

EFFECTOS DE LAS REPOBLACIONES POR TERRAZAS CON *Pinus sylvestris* L. EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL SISTEMA IBÉRICO SORIANO

M. P. Modrego Alcalde¹, A. Crespo Rodrigo² y R. Elena Rosselló³

¹Departamento de Investigación y Experimentación Forestal de Valonsadero. Junta de Castilla y León. Apdo. 175. 42080-SORIA. Correo electrónico: modalcpi@jcyl.es

²Servicio Territorial de Medio Ambiente de Soria. Pza. Mariano Granados 1, planta 6ª. 42071-SORIA.

³Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid. 28040-MADRID.

Resumen

En este trabajo se analizan los cambios provocados en algunos parámetros evaluadores de las propiedades químicas del suelo como consecuencia de las repoblaciones por terrazas con *Pinus sylvestris* L. en el norte de la provincia de Soria. Partiendo del muestreo de siete series de parcelas, se comparan los valores de los parámetros edáficos calculados en cinco tipos de perfiles localizados en: parcelas pre-repoblación, zonas de la terraza próximas al desmonte y al terraplén, entre terrazas, y parcelas con masa adulta de pino silvestre. El contenido en materia orgánica ha disminuido y la acidez actual ha aumentado, aunque han evolucionado hacia valores similares a los de los suelos de los pinares adultos.

Palabras clave: Parámetros ecológicos edáficos, hábitat, pino silvestre, aterrazado con subsolado, Soria.

INTRODUCCIÓN

Las repoblaciones con pino silvestre han sido una buena alternativa en la forestación de las sierras ibéricas. Con esta especie se han plantado más de 300.000 ha (BLANCO *et al.*, 1997). En la Comunidad Autónoma de Castilla y León esta especie ocupa, como especie dominante, más de un cuarto de millón de hectáreas (MAPA, 2002) y el 20% de ella está sobre terrazas (MAPA-ICONA, 1995). En la provincia de Soria, la mayor parte de las repoblaciones por terrazas con pino silvestre se encuentra en la comarca de Tierras Altas y Valle del Tera, ocupando más de 10.000 ha.

Continuando con la línea de estudio de las repercusiones edáficas de las repoblaciones por terrazas con *Pinus sylvestris* en Castilla y León (MODREGO *et al.*, en revisión; MODREGO y ELENA-ROSSELLÓ, 2005), se ha profundizado en el conocimiento de los efectos de la repoblación por este método y con esta especie sobre las propiedades del suelo en la comarca soriana mencionada (MODREGO y ELENA-ROSSELLÓ, 2004), y se ha visto que, con respecto a las variaciones provocadas en las propiedades físicas del suelo, cabe ser optimista en cuanto al desarrollo de las masas de pino silvestre repobladas.

Como también las propiedades químicas del suelo influyen en la productividad y estabilidad de los ecosistemas forestales, pinares de silvestre en este caso (GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994), conocer las condiciones edáficas químicas tras la repoblación puede ayudar a orientar los tratamientos selvícolas y contribuir al éxito de las repoblaciones.

Este trabajo recoge el análisis de los efectos de las repoblaciones por terrazas con pino silvestre en la comarca de Tierras Altas y Valle del Tera sobre las propiedades químicas del suelo relativas al contenido en materia orgánica, acidez actual y complejo de cambio, que se evalúan mediante parámetros edáficos.

METODOLOGÍA

Selección de parcelas de estudio y muestreo

A partir de la información proporcionada por el entonces Servicio Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la provincia de Soria, y la recogida de la cartografía, fotografía aérea y en recorridos de campo, se estudiaron los montes repoblados por terrazas con esta especie en la comarca de Tierras Altas y Valle del Tera y se eligieron siete series de muestreo, en cada una de las cuales se seleccionaron: una parcela en zona aterrazada con pino silvestre sobre terreno sin cubierta arbórea anterior, otra en una zona testigo sin repoblar colindante y otra en una zona de pinar albar adulto (con una edad media de 54 años) no aterrazado, próximo a las anteriores, y con similares condiciones fisiográficas y de tipo de sustrato, todas ellas situadas a media ladera. Dos series se encuentran en la Sierra Tabanera, dos en la Sierra de Pineda, otras dos en la Sierra de Montes Claros, y una en la Sierra del Camero Viejo.

En cada una de las parcelas se tomaron datos de localización y control, fisiográficos, edáficos, de inventarios florísticos, de las características de las labores de aterrazamiento y plantación, y dasométricos. En el centro de cada parcela se hizo una calicata de 125 cm de profundidad, salvo en el caso de las parcelas aterrazadas, donde se abrieron dos: una en la terraza y otra en la entreterrazza más próximas al centro de la parcela. Estas calicatas se hicieron siguiendo la dirección de las líneas de nivel en todos los casos excepto en el de la realizada en la terraza, que era perpendicular a la labor. De las calicatas en terraza se estudiaron dos perfiles: interior (en la parte del desmonte) y exterior (en la parte del terraplén), fijando una distancia de $\frac{1}{4}$ de la anchura de la terraza desde el centro de la misma hacia la parte del desmonte para el primero, y la misma distancia hacia la parte del terraplén para el perfil exterior. Tras la identificación y descripción de horizontes edáficos se tomaron muestras representativas de los mismos para análisis en el laboratorio.

Características de las repoblaciones estudiadas

Corresponden a la clase territorial 239 fundamentalmente (ELENA-ROSSELLÓ, 1997), al subtipo fitoclimático VI(VII), nemoral substepario, o al límite entre éste y el VIII(VI), oroborealóide subnemoral (ALLUÉ, 1990), y a la serie de vegetación potencial 16b (serie supramediterránea ibérico-soriana silicícola del haya: *Ilici-Fageto sigmetum*) (RIVAS-MARTÍNEZ, 1985). Están a una altitud media comprendida entre los 1.520 y los 1.690 m.s.n.m., con pendientes de ladera variables entre el 24 y el 34%, predominando las orientaciones de solana, y con coeficiente de insolación entre 0,75 y 1,24 (GANDULLO, 1974). Así mismo, la pedregosidad superficial varía entre la clase del 2-10% y la clase del 25-50%, el drenaje superficial es normal y, o no hay evidencia de erosión, o ésta es ligera. En cuanto a la litología, existe un predominio de cuarcitas y/o areniscas, estas últimas arcillosas o bien cuarzenitas, y con frecuencia aparecen, además, pizarras arcillosas. Estas repoblaciones se han realizado principalmente sobre Luvisoles dístricos, o sobre Umbrisol háplico o léptico (FAO, 1998). Entre la vegetación acompañante característica abundan, en la mayor parte de los casos, *Erica australis* L. subsp. *aragonensis* (Willk.) Cout., *Calluna vulgaris* (L.) Hull., *Cytisus oromediterraneus* Rivas-Mart. et al. y/o *Cytisus scoparius* (L.) Link, y en alguna ocasión *Genista hispanica* L. subsp. *occidentalis* Rouy, *Juniperus communis* L. y *Erica vagans* L.

Se trata de repoblaciones de 16 ó 17 años de edad, con anchura de terraza variable entre 3,9 y 4,4 m y de entreterrazza entre 2,8 y 5, pendiente de terraza entre el 12 y el 20%, siempre en el sentido de la ladera, dos filas de pies por terraza, con separación entre ellos de 1,6 a 2 m, entre 1.146 y 1.814 pies/ha, el diámetro medio de los pinos oscila entre 5,7 y 9,2 cm, y la altura media entre 3,1 y 4,9 m; el área basimétrica varía entre 5,2 y 10,3 m²/ha.

Parámetros edáficos

Los parámetros edáficos se calcularon por métodos similares a los utilizados en estudios anteriores (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 1990; GANDULLO et al., 1991; GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994; RUBIO et al., 2002; SÁNCHEZ PALOMARES et al., 2003; MODREGO, 2001). Los parámetros edáficos de perfil son los siguientes (Tabla 1): materia orgánica (MO), acidez actual (PHA), suma de cationes de cambio (S), capacidad de cambio de cationes (T) y tanto de saturación del complejo adsorbente (V). Los valores de estos parámetros se obtuvieron de la media de los datos de cada horizonte en los 110 cm superiores de suelo, ponderando cada uno en función de su espesor y de la profundidad a la que está situado, de acuerdo al criterio de RUSSELL & MOORE (1968). Al mismo tiempo, se calcularon parámetros correspondientes a la parte superficial del suelo (Tabla 1): materia orgánica (MOS), acidez actual (PHAS), relación carbono/nitrógeno

(CNS), suma de cationes de cambio (SS), capacidad de cambio de cationes (TS) y tanto de saturación del complejo adsorbente (VS). Los valores de estos parámetros se obtuvieron por media ponderada según espesor de horizonte de los datos correspondientes a cada horizonte edáfico en los 25 cm superiores del suelo.

Considerar cada perfil como una unidad de suelo, calculando parámetros edáficos, facilita la comparación de las propiedades de los perfiles de suelo de nuestro estudio.

Análisis estadísticos

Se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) para un diseño en bloques aleatorizados. Las diferencias significativas en los parámetros entre tipos de perfiles se detectaron mediante el contraste de la *diferencia mínima significativa* (LSD) después de que el test *F* en el ANOVA resultara significativo con $p < 0,05$. Se consideró que las diferencias entre perfiles eran significativas cuando $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comenzando con los cambios provocados en el contenido de materia orgánica (parámetros MO y MOS), en la tabla 1 observamos que, con respecto a los suelos testigo sin repoblar, se ha producido una disminución del mismo en las zonas en las que se removió el suelo, de acuerdo a lo referido por CHAPARRO *et al.* (1993) o HERRERO-BORGOÑÓN y RUBIO (1994) y lo constatado en la parte superficial del suelo en el estudio de las repoblaciones por terrazas con pino silvestre en Castilla y León (MODREGO y ELENA-ROSSELLÓ, 2005). Esta característica no se modifica de forma apreciable en los suelos inalterados de las laderas repobladas, mientras que, como hemos visto, disminuye incluso en la parte de la terraza próxima al terraplén (aunque en menor medida), por lo que la disminución en el porcentaje de materia orgánica se relaciona, además de con la retirada de los horizontes superiores del suelo por efecto de la labor de aterrazamiento, con la aceleración de los procesos de descomposición y mineralización como consecuencia de la remoción inicial de horizontes, de acuerdo a lo expuesto por GARCÍA y CANGA (1987).

ORTIGOSA (1991) y CHAPARRO *et al.* (1993) ya observaron que la relación carbono/nitrógeno parecía mejorar en los suelos de las terrazas. En nuestro caso, la relación carbono/nitrógeno (CNS) sólo se manifiesta como significativamente menor en la parte de la terraza más próxima al desmonte de la ladera; en la parte del terraplén y en las entreterrazas no es distinta de la de los suelos testigo, asemejándose a la vez a la de los suelos que soportan masas adultas de pino silvestre.

La disminución de MO, sobre todo en la parte interior de las terrazas, supone un acercamiento hacia el hábitat marginal inferior del pino silvestre en cuanto a este parámetro, y un alejamiento del valor del 4%, indicador de sus apetencias edáficas (GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994), pero, al mismo tiempo, el porcentaje de materia orgánica en las terrazas se asemeja al de los suelos de masas adultas, y los valores medios del parámetro, en todos los tipos de perfiles estudiados, se mantienen en el intervalo de valores que corresponde al hábitat central de la especie en España, entre 1,3% y 5,9%, según los mismos autores.

Tabla 1. Valores de los parámetros evaluados en los cinco tipos de perfiles edáficos*.

Parámetro	Entreterrazas	Masa adulta	Testigo	Terr. ext.	Terr. int.
MO (%)	3,17 c	2,10 ab	3,33 c	2,33 b	1,49 a
MOS (%)	5,43 c	3,36 ab	5,32 c	3,75 b	2,38 a
CNS	11,0 b	11,9 b	10,8 b	10,8 b	8,3 a
PHA	4,7 a	4,7 a	5,0 b	4,7 a	4,7 a
PHAS	4,7 a	4,6 a	4,9 a	4,6 a	4,8 a
S (cmol(+)/kg)	2,18 b	1,60 ab	2,17 b	1,34 a	1,19 a
SS (cmol(+)/kg)	3,28 c	2,14 abc	3,03 bc	1,77 ab	1,44 a
T (cmol(+)/kg)	13,99 a	12,21 a	13,08 a	12,25 a	11,20 a
TS (cmol(+)/kg)	18,59 c	14,94 ab	16,28 bc	15,30 abc	12,69 a

V (%)	13,34 ab	12,13 a	16,25 b	10,82 a	10,54 a
VS (%)	15,51 a	13,27 a	17,55 a	11,29 a	11,09 a

* Los valores de una fila seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes.

En cuanto a la acidez de los suelos, observamos (Tabla 1) tendencias de cambio semejantes en el pH del perfil del suelo (PHA), y en el pH de la parte superior del mismo (PHAS), pero en PHAS no llegan a manifestarse tan claramente como en PHA.

PHA es mayor en los suelos testigo que en el resto de los estudiados, los cuales tienen, además, valores de PHA semejantes y en torno a 4,7, lo que nos hace sospechar que el pinar, en estas condiciones ecológicas, induce a esta acidez, posiblemente relacionada con la calidad de la materia orgánica que se aporta al suelo.

Los suelos repoblados se parecen pues a los suelos de las masas naturalizadas en cuanto a acidez actual, pero todos los tipos de perfiles estudiados tienen valores medios de pH indicadores de suelos fuertemente ácidos; los valores de acidez actual del perfil corresponden al hábitat marginal inferior para el pino silvestre en España, cuyos límites son 4,3 y 5,2, y están relativamente alejados del valor de 5,5 que contribuye a una buena calidad de las masas de la especie según GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES (1994).

Con respecto al complejo de cambio, se produce un descenso en la suma total de cationes (Tabla 1, parámetro S) en los perfiles de los suelos de las terrazas con respecto a los testigos. Estas variaciones no son tan marcadas en la parte superficial del suelo (parámetro SS) y sólo la parte más próxima al desmonte, donde más disminuye el porcentaje de materia orgánica, presenta menor contenido en cationes intercambiables que los suelos sin repoblar.

Pese a esta disminución, los valores de S y SS no difieren significativamente de los que poseen los suelos que soportan masas adultas de pino silvestre, y lo mismo ocurre con los suelos de las entreterrazas.

No se manifiesta disminución en la capacidad de cambio de cationes (Tabla 1, parámetros T y TS) más que en el caso de la parte superficial del perfil más próximo al desmonte de la ladera, lo que, dada la relación entre capacidad de intercambio catiónico y contenido en materia orgánica (WILDE, 1964; HERRERO-BORGOÑÓN y RUBIO, 1993), posiblemente sea consecuencia de la mayor disminución de materia orgánica en esta parte de las terrazas.

Volvemos a constatar, además, que tampoco existen diferencias significativas en la capacidad de cambio de los suelos de las terrazas con respecto a la de los que soportan masas adultas de pino silvestre, al mismo tiempo que TS en los suelos de las entreterrazas es mayor que en ellos, en coherencia con su mayor contenido en materia orgánica.

La pérdida de cationes intercambiables se refleja en la desaturación del complejo de cambio en los perfiles de las terrazas, como también refieren otros autores (MONTERO DE BURGOS *et al.*, 1989), que se manifiesta como significativa sólo en el caso del estudio del perfil completo (Tabla 1, parámetros V y VS). Así mismo, esta desaturación del complejo de cambio coincide con la mayor acidez de los suelos de las terrazas respecto a los suelos sin repoblar, y, en general, las diferencias de V entre los cinco tipos de perfiles se corresponden bastante bien con las diferencias de PHA.

También observamos que, pese a la desaturación, V no es significativamente distinto en los suelos de repoblación y en los que soportan masas adultas.

Los suelos de estas repoblaciones evolucionan pues hacia condiciones ecológicas similares a las de los suelos de los pinares naturalizados, pero se considera acertado propiciar, en la medida de lo posible, la obtención de masas multiespecíficas favoreciendo la instalación de especies mejorantes.

CONCLUSIONES

Las repoblaciones por terrazas con pino silvestre estudiadas en el Sistema Ibérico soriano han provocado un descenso del porcentaje de materia orgánica y un empobrecimiento del complejo de cambio en los suelos de las terrazas, así como un aumento de la acidez de los suelos de las repoblaciones. Aunque estos cambios son tales que, al mismo tiempo, han propiciado la evolución de los suelos hacia condiciones ecológicas similares a las de los suelos de los pinares naturalizados comparables, se considera acertado favorecer, en la medida de lo posible, la obtención de masas multiespecíficas facilitando la instalación de especies mejorantes.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el Departamento de Investigación y Experimentación Forestal de Valonsadero (Soria), dependiente de la Dirección General del Medio Natural de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León. Los autores agradecen especialmente la colaboración prestada por el Dr. Otilio Sánchez Palomares (INIA-CIFOR).

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ, J.L.; 1990. *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. MAPA. INIA. Colección Monografías INIA, nº 69. Madrid.
- BLANCO, E.; CASADO, M.A.; COSTA, M.; ESCRIBANO, R.; GARCÍA, M.; GÉNOVA, M.; GÓMEZ, A.; GÓMEZ, F.; MORENO, J.C.; MORLA, C.; REGATO, P. y SAINZ, H.; 1997. *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Editorial Planeta. Barcelona.
- CHAPARRO, J.; ENRIQUEZ, J.L. y ESTEVE, M.A.; 1993. Consecuencias ecológicas de las repoblaciones forestales con aterrazamientos en ambientes áridos y semiáridos (Murcia, SE de España). En: F.J. Silva-Pando y G. Vega Alonso (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Español, Lourizán 1993*, 4: 163-168. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Xunta de Galicia.
- ELENA-ROSSELLÓ, R.; 1997. *Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear*. MAPA. Madrid.
- GANDULLO, J.M.; 1974. Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno. *Anales del INIA, Serie Recursos Naturales 1*: 95-107.
- GANDULLO, J.M.; BAÑARES, A.; BLANCO, A.; CASTROVIEJO, M.; FERNÁNDEZ, A.; MUÑOZ, L.; SÁNCHEZ PALOMARES, O. y SERRADA, R.; 1991. *Estudio ecológico de la Laurisilva Canaria*. MAPA-ICONA: Colección Técnica. Madrid.
- GANDULLO, J.M. y SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1994. *Estaciones ecológicas de los pinares españoles*. MAPA-ICONA: Colección Técnica. Madrid.
- GARCÍA, A. y CANGA, J.L.; 1987. Impactos ecológicos y paisajísticos de las repoblaciones forestales. En: A. Díaz y A. Ramos (eds.), *La práctica de las estimaciones de impactos ambientales*: 133-200. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSIM. Madrid.
- HERRERO-BORGOÑÓN, J.J. y RUBIO, J.L.; 1994. *Impacto de las técnicas forestales de repoblación sobre los procesos erosivos y la fertilidad del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*. Sèrie Divulgació Técnica, núm. 27. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Generalitat Valenciana.
- MAPA; 2002. *Anuario de estadística agroalimentaria. 2001*. Madrid.
- MAPA-ICONA; 1995. *Segundo inventario forestal nacional, 1986-1995*. Madrid.
- MODREGO, M.P.; 2001. *Análisis de las repercusiones edáficas de las repoblaciones por terrazas con Pinus sylvestris L. en Castilla y León y evaluación de su grado de integración ecológica en la provincia de Soria*. Universidad de Navarra. Facultad de Ciencias. Tesis doctoral.
- MODREGO, M.P.; CRESPO, A. & ELENA-ROSSELLÓ, R. Terraced afforestation with *Pinus sylvestris* L. in Spain: a study of its effects on physical soil properties. *New Forests*. En revisión.
- MODREGO, M.P. y ELENA-ROSSELLÓ, R.; 2004. Efectos de las repoblaciones por terrazas con *Pinus sylvestris* L. en las propiedades físicas del suelo en el Sistema Ibérico soriano. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 13 (2): 417-428.
- MODREGO, M.P. y ELENA-ROSSELLÓ, R.; 2005. Efectos de las repoblaciones por terrazas con *Pinus sylvestris* L. en las propiedades químicas del suelo en Castilla y León. *Cuad. Soc. Esp. Cie. For.* Aceptada.
- MONTERO DE BURGOS, J.L.; BARA, S. y RIGUEIRO, A.; 1989. *Repoblación forestal y terrazas. Estudio realizado en el Principado de Asturias y en la provincia de Lugo*. CEASA
- ORTIGOSA, L. M.; 1991. *Las repoblaciones forestales en La Rioja: resultados y efectos geomorfológicos*. Monografías científicas. Nº 2. Geoforma ediciones. Logroño.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; 1985. *Mapa de las series de vegetación de España. Hoja nº 8-Burgos*. MAPA-ICONA. Madrid.
- RUBIO, A.; SÁNCHEZ PALOMARES, O.; GÓMEZ, V.; GRAÑA, D.; ELENA-ROSSELLÓ, R. y

- BLANCO, A.; 2002. Autoecología de los castaños de Castilla (España). *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 11 (2): 373-393.
- RUSSELL, J.S. & MOORE, A.W.; 1968. Comparison of different depth weightings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data. *Proc. 9th. Int. Congr. Soil Sci.* 4: 205-213.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O.; ELENA-ROSSELLÓ, R. y CARRETERO, P.; 1990. *Caracterización edáfica de los pinares autóctonos españoles de Pinus nigra Arn.* Comunicaciones INIA. Serie: Recursos Naturales, nº 55. Madrid.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O.; RUBIO, A.; BLANCO, A.; ELENA-ROSSELLÓ R. y GÓMEZ, V.; 2003. Autoecología paramétrica de los hayedos de Castilla y León. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 12 (1): 87-110.
- WILDE, S.A.; 1964. Changes in soil productivity induced by pine plantations. *Soil Sci.* 97: 276-278.