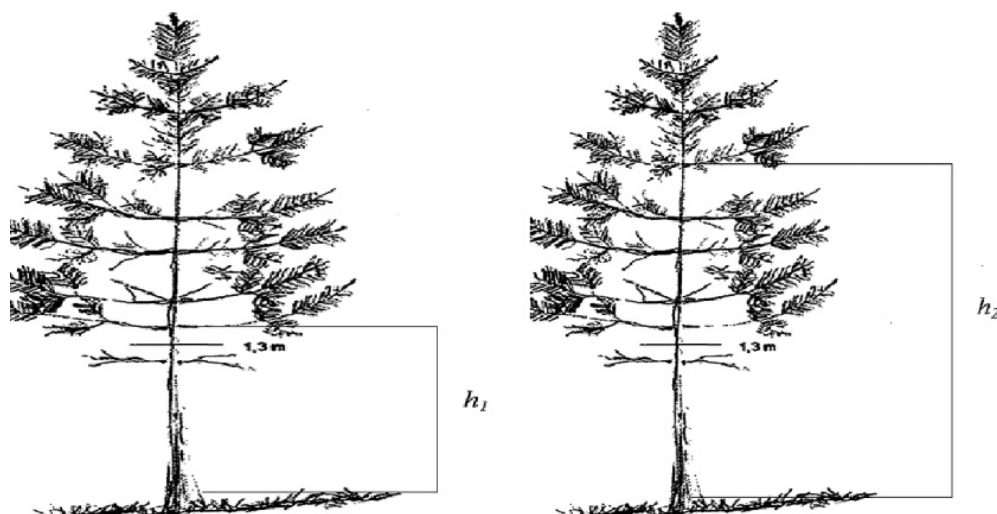
donde:

$h_1$  = altura del primer verticilo del año vegetativo por encima de 1,30 m.

$h_2$  = altura del último verticilo del cuarto año de crecimiento.

Los suelos de las parcelas se clasificaron en Ustorthent y Ustochrept (SOIL SURVEY STAFF, 1999). En cada parcela se midió la profundidad efectiva del suelo en 3 puntos centrales con la ayuda de una sonda holandesa y con la misma se tomó una muestra representativa del suelo compuesta por la homogeneización de 5 submue-

tras tomadas al azar, evitando los límites de la parcela, a 0-20 cm de profundidad. El suelo recogido en ningún caso había sido abonado recientemente. Las muestras de suelo se secaron al aire a temperatura ambiente, se desmenuzaron suavemente y se hicieron pasar por un tamiz de 2 mm de luz de malla circular para quitar los elementos gruesos. En ellas se determinó la textura según el método de la pipeta Robinson usando hexametáfosfato sódico con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> como dispersante; el pH potenciométricamente en una suspensión suelo:agua 1:2,5; sales solubles en el extracto 1:5; bases extraíbles con CINH<sub>4</sub> 1 N y Al intercambiable con KCl 1M, ambos por absorción atómica y a continuación se calculó la capacidad de intercambio catiónico efectiva (bases + aluminio de cambio); nitrógeno total por el método Kjeldahl; el carbono orgánico por



**Figura 2.** Representación del primer verticilo del año por encima de la altura normal (imagen izquierda) y la medida hasta el cuarto verticilo de crecimiento contando a partir del primer verticilo primaveral por encima de 1,30 m (imagen derecha)

ignición y el fósforo disponible se determinó por el método de Mehlich 3 (MEHLICH, 1985), por ser el más adecuado para la estimación de fósforo asimilable en una amplia gama de suelos no calcáreos (AFIF Y OLIVEIRA, 2006).

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el programa SPSS 19 (SPSS, 2010). Se aplicó en primer lugar una estadística descriptiva de las variables consideradas en este trabajo. Posteriormente se llevó a cabo un análisis de correlación lineal a través del coeficiente de correlación de Pearson para analizar la interrelación entre las variables edáficas y entre éstas y el IC. También se llevó a cabo un análisis de regresión lineal múltiple por pasos sucesivos para predecir el IC. Las correlaciones mostradas en el texto son correlaciones significativas a un nivel de significación del 5%, excepto cuando se indique otro nivel de significación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estadísticos descriptivos de los valores de algunas variables fisiográficas y edáficas de las 23 parcelas analizadas se presentan en la Tabla 2. Los suelos en los que crecen las plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* presentan

un carácter fuertemente ácido, altos contenidos de materia orgánica, relación C/N elevada, poca profundidad efectiva y bajos contenidos en bases y P disponible extraído por el método de Mehlich 3. Similares deficiencias en P asimilable y bases extraíbles han sido encontradas en otras zonas del noroeste peninsular debido al fuerte lavado como consecuencia de la elevada pluviosidad, y a la tendencia de estos suelos a fijar el P de forma no asimilable por las plantas mediante la formación de complejos estables con los sesquióxidos de Fe y Al (DAMBRINE *et al.*, 2000; BALBOA, 2005).

El IC osciló entre 0,33 y 0,93 m (Tabla 1) y estaba negativamente correlacionado con la altitud ( $r = -0,592$ ) y con el contenido de N total ( $r = -0,504$ ), y positivamente con una combinación de dos variables directamente relacionadas con el grado de fertilidad del suelo: capacidad de intercambio catiónico efectiva / contenido de Al intercambiable ( $r = 0,428$ ).

La relación de la calidad de estación con parámetros edáficos en esta especie es en general muy baja y así ha sido puesto de manifiesto por GANDULLO Y SÁNCHEZ-PALOMARES (1994) en un estudio llevado a cabo para toda el área de distribución española y que estos autores atribuyen al carácter estenoico del *Pinus pinaster* (área de

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Dv. St.
Alt. (m)	95	582	351,09	170,18
Pte. (%)	6,30	54,80	27,64	12,43
Profundidad (m)	0,22	0,70	0,32	0,11
Arcilla (%)	7,40	41,15	22,27	9,14
Arena (%)	27,60	85,21	61,79	14,90
MO (%)	2,02	11,84	6,40	3,03
pH (en agua, 1:2,5)	3,50	5,09	4,15	0,40
N (%)	0,10	0,44	0,16	0,07
C/N	6,90	42,94	24,61	11,08
PM3 (mg·kg <sup>-1</sup> )	4,84	14,86	10,16	2,72
K (cmolc·kg <sup>-1</sup> )	0,18	1,30	0,39	0,25
Ca (cmolc·kg <sup>-1</sup> )	0,32	4,98	1,29	1,25
Mg (cmolc·kg <sup>-1</sup> )	0,35	3,06	0,99	0,71
Al (cmolc·kg <sup>-1</sup> )	1,07	8,78	4,95	2,03
CICE (cmolc·kg <sup>-1</sup> )	5,69	19,34	7,68	3,50

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos de las variables fisiográficas y edáficas consideradas en las 23 parcelas de estudio. Alt. es la altitud s.n.m.; Pte. es la pendiente de la parcela; Profundidad es la profundidad efectiva del suelo; MO el porcentaje de materia orgánica; PM3 el fósforo extraíble con Mehlich 3 y CICE la capacidad de intercambio catiónico efectiva

VARIABLES	ECUACIÓN	R <sup>2</sup>	Error típ.
Altitud (Alt)	IC = 0,744 – 0,001Alt	0,351	0,125

Tabla 3. Análisis de regresión “stepwise” entre el IC y la altitud

distribución natural limitada a la zona circunmediterránea occidental). Sin duda la frugalidad de la especie es un factor decisivo a la hora de explicar esta baja influencia de la disponibilidad de nutrientes en los suelos en la calidad de estación.

La correlación negativa encontrada entre el IC y el N total puede reflejar indirectamente unas condiciones de drenaje limitado en los suelos de las parcelas estudiadas, por lo que la poca aireación limitaría el crecimiento de las raíces afectando al crecimiento de las plantaciones. Además, en climas con mucha pluviometría, en donde las pérdidas de nitrato por lixiviación son muy importantes, la absorción del nitrógeno amoniacal predomina sobre la del nítrico. Este hecho en suelos de carácter ácido puede traer consigo la disminución de la absorción de algunos cationes (GONZÁLEZ-PRieto et al., 1996). Una correlación negativa entre el índice de sitio como indicador de calidad de estación y el N total en los suelos también ha sido observada por AFIF et al. (2009) en masas regulares de *Pinus pinaster* en Asturias y por ROMANYÀ & VALLEJO (2000) en plantaciones de *Pinus radiata* en otras regiones del norte de España.

Generalmente son otras variables de la estación diferentes a la concentración de nutrientes las que habitualmente juegan un mayor papel a la hora de explicar la variación en la calidad de estación. Así, BARÁ Y TOVAL (1983), LÓPEZ et al. (2008), AFIF et al. (2009) y ÁLVAREZ-ÁLVAREZ et al. (2011) han puesto de manifiesto una correlación negativa de la altitud con el índice de sitio. Esto indica que *Pinus pinaster* puede ser considerado como especie “exigente en estación” más que como especie “exigente en nutrición” según términos usados por KERR & CAHALAN (2004), lo que concuerda con su reconocida frugalidad.

No ha sido posible obtener, mediante un modelo de regresión lineal múltiple por pasos sucesivos, una ecuación que explicara la mayor parte de la varianza del IC con las variables edáficas. Gran parte de los datos obtenidos procede de parcelas de poca profundidad efectiva, por lo que otros factores ecológicos pueden estar

implicados en la variación de la productividad. Sin embargo, la Tabla 3 muestra una ecuación de regresión con el objetivo de apreciar la importancia de la altitud en la calidad de estación de *Pinus pinaster* con una varianza explicada de 35,1%. LÓPEZ et al. (2008) con un modelo de regresión lineal por pasos sucesivos, considerando la totalidad de posibles variables estacionales y foliares para predecir el índice de calidad de estación, llegaron a explicar un máximo del 38% de la variabilidad total del índice de sitio con la altitud y el K foliar.

## CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis permiten concluir que los suelos presentan un carácter fuertemente ácido, altos contenidos de materia orgánica, relación C/N elevada, poca profundidad efectiva y bajos contenidos en bases y P disponible extraído por el método de Mehlich 3. El intercepto de crecimiento como indicador de calidad de estación de las plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* en Asturias, estaba negativamente correlacionado con la altitud y con el N total, y positivamente con una combinación de dos variables directamente relacionadas con el grado de fertilidad del suelo: capacidad de intercambio catiónico efectiva / contenido de Al intercambiable. De acuerdo con el modelo de regresión lineal múltiple por pasos sucesivos, la altitud fue la variable más significativa en la explicación del intercepto de crecimiento, llegando a explicar una variabilidad del 35,1% del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFIF, E.; BARRIO-ANTA, M.; GORGOSO-VARELA, J.J.; OLIVEIRA, J.A. Y CÁMARA-OBREGÓN, A.; 2009. Factores edáficos y estado nutricional de las masas de *Pinus pinaster* Ait. en Asturias y su influencia en el índice de sitio. En: S.E.C.F.-Junta de Castilla-León (eds.),

- Actas del 5º Congreso Forestal Español 5CFE01-216*: 2-10. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.
- AFIF, E. Y OLIVEIRA, J.A.; 2006. Pérdida de disponibilidad y niveles críticos de fósforo Mehlich 3 en suelos no calcáreos de Asturias. *Pastos* 35: 29-74.
- ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; AFIF, E.; CÁMARA-OBREGÓN, A.; CASTEDO-DORADO, F. & BARRIO-ANTA, M.; 2011. Effects of foliar nutrients and environmental factor on site productivity in *Pinus pinaster* Ait. Stands in Asturias (NW Spain). *Ann. For. Sci.* 68: 497-509.
- BALBOA, M.A.; 2005. *Biomasa arbórea y estabilidad nutricional de los sistemas forestales de Pinus pinaster Ait., Eucalyptus globulus Labill. y Quercus robur L. en Galicia*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo.
- BARÁ, S. Y TOVAL, G.; 1983. *Calidad de estación del Pinus pinaster Ait. en Galicia*. INIA. Serie Recursos Naturales. Madrid.
- DAMBRINE, E.; VEGA, J.A.; TABOADA, T.; RODRÍGUEZ, L.; FERNÁNDEZ, C.; MACÍAS, F. & GRAS, J.M.; 2000. Bilans d'éléments minéraux dans de petits bassins versants forestiers de Galice (NW Espagne). *Ann. For. Sci.* 57: 23-38.
- D.G.C.N.; 2006. *Tercer Inventario Forestal Nacional*. Principado de Asturias. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GANDULLO, J.M. Y SÁNCHEZ-PALOMARES, N.; 1994. *Estaciones ecológicas de los pinares españoles*. MAPA. ICONA. Colección Técnica. Madrid.
- GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS; 2002. *Plan Forestal de Asturias*. Consejería del Medio Rural y Pesca. Oviedo.
- GONZÁLEZ-PRIETO, S.J.; CABANEIRO, A.; VILLAR, M.C.; CARBALLAS, M. & CARBALLAS, T.; 1996. Effect of soil characteristics on N mineralization capacity in 112 native and agricultural soils from the northwest of Spain. *Biol. Fert. Soil.* 22: 252-260.
- KERR, G. & CAHALAN, C.; 2004. A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Ecol. Manage.* 188: 225-234.
- LÓPEZ, B.; OCAÑA, L.; LARIO, F.J.; MERINO, A. Y RODRÍGUEZ, R.; 2008. Relación estación-producción y estado nutricional de plantaciones jóvenes de *Pinus pinaster* Ait. en terrenos agrícolas abandonados en Galicia. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28: 237-243.
- MADRIGAL-COLLAZO, A.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J.G.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.J. Y ROJO-ALBORECA, A.; 1999. *Tablas de producción para los montes españoles*. Editorial Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- MEHLICH, A.; 1985. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Soil Sci. and Plant Anal.* 15: 1409-1416.
- ROMANYÀ, J. & VALLEJO, V.R.; 2000. Productivity factors of *Pinus radiata* D. Don in Spain. In: Sociedade Portuguesa da Ciencia do Solo (eds.), *Proceeding of the International Symposium on Managing Forest Soils for Sustainable Productivity*: 155-156. Villa Real. Portugal.
- SOIL SURVEY STAFF; 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Agricultural Handbook 436, 2nd edition, United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington DC.
- SPSS, 2010. *SPSS para windows, version 19*. SPSS Inc.
- THROWER, J.; 1990. *Site quality evaluation using site Index*. Note of silviculture Inst. of Br. Columbia.