EFECTO DE LA REFORESTACION CON *PRUNUS AVIUM* SOBRE EL SECUESTRO DE CARBONO TANTO POR LA BIOMASA COMO POR EL SUELO

Amelia Moyano Gardini [1], Elena Charro Huerga [2] y Eduardo Bernasconi Melucci [3]

[1] Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. E.U. Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus Universitario de Soria. 42004-SORIA (España). Correo electrónico: gardini@pvs.uva.es.
[2] Área de Edafología y Química Agrícola. Departamento de Ciencias Agroforestales Universidad de Valladolid. Campus Universitario de Palencia. Avda. Madrid. 34004-PALENCIA (España). Correo electrónico: echarro@agro.uva.es

Resumen

Las explotaciones a cielo abierto como son las graveras generan alteraciones en el entorno, tales como la modificación de la topografía del terreno, escombros, etc. La legislación actual obliga a restaurar las zonas alteradas. Con este propósito, se ha procedido a repoblar y rehabilitar zonas con diversos entornos entre los que se cuenta la implantación de un monte de cerezo. El principal objetivo de este trabajo es estudiar y conocer la evolución de la plantación de *Prunus avium*. Se pretende evaluar la velocidad de crecimiento de los árboles así como se determinar la capacidad del suelo para actuar como sumidero de carbono. Los estudios preliminares muestran que las plantas se han adaptado encontrándose una alta correlación entre el diámetro y la altura. Por otro lado el contenido de carbono orgánico del suelo se ha incrementado significativamente.

Palabras clave: *Rehabilitación suelos, Carbono orgánico, Biomasa*

INTRODUCCIÓN

La explotación de áridos causa alteraciones diversas en el medio ambiente. Por un lado, afecta a la fisiografía e incluso a los cursos fluviales que son especialmente frágiles y valiosos. Por otro, genera efectos secundarios como son polvos, ruidos, etc. Para reducir estos impactos, la legislación establece condiciones que regulan racionalmente las extracciones de áridos y exige la rehabilitación del área afectada en especial el impacto visual y las consecuencias perjudiciales para el medio ambiente.

Desde los inicios de la explotación de la gravera "El Tomillar", en la provincia de Soria, hasta la actualidad se han producidos importantes y evidentes desniveles, alterando significativamente el paisaje. La cantidad de material extraído, estériles de diferente granulometría, es de una magnitud relevante por lo que resulta imposible evitar una transformación del paisaje. Sin embargo, mediante técnicas de rehabilitación se ha pretendido recuperar parte del aspecto inicial e incluso se busca una nueva modalidad de manejo que integre el área en el entorno sin que produzca contraste demasiado evidente, tanto desde el punto de vista estético como funcional. La recuperar la gravera no se limitó al relleno de espacios vacíos (GUITIÁN-OJEDA, 1995), si no que exigió un manejo inte-

ISSN: 1575-2410

© 2008 Sociedad Española de Ciencias Forestales

grado de diversos aspectos: reforestación de las orillas de los cauces de agua, adecuación de humedales o lagunas artificiales que actúan como refugio para la fauna avícola, creando incluso isletas artificiales en medio de ellas. Dentro de este marco de referencia se colaboró con la empresa propietaria de la gravera mediante una propuesta agroforestal para que una parte de área restaurada evolucione los más rápidamente posible hacia los ecosistemas del entorno. Mediante esta propuesta se busca un modelo de referencia de explotación agroregional en concordancia con la preocupación de la Unión Europea (EUROPEAN COMISIÓN, 2004) que potencia nuevos planteamientos para la gestión y expansión de medio rural. Como propuesta agroforestal para la rehabilitación se instauraron praderas destinadas al cultivó de especies leguminosas, cereales y la forestación de un sector mediante un monte de cerezos como nexo de biotopos. Previo a la plantación se rellenan los huecos con materiales arcillosos y se cubre suelo extraído y almacenado mediante capaceo. El "capaceo" genera un material edáfico destinado a cubrir las superficies, una vez corregida la morfología, crea un medio adecuado para la reimplantación de vegetación, tanto por sus características físicas como químicas y nutricionales. La ventaja de usar este tipo de material como cobertera de la zona rehabilitada es que en la mayoría de los casos se almacena: materia orgánica, nutrientes, semillas, rizomas y bulbos que se irán multiplicando y reemprenderán su actividad en las áreas rehabilitadas.

En este trabajo se pretende exponer la evolución de los pies de cerezos (*Prunus avium*) con destino a madera desde su plantación hasta el tercer años a través de la evaluación de la cantidad de carbono orgánico (CO) almacenado en la biomasa y en el suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de trabajo se ubica en el distrito de Garray, provincia de Soria. El río Duro imprime a la zona unas características de cuenca de drenaje con rasgos fisiográficos específicos. Existen diferentes niveles de terrazas ligadas al río, su mejor representación se puede ver en la confluencia de los ríos Tera y Duero que ocupan una extensión muy amplia, aterrazada y terminan en la zona de Garray donde está instalada la explotación. La superficie a rehabilitar fue dividida en cuatro áreas. El área 1 se destinó a cultivo de leguminosa, en el área 2 se construyeron terrazas que descienden gradualmente al área 3 donde se encuentra el sector más húmedo. El área 4 se destinada a la forestación con cerezo que, a modo de barrera, interconecta las áreas agrícolas colindantes y la vegetación natural. La tarea de recuperación llevó implícito el relleno de los huecos hasta alcanzar la cota original. El material empleado es principalmente arcillas, por lo que fue necesario instalar sistemas de drenajes a una profundad de 1.50 cm. Con posterioridad se extendió una capa de suelo vegetal (30 cm de espesor) extraído mediante capaceo. Se procedió a la corrección de los parámetros edáficos en función de las exigencias evidenciadas en los análisis. Se realiza la plantación con una densidad de 650 pies.ha^{-1} y se instala el riego por goteo.

En forma sistemática, se analizan diversas muestras del suelo vegetal según la metodología propuesta por PORTA (1986). La textura se determina por sedimentación discontinua, método de la pipeta El carbonato de calcio equivalente fue determinado mediante calcímetro. Se empleó el método de oxidación húmeda (método de Turin) para la determinación de CO. El pH se determinó potenciométricamente. El valor de la conductividad se determinó en extracto suelo: agua (relación 1/5). La capacidad de cambio se determina mediante el método de Meshlich (GUITIAN Y CARBALLAS, 1976). El contenido de CO y la acidez del suelo se analizan todos los años y dos veces al año durante tres años consecutivos.

Para estimar la biomas del fuste y el contenido de carbono almacenado en la misma se midieron en el momento de la plantación y en los años sucesivos los diámetros de los plantas en la base del cuello. Además, al tercer años se midió el diámetro a 1,20 m de altura. A la vez que se median los diámetros con la ayuda de cinta métrica o vertex se midieron las alturas. A partir de estos datos se estima el volumen de madera acumulada. Por gravimetría se determina el contenido de humedad de la biomasa aérea y se calcula la cantidad de CO equivalente. Se considera que, aproximadamente, el 50% de la madera es

carbono (KOLLMAN, 1959) y que la composición de la madera es semejante en las diferentes especies leñosas (ESTEBAN et *al*., 2006). Finalmente se calculó la cantidad de CO_2 mediante la proporción entre el peso de la molécula de CO_2 y el peso del átomo el C que la compone. Teniendo en cuenta la densidad aparente, el volumen del suelo y de las gravas se estiman la cantidad de CO total.ha^{-1} almacenado en el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variabilidad del origen del material de partida que se utilizó como última capa para el relleno del área rehabilitada queda reflejada en la tabla 1 y después de tres años se aprecia una reducción significativa en los valores de pH (Figura 1A). Si bien estos suelos inicialmente recibieron aportes de carbonato de calcio, es posible que las extracciones de calcio por parte de las plantas de cerezos y la lixiviación ocasionada por las aguas procedentes de los riegos y de la lluvia hayan reducido los niveles de caliza. Por lo que, es posible que se necesite una dosis de mantenimiento.

Los contenidos de CO son bajos o muy bajos (Tabla 1) y están en correspondencia con las características climáticas de la zona (CABEZON et *al*., 2006); sin embargo, se evidencia un incremento significativo desde el inicio de la plantación hasta la situación actual (Figura 1B). Este incremento se debe a varias razones, en primer lugar, a los aportes orgánicos masivos realizados durante la preparación del terreno, a la aplicación mediante riego con compuestos orgánicos (ácidos fúlvicos y húmicos) durante los años que lleva la plantación y las prácticas de manejo del suelo que busca en todo momento incrementar la materia orgánica edáfica. Estas prácticas dan como resultado que el contenido medio de CO pase de un valor inicial de 0,89 ± 0,29 g.kg^{-1} a un valor actual de 1,35 ± 0,35 g.kg^{-1}.

PARÁMETROS	**ANÁLISIS INICIAL**					
Gravas (%)	79	63	66	53	48	64
Arena (%)	6,8	66	62	59	30	40
Limo 2- 20 μg (%)	10	12	10,2	8	21	16
Limo 20-50 μg (%)	17	15,3	20	26	38	31
Arcilla (%)	66	6	5	7	10	11
Carbono orgánico	0,57	1,32	2,15	1,39	1,16	1,03
Total Ca CO_3	0,06	0,06	0,04	0,05	0,02	0,03
Caliza activa	0,15	1,92	1,32	0,91	1,62	1,03
pH 1/2,5	7,6	7	7	6,1	5,5	6,1
Conductividad eléctrica (dS /cm)	0,59	0,5	0,28	0,265	0,6	0,24
Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol kg^{-1})	4,22	5,15	4,95	4,28	5,48	5,49

***Tabla 1**. Resultados analíticos del suelo procedente del capaceo*

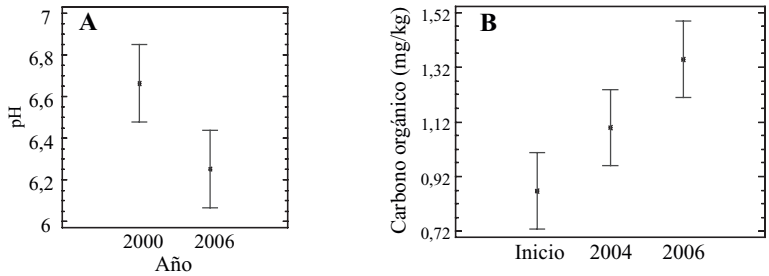

***Figura 1**. Comparación de los valores de pH (A) y los contenidos de carbono (B) en diversos años del estudio*

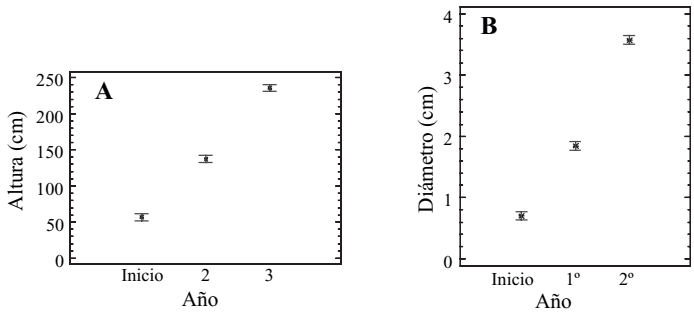

***Figura 2**. Comparación de las alturas (A) y los diámetros medidos en la base del cuello (B)*

Por otro lado cuando se comparan las alturas de las plantas se aprecia que, inicialmente traían una altura cercana a los 50 cm (Figura 2A) y al año siguiente alcanzaron cerca de 150-160 cm. Si bien, durante el primer año las plantas gastaron parte de su energía en formar el nuevo sistema radicular (ASSHOFF et *al.*, 2006) para abastecer las necesidades aéreas la variación de altura fue muy evidente. Después de dos años la altura media alcanzada es 230 ± 0,80 cm, está estrechamente relacionada con el diámetro (R = 0,9; p>0,01) y son ligeramente superiores (Figura 1B) a los valores medios citados en la bibliografía (MONTERO et *al.*, 2003).

Teniendo en cuenta el contenido de humedad de la madera (50-55%) y densidad ligeramente inferior a la que tiene la madera de un árbol adulto (610-630 kg.m^{-3}), se estimó la biomasa acumulada en el fuste. Se estima que la cantidad de CO de la biomasa como materia (ms) se ha incrementado entre el segundo y el tercer años más de 100 veces (Tabla 2). Utilizando los datos de carbono de la biomasa (ALBRECHT & KANDJI, 2003) y del suelo se calcula la cantidad de carbono total del ecosistema (Tabla 3). Del total de C retenido el CO fijado en el suelo constituyendo un valor es muy superior al retenido en la biomasa aérea y confirmando resultados de estudios recientes que afirman que el suelo es el principal sumidero de CO_2 en los ecosistemas forestales (BOUWMAN, 1990; SWIFT, 2001).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado mediante el convenio de colaboración entre la Universidad de Valladolid y la empresa Hormisora a través de proyecto ECOMINING LIFE 04 y el proyecto de investigación otorgado por la Junta de Castilla y León "Agricultura Ecológica como sistema de cultivo alternativo" (Referencia VA 014 A07)

	Biomasa g (ms)	C (g.árbol^{-1})	CO_2 (g.árbol^{-1})	CO_2 (kg.ha^{-1}.año^{-1})
Inicio	8 - 9	4,0 - 4,5	15 - 16	10 - 11
1º año	14 - 16	72 - 80	262 - 292	173 - 192
2 año	795 - 715	358 - 398	1312 - 1458	866 - 963

***Tabla 2**. Valores de biomasa (materia seca) y sus contenido de C y CO_2*

	Sabinar (CABEZÓN et *al.*, 2006)	Cerezo inicio	Cerezo (2006)
Suelo	29 - 32	4,2	3,2 - 4,6
Biomasa	9 - 10	0	0,236 - 0,264

***Tabla 3**. Comparación del contenido de CO (Mg.ha^{-1}) un sabinar adulto y el monte de cerezo de tres años*

BIBLIOGRAFIA

BOUWMAN, A.F.; 1990. *Soils and the greenhouse effect*. Editorial John Wiley & Sons. Chichester. UK.

CABEZÓN, R.; ESTEBAN, L.S.; MOYANO, A.Y CHARRO, E.; 2006. Distribución de la materia orgánica en el suelo de un bosque de Juniperus Thurifera. *En*: *Actas III Coloquio Internacional sobre Sabinares y Enebrales*: 377- 383. Soria.

ESTEBAN PASCUAL, L. S.; FERNÁNDEZ LLORENTE, M. J.; PÉREZ, J.; MOYANO GARDINI, A. Y SANZ CRESPO, A.; 2006. Estimación de la biomasa aérea y determinación de sus características químico-energéticas en un monte de Juniperus thurifera L. en la provincia de Soria (España). *En*: *Actas III Coloquio Internacional sobre Sabinares y Enebrales* 2: 345-350. Soria.

EUROPEAN COMMISSION; 2004. *Proposal for a Council Regulation on Support for Rural Development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD)*. European Union Report No 2004.0161 (CNS). Bruxelles.

GRASSI, G. & BRIDGWATER, A.V.; 1991. The european community energy from biomass research and development program. *Int. J. Solar Energy* 10: 127–136

GUITIAN-OJEDA, F.; 1995. *Recuperación de las escombreras de la mina de lignito de Meirama (A Coruña)*. Universidad de Santiago de Compostela. Lignitos de Meirama, S.A. Santiago de Compostela.

GUITIAN OJEA, F. Y CARBALLAS FERNÁNDEZ, T.; 1975. *Técnicas de analisis de suelos*. Editorial Pico Sacro. Santiago de Compostela.

HÜTTL, R.F. & FISCHER, T.; 2007. Carbon sequestration and landscape ecology in Western Europe. *Ecol. Eng*. 29(4): 317-318.

KANG, B.T. & KANG, E.; 1997. Alley cropping soil productivity and nutrient recycling. *Forest Ecol. Manage*. 91:75–82.

KOLLMAN, F.; 1959. *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. España.

MONTERO, G.; CISNERO, O Y CAÑELLAS, I.; 2002. *Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad*. Ediciones Mundi-Prensa-INIA. Madrid.

PORTA CASANELLAS, J.; 1986. *Técnicas y experimentos en edafología*. Collegi. Oficial d'enginyers Agronoms de Catalunya. 283. Barcelona.

SWIFT, R. ; 2001 Sequestration of C by soil. *Soil Sci*. 166: 9-25.

ASSHOFF, R.; ZOTZ, G. & KORNER, C.; 2006 Growth and phenology of mature temperate forest trees in elevated CO_2. *Global Change Biol*. 12(5): 848-861

ALBRECHT, A. & KANDJI, S.T.; 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture Ecos. Env*. 99(1-3): 15-27.