



## 6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

---

**6CFE01-157**

---

Montes: Servicios y desarrollo rural  
10-14 junio 2013  
Vitoria-Gasteiz



---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013  
ISBN: 978-84-937964-9-5  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Caracterización edáfica y crecimiento de *Pinus radiata* D. Don en sistemas silvopastorales en Asturias

AFIF KHOURI, E., OLIVEIRA PRENDES, J.A., GORGOSO VARELA, J.J. y PALENCIA GARCIA, P.

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Escuela Politécnica de Mieres. Universidad de Oviedo.

### Resumen

Los sistemas silvopastorales con leñosas perennes de crecimiento rápido suelen establecerse en suelos con buenos niveles de fertilidad, por lo que se evaluaron las propiedades edáficas después de 6 años del establecimiento de pino radiata en sistemas silvopastorales en los municipios de Tineo y Carreño. El ensayo incluyó tres mezclas pratenses: (1) *Dactylis glomerata* cv Cambria (14 kg/ha) + *Lolium perenne* cv Brigantia (14 kg/ha) + *Trifolium repens* cv Huia (4 kg/ha), (2) *D. glomerata* cv Cambria (7 kg/ha) + *L. perenne* cv Brigantia (7 kg/ha) + *T. repens* cv Huia (4 kg/ha) + *Agrostis - tenuis* cv Highland (14 kg/ha), (3) *D. glomerata* cv Cambria (7 kg/ha) + *L. perenne* cv Brigantia (7 kg/ha) + *T. repens* cv Huia (4 kg/ha) + *Festuca rubra rubra* cv Bargena (14 kg/ha) y como control se consideró el prado natural bajo arbolado. Los resultados concluyen que los suelos entre 0-20 cm de profundidad en ambas zonas presentan un carácter moderadamente ácido, aceptables contenidos de materia orgánica y N total, baja relación C/N, bajos contenidos en bases y P disponible. Se detectaron diferencias significativas entre las dos zonas en algunos de los parámetros edáficos y en la altura y el diámetro de copa del pino radiata.

### Palabras clave

Arbolado, mezclas pratenses, propiedades del suelo.

### 1. Introducción

La producción de un sistema silvopastoral depende de la edad, de la especie forestal y de la densidad del arbolado establecida de manera que, cuando los árboles son jóvenes, la producción de diferentes mezclas pratenses (OLIVEIRA *et al.*, 2012) no se ve limitada por la competencia ejercida por la cubierta arbolada independientemente de que ésta este constituida por coníferas o frondosas. A medida que el crecimiento de los árboles aumenta el efecto producido por estos sobre la producción de pasto también lo hace, de manera que esta última se va reduciendo (MOSQUERA-LOSADA *et al.*, 2006). Por todo ello, la elección adecuada de la especie arbórea implantada así como la densidad de plantación permite obtener un mayor rendimiento económico en comparación con los sistemas exclusivamente forestales o ganaderos (FERNÁNDEZ-NÚÑEZ *et al.*, 2007).

Una de las principales especies de coníferas utilizadas en el norte y noroeste de España en el establecimiento de sistemas silvopastorales es el pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) (RIGUEIRO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2010). La buena aceptación de esta especie para establecer sistemas silvopastorales se debe fundamentalmente al gran crecimiento de la especie, la precocidad con que alcanza los máximos de producción en volumen, la calidad de su madera para diversos usos, así como su gran plasticidad y flexibilidad selvícola, que hace posible practicar distintos tratamientos selvícolas sin que la producción se vea sensiblemente afectada.

Los sistemas silvopastorales en general suelen establecerse en suelos con buenos niveles de fertilidad, pero precisan ser fertilizados sobre todo con nitrógeno, fósforo y potasio, para que así el suelo recupere los nutrientes perdidos y las especies herbáceas persistan frente a las arbustivas (MOSQUERA-LOSADA *et al.*, 2005). La presencia de las leñosas perennes puede provocar un efecto acidificante del suelo, ya que las extracciones de nutrientes es mayor que en el caso de las frondosas debido, por una parte a que se trata de especies de crecimiento rápido y por otra parte a que son especies de hojas perenne por lo que la reposición de nutrientes al suelo se reduce considerablemente en comparación con las frondosas normalmente de crecimiento más lento y sobre todo si son de hoja caduca.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es caracterizar los suelos después de seis años de la implantación de un ensayo silvopastoral con tres mezclas pratenses y plantaciones de pino radiata en Carreño y en Tineo.

## 3. Metodología

Los ensayos se establecieron en una zona costera de Asturias situada en el concejo de Carreño (Tamón) (latitud: 43° 30' 40,73" N, longitud: 5° 50' 15,96" W, altitud: 185 m) y en una zona de interior en el concejo de Tineo (Rellón) (latitud: 43° 20' 34,66" N, longitud: 6° 34' 4,14" W, altitud: 525 m). Los valores medios de algunas variables climáticas en ambas zonas obtenidos del Mapa de Clases Agrológicas se muestran en la Tabla 1. La parcela de Carreño tiene una pendiente del 5%, orientación SE, un suelo de textura franco-arcillo-arenosa y pH = 5,6. La parcela de Tineo tiene una pendiente entre el 5 y el 10%, orientación SO, un suelo de textura franca y pH = 5,5.

Tabla 1. Valores medios para un periodo de 10 años de variables climáticas de las zonas de Carreño y Tineo.

Variables climáticas	Localidad	
	Carreño	Tineo
T (°C)	13	11
P (mm)	1.100	1.300
ETP (mm)	750	750

donde T es la temperatura media anual; P la precipitación media anual y ETP la evapotranspiración potencial media anual

Las fases de preparación del terreno y siembra de pratenses se realizaron en la primavera del 2005. En las parcelas, tras una labor de arado, se corrigió la acidez del suelo mediante un encalado aportando 2,3 t/ha de caliza pulverizada en ambas localidades y con el fin de conseguir unos niveles de fertilidad adecuados que permitan atender las necesidades de las especies pratenses, las parcelas recibieron un abonado de fondo con superfosfato de cal del 18% (460 kg/ha y 300 kg/ha en Carreño y Tineo, respectivamente) y sulfato potásico del 50% (950 y 755 kg/ha en Carreño y Tineo, respectivamente). No se aplicó nitrógeno y no se volvió a fertilizar el ensayo durante los años siguientes.

Antes de la plantación se realizó la siembra de las siguientes mezclas pratenses, todas con una dosis de 32 kg de semilla por ha: (1) *Dactylis glomerata* cv Cambria (14 kg/ha) + *Lolium perenne* cv Brigantia (14 kg/ha) + *Trifolium repens* cv Huia (4 kg/ha), (2) *D. glomerata* cv Cambria (7 kg/ha) + *L. perenne* cv Brigantia (7 kg/ha) + *T. repens* cv Huia (4

kg/ha) + *Agrostis tenuis* cv Highland (14 kg/ha) y (3) *D. glomerata* cv Cambria (7 kg/ha) + *L. perenne* cv Brigantia (7 kg/ha) + *T. repens* cv Huia (4 kg/ha) + *Festuca rubra rubra* cv Bargena (14 kg/ha). Aunque estaba previsto la introducción de ovejas en la parcelas, la dificultad para encontrar animales próximos a la fincas, determinó que la gestión de los ensayos fuese mediante siega dos veces al año.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres repeticiones y tres tratamientos (tres mezclas pratenses), considerando como control el prado natural nacido tras el laboreo. La parcela elemental estuvo compuesta de 9 árboles y tuvo una superficie de 135 m<sup>2</sup>, debido a que el marco de plantación fue de 7,5 m x 2 m, siendo la densidad de plantación de 666 pies/ha (Figura 1). Se escogieron materiales mejorados de la segunda generación del programa de mejora de Nueva Zelanda (GF 19). Estos materiales seleccionados por vigor en el crecimiento y forma presentan en Nueva Zelanda crecimientos superiores a los 400 m<sup>3</sup> por hectárea al final del turno de corta. El tamaño de los hoyos de plantación fue de 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m, y en cada uno de ellos se introdujo una planta de pino radiata de una savia con 15-20 cm de altura en primavera de 2005. Las podas se comenzaron en el 2011.



Figura 1. Ensayo silvopastoral en Carreño (izquierda) y Tineo (derecha).

En cada parcela se seleccionó el árbol central para las mediciones de altura total (m) con un Vertex III, diámetro normal (medido a 1,3 m del suelo) con una forcípula y diámetro de copa (medidas de proyección de copa con Vertex III). La elección del árbol central fue para evitar el efecto borde donde se encuentran los árboles restantes.

En junio de 2011 y en cada parcela se tomó una muestra representativa del suelo compuesta por la homogeneización de 5 submuestras tomadas al azar con la ayuda de una sonda holandesa, 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 Robison 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 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).

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, considerando el factor localidad y repetición. El factor localidad se consideró fijo y el factor repetición aleatorio. En el caso de que el factor localidad fuese significativo se compararon las medias entre las zonas mediante el test de Duncan al 5%. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS (SPSS, 2011).

#### 4. Resultados

Los valores medios de las propiedades básicas del suelo en las localidades de Carreño y Tineo y los valores F de la ANOVA para el factor zona se presentan en la Tabla 2. Los suelos en ambas zonas presentan un carácter moderadamente ácido, aceptables contenidos de materia orgánica y N total, baja relación C/N y bajos contenidos en bases y P disponible. Los análisis de varianza mostraron la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los valores de algunas variables edáficas analizadas entre las dos zonas, como por ejemplo, el % de carbono orgánico y la capacidad de intercambio catiónico efectiva.

Tabla 2. Valores medios y desviaciones estándar mostrados entre paréntesis de las propiedades del suelo en las zonas de Carreño y Tineo y valores F de la ANOVA para el factor zona. \* Significativo al nivel de  $p < 0,05$ .

Propiedades del suelo	Localidad		Zona
	Carreño	Tineo	
pH (en agua, 1:2,5)	4,98 (0,639)	4,54 (0,388)	3,207
CE en agua, 1:5 (dS m <sup>-1</sup> )	0,047 (0,011)	0,072 (0,013)	27,349*
N (%)	0,301 (0,162)	0,553 (0,211)	9,635
CO (%)	2,478 (0,467)	6,023 (0,848)	1621,116*
Relación C/N	12,0 (8,062)	13,476 (8,463)	0,218
PM3 (mg kg <sup>-1</sup> )	19,695 (4,998)	21,368 (4,081)	0,640
K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,110 (0,028)	0,259 (0,151)	9,648
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,529 (1,383)	6,972 (1,040)	14,289
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,055 (0,011)	0,095 (0,028)	26,246*
Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,356 (0,130)	0,339 (0,055)	0,197
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,211 (0,183)	0,988 (0,689)	11,162
CICE (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,260 (1,348)	8,654 (0,853)	39,926*
Arena (%)	73,321 (5,482)	66,694 (6,205)	7,402
Arcilla (%)	13,842 (3,071)	14,472 (3,874)	0,106
Limo (%)	12,838 (3,241)	18,834 (3,967)	11,777

donde CE es la conductividad eléctrica; CO el porcentaje de carbono orgánico; PM3 el fósforo extraíble con Mehlich 3 y CICE la capacidad de intercambio catiónico efectiva.

Los valores medios de la altura, diámetro normal y diámetro de copa en pino radiata en las localidades de Carreño y Tineo y los valores F de la ANOVA para el factor zona se presentan en la Tabla 3. Los análisis de varianza entre las dos zonas mostraron la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los valores de altura y diámetro normal del árbol. En cuanto a la producción de biomasa no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos pratenses. El prado natural presentó una producción de biomasa seca similar a la de las mezclas pratenses, estando compuesto sobre todo por *Holcus lanatus* y *Centaurea nigra* en Carreño y por *Dactylis glomerata* en Tineo (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Tabla 3. Valores medios y desviaciones estándar mostrados entre paréntesis de las alturas, diámetro normal y diámetro de copa en *Pinus radiata* en las zonas de Carreño y Tineo y valores F de la ANOVA para el factor zona. \* Significativo al nivel de  $p < 0,05$ .

Características del árbol	Localidad		Zona
	Carreño	Tineo	
Altura (m)	6,50 (0,747)	7,53 (0,529)	240,143*
Diámetro normal (cm)	12,03 (2,551)	14,93 (1,879)	43,360*
Diámetro de copa (m)	2,82 (0,592)	3,0 (0,359)	4,733

## 5. Discusión

Las características de los suelos encontradas en las localidades de Carreño y Tineo son comunes en los suelos típicamente ácidos que se desarrollan en zonas húmedas y frías (BARÁ, 1991; AFIF Y OLIVEIRA, 2006). 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 de carácter ácido 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).

Los resultados encontrados en nuestro estudio y en ambas zonas indican la existencia de niveles aceptables de materia orgánica y N total en los suelos, posiblemente debido al desarrollo de la cubierta arbolada favoreciendo el aumento de los aportes de acículas al suelo, cuya materia orgánica se incorpora al mismo cuando las condiciones microclimáticas lo permiten. Por otro lado, el nitrógeno es un elemento que, a diferencia de otros, no está ligado al tipo de roca madre presente en el suelo, ya que su reservorio edáfico se liga fundamentalmente a los niveles de materia orgánica (WHITEHEAD, 1995).

Ambas localidades muestran una relación C/N adecuada. Dichos valores supondrían una descomposición de la materia orgánica que podríamos denominar media, tal y como indica FUENTES-YAGÜE (1999), ya que según este autor, la rapidez con la que proliferan los microorganismos desintegradores y por tanto, la rapidez con la que se descompone la materia orgánica depende de la relación C/N. Si dicha relación se encuentra en un intervalo entre 10 y 15 la descomposición de la materia orgánica es adecuada mientras que si esta relación es inferior a 10 es rápida, y si supera el valor de 15 la mineralización se ralentizaría, acumulándose materia orgánica en el sistema.

Las diferencias significativas encontradas en los valores de las variables edáficas y de crecimiento del pino radiata analizadas entre las dos zonas pueden ser debidas a la influencia del clima, sobre todo temperatura y precipitación, y probablemente al sistema de manejo empleado. Por otra parte, ambas localidades no se vieron afectadas por un periodo de sequía estival que limita el crecimiento del pasto y del arbolado.

En un sistema silvopastoral, la competencia por los recursos limitados puede suponer una merma en el crecimiento de alguno de los componentes que lo forman (YUNUSA *et al.*, 1995), en estos casos, un programa de fertilización regular ayudará a mejorar la producción del pasto y el arbolado. El problema es la propia complejidad de este tipo de sistemas, debido a la presencia de un cierto número de especies, con necesidades distintas, en la misma superficie.

Normalmente, el componente arbóreo tiene una menor demanda de nutrientes al año que la vegetación herbácea, debido a que su crecimiento es mucho más lento. Por ello, en las primeras edades del arbolado, la dosis de fertilizante a aplicar en sistemas silvopastorales será aquella que garantice un crecimiento adecuado del pasto, siempre que no perjudique al arbolado. En algunos casos puede que las necesidades de fertilización sean menores que las requeridas en un sistema agrícola tradicional, debido a la mejora en el ciclo de nutrientes que se produce en los sistemas agroforestales (LÓPEZ-DÍAZ *et al.*, 2007).

A medida que la sombra del arbolado va limitando el crecimiento de la vegetación herbácea, el efecto de la fertilización será menor y la dosis adecuada disminuirá. En este momento, la reducida respuesta a la fertilización del pasto bajo arbolado indicará que la luz, más que los nutrientes, es el factor que restrinja el crecimiento (MCADAM & SIBBALD, 2000; SILVA-PANDO *et al.* 2002).

En sistemas silvopastorales la elevada rentabilidad de la fertilización sobre el componente pascícola permite que el componente forestal se vea beneficiado por esta práctica. Las especies forestales son plantas que al permanecer durante muchos años sobre el mismo terreno disminuyen la temperatura del suelo y con ello la tasa de mineralización de la materia orgánica en función del porcentaje de luz interceptado por la cubierta arbolada y esto, junto con el hecho de que los suelos asturianos están sometidos a un intenso lavado por agua de lluvia y a la lenta transformación de la materia orgánica debido al bajo pH, hace que sea necesario mejorar y mantener la fertilidad de los sistemas silvopastorales.

La aplicación de fertilizantes permite que los árboles alcancen el estado de madurez más rápidamente, obtener un mayor volumen de madera en menos años, acortar los turnos e incrementar la producción de madera por año de cultivo (DUPRAZ *et al.*, 2005).

## 6. Conclusiones

Los resultados de los análisis edáficos en las localidades de Carreño y Tineo donde se plantó pino radiata en sistemas silvopastorales permiten concluir que la capa cultivable de los suelos en ambas zonas presenta un carácter moderadamente ácido, aceptables contenidos de materia orgánica y N total, baja relación C/N, bajos contenidos en bases y P disponible. Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos zonas en las propiedades edáficas y en la altura y el diámetro de copa del pino radiata.

## 7. Bibliografía

AFIF, E.; OLIVEIRA, J.A.; 2006. Pérdida de disponibilidad y niveles críticos de fósforo Mehlich 3 en suelos no calcáreos de Asturias. *Pastos*, 35, 29-74.

BARÁ, S.; 1991. Fertilización forestal. Colección Técnica. Consellería de Agricultura, Ganadería y Montes. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.

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.

DUPRAZ C.; BURGESS P.; GAVALAND A.; GRAVES A.; HERZOG F.; INCOLL L.D.; JACKSON N.; KEESMAN K.; LAWSON G.; LECOMTE I.; LIAGRE F.; MANTZANAS K.; MAYUS M.; MORENO G.; PALMA J.; PAPANASTASIS V.; PARIS P.; PILBEAM D.J.; REISNER Y.; VAN NOORDWIJK M.; VINCENT G.; WERF VAN DER W.; 2005. SAFE (Silvoarable Agroforestry for Europe) FINAL REPORT. Synthesis of the SAFE Project.

FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2007. Economic evaluation of different land use alternatives: forest, grassland and silvopastoral systems. Permanent and temporary grassland plant, environment and economy. 14th Symposium of the European Grassland Federation (Bélgica). Grassland Science in Europe, 12, 508-512.

FUENTES-YAGÜE, J. L.; 1999. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 352 pp.

LÓPEZ-DÍAZ, M.L.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2007. Lime, sewage sludge and mineral fertilization in a silvopastoral system developed in very acid soils. *Agrofor. syst.*, 70, 91-101.

MCADAM, J.; SIBBALD, A.; 2000. Grazing livestock management. En: Hislop, M.; Claridge, J. (eds.): Agroforestry in the UK. . Bulletin 122. 44-57. Forestry Comission. UK.

MEHLICH, A.; 1985. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Soil Sci. and Plant Anal.*, 15, 1409-1416.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2006. Pasture, Tree and Soil Evolution in Silvopastoral Systems of Atlantic Europe. *Forest Ecology and Management*, 232, 135–145.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; PINTO-TOBALINA, M.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2005. The herbaceous component in temperate silvopastoral systems. En: Mosquera-Losada, M.R.; McAdam, J.; Rigueiro-Rodríguez, A. (eds.): Silvopastoralism and land sustainable management. 93-101. CAB International. UK.

OLIVEIRA-PRENDES, J.A.; MAJADA-GUIJO, J.P.; AFIF-KHOURI, E.; PALENCIA-GARCIA, P.; GORGOSO-VARELA, J.J.; 2012. Características de la vegetación herbácea en mezclas pratenses y crecimiento del arbolado en sistemas silvopastorales en Asturias. En: Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción. 95-1010. Pamplona, Navarra.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; CASTRO, S.; MOSQUERA\_LOSADA, M.R.; 2010. Effects of dose and period of sewage sludge application on soil, tree and pasture components in a *Pinus radiata* D. Don silvopastoral system. *Agrofor. Syst.*, 79, 237-247.

SPSS (2011) SPSS for Windows, vers.19.0. SPSS Inc. 1989-2005.

SILVA-PANDO, F.J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; ROZADOS-LORENZO, M.J.; 2002. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the Atlantic coast of Spain. *Agrofor. Syst.*, 56, 203–211.

WHITEHEAD, D.C.; 1995. *Grassland Nitrogen*. Wallingford: CAB Internacional. 395 pp. UK.

YUNUSA, I.A.M.; MEAD, D.J.; LUCAS, R.J.; POLLOCK, K.M.; 1995. Process studies in a *Pinus radiata*-pasture agroforestry system in a subhumid temperature environment. II. Analysis of dry matter yields in the third year. *Agrofor. Syst.*, 32, 185-204.

