

APROXIMACIÓN A LOS REQUERIMIENTOS DEL TERRITORIO PARA EL CRECIMIENTO DE PINO SILVESTRE (*Pinus sylvestris* L.) EN LA SIERRA DE ODÉN

J.R. OLARIETA^{1,2}, J. MOLINS², R. RODRÍGUEZ^{1,2}, R. BLANCO³, M. ANTÚNEZ¹

¹Dept. Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida. Rovira Roure, 177. Lleida 25198. E-mail:jramon.olarieta@macs.udl.es

²Area de Sòls. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Pujada del Seminari s/n. Solsona 25280. Lleida.

³Dept. Producció Vegetal i Ciència Forestal. Universitat de Lleida. Rovira Roure, 177. Lleida 25198.

Abstract: Land requirements for *Pinus sylvestris* L. growth were studied in 22 plots in Sierra de Odén (Lleida) by comparing site index values to land characteristics. For the whole set of plots, site index at age 75 years (IE75) is positively correlated with rootable depth. In plots located above 1400 m, higher growth occurs on South-facing plots (IE75 of 16'3 m) than on North-facing plots (IE75 of 13'3 m), and within South-facing plots, on non-shallow soils (IE75 of 21'5 m) than on shallow soils (IE75 of 13'7 m). In plots below 1400 m, aspect has no significant effect, whereas accumulated moisture deficit and rootable depth show a strong correlation with IE75. We emphasize that land characteristics may have contradictory effects on growth depending upon the other characteristics, and thus, at each spatial scale of analysis, their effects must be studied as a whole.

Keywords: forest soils; land evaluation; *Pinus sylvestris*; site quality.

Resumen: Se estudiaron los requerimientos del territorio para el crecimiento del pino silvestre en 22 parcelas en la Sierra de Odén (Lleida) mediante la comparación entre el índice de estación a los 75 años (IE75) y diversas características del territorio. Para el total de parcelas, el IE75 está correlacionado positivamente con la profundidad enraizable. En parcelas por encima de 1400 m el crecimiento es mayor en orientación Sur (IE75 de 16'3 m) que en orientación Norte (IE75 de 13'3 m), y dentro de la orientación Sur, en parcelas con suelos no superficiales es mayor (IE75 de 21'5 m) que en las de suelos superficiales (IE75 de 13'7 m). En parcelas por debajo de 1400 m el déficit de humedad anual y la profundidad enraizable tiene una alta correlación con el IE75. Concluimos que las características del territorio pueden tener efectos contradictorios sobre el crecimiento dependiendo de los valores que toman las demás características, y que a cada escala espacial debe analizarse el efecto de aquéllas de manera conjunta.

Palabras clave: calidad de estación; evaluación del territorio; *Pinus sylvestris*; suelos forestales.

INTRODUCCION

Los bosques dominados por pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) ocupan aproximadamente 15730 ha en la mitad septentrional de la comarca del Solsonés (Lleida), y unas 79000 ha en toda la provincia de Lleida.

Una adecuada gestión forestal requiere, entre otras herramientas, la división del territorio en unidades homogéneas en cuanto a potencialidades y limitaciones en el uso (Kimmins, 1992). Este es también el objetivo de la evaluación del territorio, que precisa, a su vez, del conocimiento de los requerimientos que tiene un determinado tipo de uso. Los requerimientos para el crecimiento del pino silvestre fueron estudiados a escala estatal por Nicolás y Gandullo (1969) y revisados por Gandullo y Sánchez (1994). En este trabajo pretendemos realizar una primera aproximación a la definición de los requerimientos del territorio para el crecimiento de pino silvestre, a una escala más detallada, en la Sierra de Odén, situada entre las comarcas del Solsonés y del Alt Urgell (Lleida) (ver Figura 1). Al mismo tiempo, se quiere contribuir al conocimiento de los suelos de esta zona del Prepirineo.

MATERIAL Y METODOS

El pino silvestre domina las masas forestales en la zona de estudio (42°8'N, 1°26'E) entre altitudes de 1000 m y 1800 m, y localmente se considera que hay un crecimiento significativamente mejor en orientaciones Norte que en orientaciones Sur. En base a estos antecedentes, se estudiaron 22 parcelas de 200 m² de superficie estratificadas en base a la altitud (mayor o menor de 1400 m) y la orientación. En este último caso, únicamente se consideraron dos orientaciones, Sur (entre 90° y 270° respecto al Norte) y Norte (demás exposiciones). En cada parcela se midió el diámetro normal de los pies en los que éste era igual o superior a 5 cm mediante forcípula de brazo móvil, y se contó el número de pies con diámetro inferior a 5 cm. Asimismo, se midió la altura total de los dos pies dominantes de cada parcela. Se determinó, también, la edad de estos pies en un testigo obtenido en la base del tronco. Para cada parcela se determinó la clase de calidad de estación (CCE) y el índice de estación a los 75 años (IE75) en base a las curvas de García y Tella (1986).

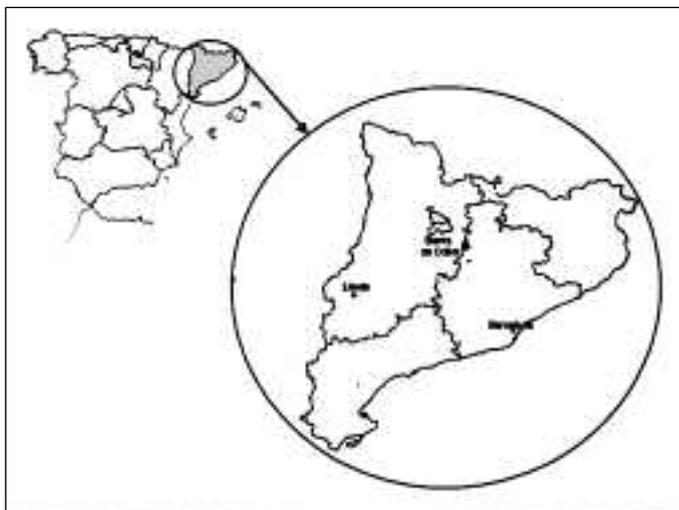


FIGURA 1. Localización de la Sierra de Odén.

En cada parcela se caracterizó el territorio y se describió una calicata según los criterios SINEDARES (CBDSA, 1983). Los horizontes de suelo se muestrearon, analizándose el pH (1:2'5 en agua), materia orgánica (método de Walkley-Black), nitrógeno total (método Kjeldahl), carbonato cálcico equivalente (mediante el calcímetro de Bernard), y potasio (extracción con acetato amónico 1N a pH=7 y determinación por absorción atómica) y fósforo (método Olsen-Watanabe) asimilables, siguiendo en todos los casos las propuestas de Page *et al.* (1982). Para cada perfil de suelo se estimó la capacidad de retención de agua disponible en función de la profundidad enraizable, proporción de elementos gruesos en cada horizonte, y los valores de agua disponible en función de la textura y el horizonte propuestos por Hall *et al.* (1977).

Se realizó una aproximación a las condiciones microclimáticas de cada parcela. A partir de los datos del observatorio de Solsona (664 m de altitud) se consideró un descenso de la temperatura media mensual por cada 100 m de ascenso en altitud de 0'47°C en los meses de invierno, y de 0'63°C en los meses restantes (Ferrer, 1981). En dicho observatorio, la precipitación media anual es de 700 mm, la temperatura media anual de 12'1°C, la temperatura media del mes más frío de 3'8°C, y la del mes más cálido de 21'7°C. Se utilizó la propuesta de Montero de Burgos (1982) para modificar estas temperaturas en función de la orientación de la parcela. En cuanto a la pluviometría, se consideró un aumento anual de 55 mm por cada 100 m de ascenso en altitud (Montero de Burgos, 1982). Este aumento se repartió proporcionalmente a la pluviometría mensual. Por encima de 1600 m de altitud se consideró que la pluviometría permanece constante (Ferrer, 1981). Se estimó la radiación incidente y la evapotranspiración potencial (método de Turc) para cada parcela en base al modelo ECOSIM (Gracia, 1991). Se desarrolló un balance hídrico simple para

cada parcela considerando: a) las pérdidas por interceptación propuestas por Wickramasinghe (1988), b) que sólo hay evapotranspiración en aquellos meses en los que la temperatura media es mayor o igual a 5°C (Wickramasinghe, 1988), y c) que la extracción de agua del suelo en los meses secos sigue un modelo lineal. Se determinó así para cada parcela la evapotranspiración real anual, y el déficit anual acumulado.

Para el análisis estadístico de los datos, y en el caso particular de las características químicas de los suelos, se utilizó el valor promedio de cada característica en los 30 cm superficiales, por considerar que aquí se dan mayoritariamente los procesos de absorción de nutrientes. El tratamiento estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1989), realizando análisis de correlaciones (mediante el procedimiento "Proc. Corr.") entre las diversas variables cuantitativas dasométricas y edafo-climáticas, análisis de modelos lineales generalizados (mediante el procedimiento "Proc. GLM") entre el índice de estación y las variables cualitativas del medio (clases de altitud, orientación, y profundidad enraizable), y, en su caso, separación de medias mediante el test de Duncan, y análisis de regresión lineal (mediante el procedimiento "Proc. Reg.") entre el índice de estación y las variables cuantitativas edafo-climáticas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las características dasométricas de las masas de pino silvestre estudiadas son muy variables (Tabla 1). El índice de estación varía (IE75) entre 8 m y 25 m, y la clase de calidad de estación (CCE) que aparece, claramente, con mayor frecuencia es la III.

Los suelos de las parcelas estudiadas se han desarrollado mayoritariamente sobre calizas, conglomerados, y los coluviones de ambos. Sólo puntualmente, y en cotas bajas, aparecen limolitas y arenitas (Tabla 1).

TABLA 1. Caracterización fisiográfica, dasométrica y del material original del suelo de las parcelas estudiadas.

1	2	3	4	5	6	7	8
P1	1560	160	46	III	13.8	33.9	cal
P2	1540	220	42	III	13.2	14.0	cal
P4	1780	180	42	II	19.0	15.8	ccal
P5	1740	140	11	III	12.6	9.1	cal
P6	1700	314	25	III	13.7	14.0	cal
P7	1720	324	64	III	15.8	9.1	ccal
P8	1800	156	38	III	15.3	21.1	cal
P9	1700	32	46	III	13.8	13.2	ccal
P10	1560	340	41	IV	8.3	36.3	cal
P11	1540	144	40	I	24.0	40.4	cal
P12	1200	328	34	II	20.4	49.7	cal
P13	1160	220	30	IV	8.4	31.6	cconlim
P14	1000	310	46	III	15.1	27.5	con
P15	1010	320	30	III	14.9	30.7	con
P16	1080	330	15	III	12.2	53.4	con
P17	1040	300	20	IV	11.4	29.5	con
P18	1440	20	64	III	14.4	66.5	con
P19	1460	40	44	III	14.0	45.8	cal
P20	1260	135	38	III	13.5	29.5	ccal
P21	1080	50	52	I	25.2	50.8	con
P22	1100	58	40	II	18.6	44.5	ccon
P23	1140	0	36	III	15.0	45.8	ccal

1:parcela;2:altitud(m);3:exposición(grados en relación al norte);4:pendiente (%);5:clase de calidad de estación;6:IE75(m);7:área basimétrica(m².ha⁻¹); 8:material original del suelo,cal:caliza,ccal:coluvión de caliza, con:conglomerado calcáreo,ccon:coluvión de conglomerado, lim:limolita.

De los resultados del modelo climático utilizado, y en consonancia con las propuestas de Alberto *et al.* (1984), se ha obtenido que el régimen de humedad del suelo en la zona estudiada es ústico hasta altitudes alrededor de 1100 m, y que es údico por encima de ésta. Igualmente, se ha obtenido que el régimen de temperatura es mésico hasta 1400 m de altitud, frígido entre 1400 y 1700 m, y por encima de esta altitud, frígido si el suelo presenta horizonte O, y cryico si este horizonte no aparece en el perfil.

Taxonómicamente los suelos presentan una gran variabilidad, con 16 subgrupos de Soil Taxonomy, y 20 familias (Tabla 2). La

característica más significativa es la abundancia de familias texturales esqueléticas, e incluso fragmentales. En los perfiles que no quedan incluidos en estas familias, el volumen de enraizamiento queda limitado por la presencia de contactos líticos. En la fracción fina predominan las texturas francas y arcillo-limosas. Se alcanzan porcentajes de arcilla de hasta el 55%, y en siete perfiles estos porcentajes son más altos que el umbral superior definido por Gandullo (1998) para el pino silvestre. El pH de estos suelos se encuentra entre 6'7 y 8'3, apareciendo la mitad de los perfiles decarbonatados o con niveles muy bajos de carbonatos (Tabla 2).

TABLA 2. Clasificación de los perfiles y principales características de los 30 cm superficiales de los suelos de las parcelas estudiadas.

1	Clasificación suelo	2	3	4	5	6	7	8
P1	Eutrochrept lítico, franco, mezclado, frígido	8.1	10	5.3	0.21	161	7	F
P2	Udorthent lítico, esquelético franco, mezclado, calcáreo, frígido	8.0	43	4.4	0.18	82	6	F
P4	Udorthent típico, fragmental, mezclado, frígido	7.3	9	19.5	0.72	329	29	FL
P5	Rendoll cryico lítico, arcilloso, mezclado	6.7	9	9.4	0.40	189	6	AcL
P6	Rendoll lítico, arcilloso, mezclado, frígido	6.7	9	9.2	0.37	171	6	Ac
P7	Udorthent típico, esquelético franco, mezclado, calcáreo, frígido	8.0	42	7.1	0.26	94	11	F
P8	Cryochrept lítico, arcilloso, mezclado	6.7	0	10.5	0.43	161	6	FAC
P9	Rendoll típico, fragmental, mezclado, frígido	8.1	0	6.3	0.23	118	6	AcL
P10	Eutrochrept típico, esquelético arcilloso, mezclado, frígido	7.6	0	5.5	0.20	143	5	AcL
P11	Rendoll lítico, esquelético franco, mezclado, frígido	8.2	30	6.3	0.25	136	8	F
P12	Hapludalf lítico, esquelético arcilloso, mezclado, mésico	7.9	2	4.3	0.23	100	6	Ac
P13	Udorthent lítico, franco, mezclado, calcáreo, mésico	8.3	56	5.3	0.25	84	9	F
P14	Haplustalf ochréptico, esquelético franco, mezclado, mésico	8.3	23	4.6	0.18	386	4	F
P15	Haplustalf ochréptico, esquelético franco, mezclado, mésico	8.3	43	3.3	0.05	86	5	F
P16	Haplustoll lítico, esquelético franco, mezclado, mésico	7.5	0	3.8	0.18	114	5	FACAr
P17	Haplustoll lítico, esquelético franco, mezclado, mésico	8.3	33	4.1	0.10	86	5	F
P18	Eutroboralf típico, esquelético franco, mezclado, frígido	8.1	3	4.3	0.11	107	7	FL
P19	Udorthent lítico, franco, Mezclado, frígido	8.1	12	4.8	0.18	84	6	F
P20	Argiudoll típico, esquelético franco, mezclado, mésico	8.1	4	5.3	0.30	221	10	FAC
P21	Calciustoll údico, esquelético franco, mezclado, mésico	8.2	12	2.2	0.10	68	6	F
P22	Haplustalf údico, esquelético franco, mezclado, mésico	6.9	0	2.9	0.10	75	6	FAR
P23	Rendoll típico, esquelético franco, mezclado, mésico	6.7	0	4.3	0.16	94	8	

1: parcela; 2: pH; 3: carbonatos(%); 4: materia orgánica(%); 5: nitrógeno total(%); 6: potasio(mg.kg⁻¹); 7: fósforo(mg.kg⁻¹); 8: textura USDA, F: franca, FL: franco-limosa, AcL: arcillo-limosa, Ac: arcillosa, FAC: franco-arcillosa, FACAr: franco-arcillo-arenosa, FAR: franco-arenosa.

El análisis de correlación muestra una correlación positiva significativa ($p < 0.01$) entre las concentraciones de materia orgánica en los 30 cm superficiales del suelo y las de nitrógeno ($r = 0.97$), fósforo ($r = 0.80$), y potasio ($r = 0.58$), reflejando la dependencia de los citados elementos respecto al ciclo de la materia orgánica en estos sistemas forestales. En cualquier caso, esta relación varía en función de la altitud, de manera que es mucho más intensa a altitudes superiores a 1400 m, en las que los coeficientes de correlación aumentan para los tres elementos (N: $r = 0.99$; P: $r = 0.84$; K: $r = 0.92$) ($p < 0.01$). En cambio, a altitudes inferiores la correlación únicamente se mantiene para el nitrógeno ($r = 0.73$, $p < 0.01$), dejando de ser significativa ($p > 0.10$) tanto para el potasio como para el fósforo.

Para el total de las estaciones estudiadas, el IE75 tiene una correlación significativa positiva con la profundidad enraizable ($r = 0.45$, $p < 0.05$). Considerando dos clases de profundidad enraizable, superficial (profundidad menor de 50 cm) y no superficial (profundidad mayor de 50 cm) (Soil Survey Staff, 1992), el IE75 resulta ser significativamente mayor ($p < 0.10$) sobre suelos de familias no superficiales, que alcanzan un IE75 medio de 16.5 m ($n = 12$), que sobre suelos de familias superficiales, que presentan un IE75 medio de 13.5 m ($n = 10$).

Las características de fertilidad química del suelo no tienen una correlación significativa con el IE75, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Monleón *et al.* (1997). Por ello, parece que la importancia que tiene el pH en los estudios a escala estatal (Gandullo y Sánchez, 1994) podría deberse, en parte, más a su posible correlación con la pluviometría que al efecto de la propia acidez o basicidad del suelo.

La altitud y la orientación por separado no tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el IE75, pero sí su interacción, a pesar de lo limitado del número de parcelas

estudiado en cada caso. A altitudes superiores a 1400 m, las orientaciones Sur (IE75 medio de 16.9 m, $n = 6$) tienen crecimientos significativamente más rápidos que las orientaciones Norte (IE medio de 12.8 m, $n = 6$). Estas parcelas también tienen un índice de estación medio significativamente menor ($p < 0.10$) que el de las de orientación Norte y altitud inferior a 1400 m, cuyo IE75 medio es de 16.2 m ($n = 8$). Por el contrario, las parcelas con orientación Sur y altitud mayor de 1400 m tienen un IE75 medio de 16.9 m ($n = 6$), que es significativamente mayor ($p < 0.10$) que el de las de orientación Sur y altitud inferior a 1400 m, que sólo alcanzan un IE75 medio de 11.0 m ($n = 2$). El índice de estación de estas últimas parcelas también es significativamente menor ($p < 0.10$) que el de las de orientación Norte a la misma altitud. El bajo número de parcelas estudiadas en orientación Sur y baja altitud se debe a que aquí el pino silvestre ya queda desplazado en gran parte por *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*.

Si realizamos el análisis de correlación por separado para las estaciones situadas por encima o por debajo de 1400 m de altitud, aparecen cambios significativos en la importancia de las diferentes características del territorio.

En las parcelas por encima de esta altitud ($n = 12$), la profundidad enraizable deja de estar correlacionada significativamente con el IE75, mientras que en las estaciones de altitud menor ($n = 10$), la correlación aumenta ($r = 0.67$, $p < 0.05$) en relación al total de las estaciones. Igualmente, el déficit de humedad acumulado, calculado según el modelo descrito, aparece como una variable con una correlación significativa negativa ($r = -0.90$, $p < 0.01$) con el IE75 para las parcelas a baja altitud.

Se obtiene un resultado aberrante, ya que la evapotranspiración real calculada también presenta una correlación significativa negativa ($r = -0.68$, $p < 0.05$) con el IE75. Esta evapotranspiración, a su vez, está correlacionada

positivamente con el déficit calculado ($r=0'64$, $p<0'05$), lo que sugiere que el modelo de balance hídrico utilizado da una importancia excesiva a las lluvias de verano, y que quizás éstas no son realmente eficaces para la evapotranspiración.

El análisis de modelos lineales generalizados muestra que la combinación de la orientación de la parcela, el carácter superficial o no del perfil del suelo, y la interacción de ambas variables tiene un efecto significativo ($R^2=0'69$, $p<0'05$) sobre la variabilidad en el IE75 a altitudes superiores a los 1400 m, si bien el número de parcelas estudiadas es limitado. Considerando la interacción de exposición y profundidad, las parcelas con orientación Sur y suelos no superficiales (IE75 medio de 21'5 m, $n=1$) tienen crecimientos significativamente mayores ($p<0'05$) que las parcelas de orientación Sur y suelo superficial (IE75 medio de 13'7 m, $n=5$), y que todas las parcelas con orientación Norte, ya tengan suelo superficial (IE75 medio de 13'9 m, $n=2$) o no-superficial (IE75 medio de 13'1 m, $n=4$).

Parece, por tanto, que a altitudes superiores a 1400 m, tanto el frío como la disponibilidad de humedad actúan como limitantes para el crecimiento del pino silvestre.

A altitudes inferiores a 1400 m, se obtiene un modelo muy satisfactorio de predicción del crecimiento mediante la siguiente regresión lineal:

$$IE75 = 28'1 - 0'06 * \text{Déficit}$$

$$(R^2=0'81, p<0'001, n=10)$$

A estas altitudes, por tanto, la humedad es claramente el factor limitante del crecimiento para esta especie.

CONCLUSIONES

El crecimiento de pino silvestre en el área estudiada está determinado, en gran manera, por las cualidades del territorio relacionadas con la disponibilidad de temperatura y por la disponibilidad de humedad. La

importancia relativa, o incluso la pérdida de importancia, de cada una de estas cualidades del territorio depende de la subzona más concreta de que se trate. Las características del territorio que pueden servir para caracterizar aquellas cualidades son, básicamente, altitud, orientación, y profundidad de suelo enraizable.

Así, para la Sierra de Odén, en general, el crecimiento del pino silvestre depende de la profundidad enraizable, pero no de la altitud o de la orientación de la ladera.

A altitudes inferiores a 1400 m dentro de la Sierra, la disponibilidad de humedad es, también, la cualidad determinante, de manera que el índice de estación a los 75 años, que varía a esta altitud entre 8 m y 25 m, depende en un 80% del déficit de humedad acumulado.

Sin embargo, a altitudes superiores a 1400 m, el intervalo de variación del IE75 es similar, entre 8 y 24 m, pero la situación es más compleja ya que hay influencia tanto de la disponibilidad de temperatura como de la de humedad. De esta forma, el crecimiento es menor en orientaciones Norte (IE75 medio de 13'3 m) que en orientaciones Sur (IE75 medio de 16'3 m), y dentro de éstas, hay una tendencia a un mayor crecimiento en suelos no-superficiales que en suelos superficiales.

REFERENCIAS

- Alberto, F., Arrúe, J.L. y Machín, M.. (1984). El clima de los suelos de la Cuenca del Ebro. I. Regímenes de humedad. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 17(1/2): 7-20.
- CBDSA. (1983). *SINEDARES. Manual para la Descripción Codificada de Suelos en el Campo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Ferrer, J. (1981). *Estudio Geológico, Edáfico y Fitoecológico de la Zona de Pastos del Valle de Tena (Huesca)*. Institución Fernando El Católico, Zaragoza.

- Gandullo, J.M. (1994). Valencia textural de las especies forestales. *Edafología*, 5: 41-46.
- Gandullo, J.M. y Sánchez, O. (1994). *Estaciones Ecológicas de los Pinares Españoles*. Colección Técnica, ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- García, J.L. y Tella, G. (1986). *Tablas de Producción de Densidad Variable para Pinus sylvestris L. en el Sistema Pirenaico*. Comunicaciones INIA, Serie Recursos Naturales nº43. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Gracia, C. (1991). *ECOSIM. Simulación y Análisis de Problemas en Ecología. Versión 39.01/A*. Dept. Ecología, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Hall, D.G.M., Reeve, M.J., Thomasson, A.J. y Wright, V.F. (1977). *Water Retention, Porosity, and Density of Field Soils*. Tech. Mono. No.9. Soil Survey of England and Wales, Harpenden.
- Kimmins, H. (1992). *Balancing Act. Environmental Issues in Forestry*. UBC Press, Vancouver.
- Monleón, V., Caja, E. y López, M. (1997). Limitación de la producción por nutrientes en cinco comunidades forestales en Valsain (Segovia). In F. Puertas y M. Rivas (Eds.), *I Congreso Forestal Hispano-Luso, vol. II*, Gobierno de Navarra, Pamplona, 431-436.
- Montero de Burgos, J.L. (1982). El clima y la introducción de especies. In *Principios de Introducción de Especies*. INIA, IUFRO, Lourizán, Pontevedra, 215-239.
- Nicolás, A. y Gandullo, J.M. (1969). *Ecología de los Pinares Españoles II. Pinus sylvestris L.* Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.
- Page, A.L., Miller, R.H. y Keeney, D.R. (1982). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, EEUU.
- SAS Institute. (1989). *SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th Edition*. SAS Institute Inc., Cary, EEUU.
- Soil Survey Staff. (1996). *Keys to Soil Taxonomy, Seventh Edition*. NRCS, United States Dept. of Agriculture, Washington, D.C..
- Wickramasinghe, A. (1988). Modeling tree growth potential based on effective evapotranspiration. *Forest Science*, 34(4): 864-881.