



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-157

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Efectos del biocarbón sobre la producción y la composición de un pastizal en un gradiente de humedad

OLMO, M., BASCÓN, A. y VILLAR, R.

Área de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España.

Resumen

La adición de biocarbón al suelo permite secuestrar carbono y aumentar la producción de los cultivos. Apenas existen estudios que evalúen los efectos del biocarbón sobre la producción y la composición de pastizales mediterráneos.

En Noviembre de 2015 se aplicó biocarbón de poda de encina en un pastizal seminatural situado en una ladera de una parcela experimental de la Universidad de Córdoba. Las parcelas se distribuyeron en 3 zonas: alta, media y baja, caracterizadas por un gradiente de humedad bien diferenciado (bajo, medio y alto, respectivamente). Durante el ensayo se tomaron muestras de suelo para determinar el contenido de agua. En mayo de 2016 se realizó la cosecha para determinar cómo afectó la adición de biocarbón a la producción y la composición de especies.

En el primer año de estudio, el biocarbón aumentó el contenido de agua del suelo en las parcelas de las zonas media y baja. El biocarbón también aumentó la cobertura vegetal, sin embargo, no afectó a la producción ni a la composición de especies.

A pesar de no encontrar grandes diferencias tras la adición de biocarbón, nuestros resultados sugieren la necesidad de realizar estudios a largo plazo para determinar sus efectos sobre este tipo de ecosistemas.

Palabras clave

Biochar, contenido de agua del suelo, ecosistemas naturales, mitigación del cambio climático, secuestro de carbono

1. Introducción

El biocarbón es un material rico en carbono que se obtiene de la descomposición termo-química de residuos orgánicos a temperaturas que generalmente oscilan entre 300 y 700 °C, y en ausencia de oxígeno (pirólisis) (Fig. 1). La pirólisis estabiliza el carbono existente en la materia orgánica en una forma más resistente (recalcitrante) a la descomposición química y biológica, por lo que al ser incorporado al suelo no se degrada tan rápidamente y el carbono no es emitido a la atmósfera como ocurre con la descomposición de materia orgánica sin pirolizar (LEHMANN & JOSEPH, 2015).



Figura 1. Fotografía del biocarbón usado en el estudio obtenido a partir de leña de encina.

Muchos estudios han evaluado los efectos del biocarbón sobre cultivos agronómicos, generalmente monocultivos (LIU et al., 2013; OLMO et al., 2014). Generalmente, estos estudios han encontrado un efecto positivo del biocarbón sobre el crecimiento y la producción vegetal. Sin embargo, existen pocos estudios que hayan evaluado los efectos del biocarbón sobre ecosistemas naturales con mayor diversidad de especies, como son los pastizales (VAN DE VOORDE et al., 2014). En los pastizales mediterráneos, la disponibilidad de agua es muy variable durante el año, con veranos secos y calurosos e inviernos lluviosos. En estos ecosistemas la cantidad de agua disponible y la duración del periodo de estrés hídrico a lo largo del año pueden ser determinantes para la producción vegetal y la composición de especies (MONTALVO et al., 1991).

Uno de los efectos más ampliamente descrito del biocarbón es su capacidad para aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo, aumentando el contenido de agua disponible para las plantas (BARONTI et al., 2014; OLMO, 2016). El estudio de los efectos del biocarbón sobre el suelo y la vegetación de los pastizales puede ser útil para conocer sus efectos sobre ecosistemas naturales más complejos que los ecosistemas agrícolas. El biocarbón podría alterar la capacidad de retención hídrica del suelo, así como la disponibilidad de nutrientes, beneficiando a algunas especies en detrimento de otras, y por tanto, modificando la composición vegetal de estos ecosistemas naturales.

En este estudio se evaluó los efectos de la adición de biocarbón obtenido a partir de leña de encina (Fig. 1) sobre el contenido de agua del suelo y la producción de 4 grupos funcionales de herbáceas (gramíneas, leguminosas, compuestas y otras) en un pastizal seminatural situado en una ladera, en la que existe un gradiente de humedad bien diferenciado.

2. Objetivos

- Conocer los efectos de la adición de biocarbón sobre el contenido de agua del suelo de un pastizal situado en una ladera con un gradiente de humedad.
- Evaluar los efectos del biocarbón sobre la cobertura vegetal.
- Conocer los efectos del biocarbón sobre la producción vegetal y los factores que la determinan.

3. Metodología

3.1. Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en una parcela experimental situada en el Campus Universitario de Rabanales (37° 45' 57" N, 4° 42' 55" O; Córdoba). La zona de estudio es un antiguo terreno

agrícola usado para la producción de cereal y abandonado hace 15 años. Durante este tiempo no se han aplicado labores agrícolas. El pastizal actual está situado en una ladera donde se constató previamente la existencia de un gradiente de humedad bien diferenciado. En la tabla 1 se indican las especies más abundantes en el pastizal. El experimento comenzó el 13 de noviembre de 2015 y finalizó el 23 de mayo de 2016. La precipitación total acumulada durante el experimento fue 174.9 mm, la temperatura media fue 13.4 ± 5.2 °C y la humedad fue $80.1 \pm 29.9\%$ (Servicio Central de Apoyo a la investigación, Universidad de Córdoba).

Tabla 1. Especies más abundantes en el pastizal ordenadas según la familia

Familia	Especie	Familia	Especie
Asteraceae	<i>Andryala integrifolia</i>	Fabaceae	<i>Trifolium glomeratum</i>
	<i>Chrysanthemum segetum</i>		<i>Vicia sativa</i>
	<i>Coleostephus myconis</i>	Malvaceae	<i>Lavatera cretica</i>
	<i>Crepis capillaris</i>		<i>Malva parviflora</i>
	<i>Leontodon longirostris</i>	Poaceae	<i>Aegilops geniculata</i>
	<i>Pulicaria paludosa</i>		<i>Avena sterilis</i>
	<i>Sonchus oleraceus</i>		<i>Bromus diandrus</i>
Boraginaceae	<i>Anchusa azurea</i>		<i>Bromus hordeaceus</i>
	<i>Echium plantagineum</i>		<i>Bromus madritensis</i>
Brassicaceae	<i>Diplotaxis catholica</i>		<i>Dactylis glomerata</i>
	<i>Hirschfeldia incana</i>		<i>Lolium rigidum</i>
	<i>Raphanus raphanistrum</i>		<i>Phalaris minor</i>
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>		<i>Polypogon monspeliensis</i>
Cyperaceae	<i>Eleocharis multicaulis</i>		<i>Vulpia ciliata</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia exigua</i>	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i>
Fabaceae	<i>Biserrula pelecinus</i>		<i>Polygonum monspeliensis</i>
	<i>Medicago polymorpha</i>		<i>Rumex bucephalophorus</i>
	<i>Scorpiurus sulcatus</i>	Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>
	<i>Trifolium angustifolium</i>	Rubiaceae	<i>Rubia peregrina</i>
	<i>Trifolium campestre</i>	Scrophulariaceae	<i>Misopates orontium</i>

El diseño experimental consistió en 18 parcelas de 4 m² (2 × 2 m) situadas en una ladera y distribuidas en 3 zonas (zona alta, media y baja). Cada una de estas zonas estaba compuesta por 3 parcelas control (sin biocarbón) y 3 parcelas con biocarbón. En la Figura 2 se muestra un esquema del diseño experimental. A una distancia de 10 m de las parcelas de la zona baja existe una zona de terreno que generalmente se encuentra encharcada en la época de lluvias.

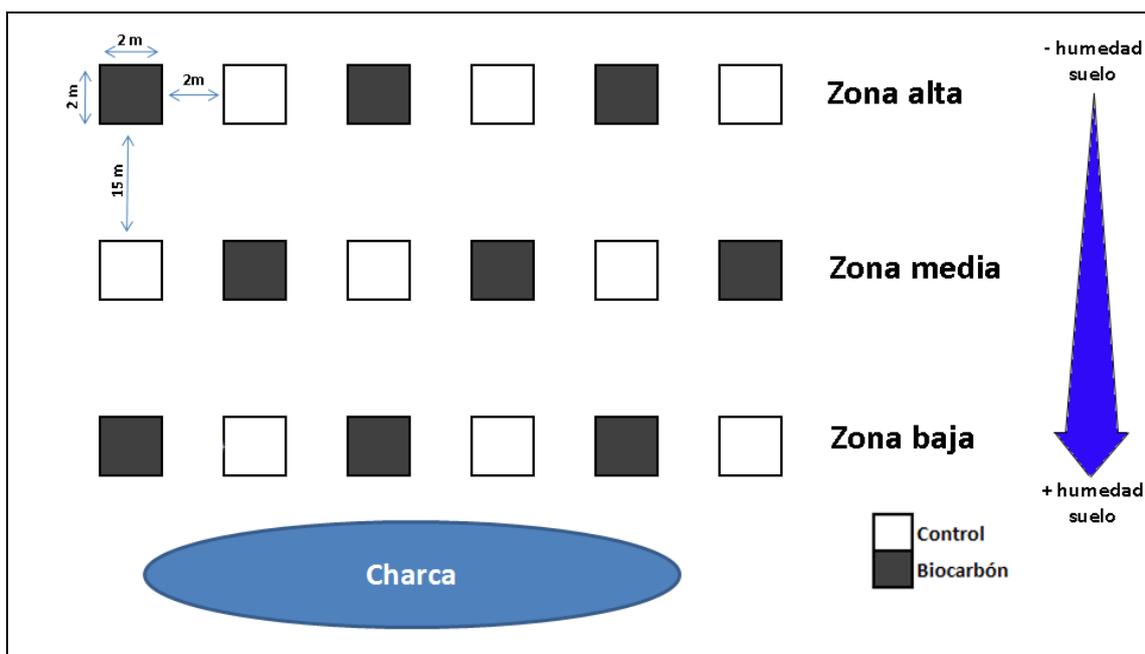


Figura 2. Esquema del diseño experimental.

Antes de la colocación de las parcelas se realizó una limpieza del terreno, eliminando la vegetación existente, para ello se aplicó un desbroce con una desbrozadora manual y se eliminó el material vegetal con un rastrillo.

El biocarbón fue suministrado por la empresa Corchos Oliva S.L. El biocarbón se obtuvo a partir de leña de encina. La distribución del tamaño de partícula del biocarbón fue: 10% <1 mm; 7% >1 y <2 mm; 8% >2 y <5 mm; 70% >5 y <10 mm y 5% > 10 mm. Las características del biocarbón fueron: 30.8, 1.8 y 0.6% de C, H y N, respectivamente; 28% de cenizas; y 5.6 y 400 mg kg⁻¹ de F y Cl. El biocarbón se añadió a las parcelas tratadas con biocarbón manualmente, sin moler, a una dosis de 3 kg m⁻² y se mezcló con el suelo usando una azada y una escarda hasta una profundidad aproximada de 10 cm. De este modo se eliminó la materia seca vegetal del año anterior. Las parcelas del tratamiento control recibieron el mismo manejo del suelo que las parcelas tratadas con biocarbón.

Mensualmente (de noviembre del 2015 a mayo del 2016) se tomaron 2 muestras de suelo de cada parcela (de 10 cm de profundidad). Se tomó el peso fresco de las muestras de suelo y se secaron en una estufa a 105 °C durante 48 horas para obtener el peso seco. El contenido de agua del suelo (g g⁻¹) se calculó como [(peso fresco - peso seco) / peso seco].

3.2. Cobertura vegetal

El día 23 de febrero de 2016 (102 días) se estimó la cobertura vegetal de las parcelas usando el software PhotoQuad v.1.4 (TRYGONIS & SINI, 2012). Para ello, se tomaron al azar 4 fotografías en cada parcela con una cámara digital (Nikon Coolpix S220, Nikon Corp., Japan) montada sobre un trípode. El área de suelo fotografiada de cada parcela fue 0.8 m² (20% del área total de la parcela).

3.3. Cosecha

Con el objetivo de obtener la biomasa vegetal seca de cada parcela, el 23 de mayo de 2016 (192 días) se realizó la cosecha de todas las parcelas. Para ello, se cortó la parte aérea de todas las plantas a ras de suelo y se separaron en cuatro grupos de especies: gramíneas, leguminosas, compuestas y otras. Posteriormente se tomó el peso seco (secado en una estufa a 70 °C durante 48 h).

3.4. Análisis de datos

Para comprobar si había diferencias en las variables estudiadas con respecto a la posición de las parcelas en la ladera (baja, media y alta) y a los tratamientos (control y biocarbón) se realizaron análisis de varianza factorial (ANOVA) con dos factores: posición en la ladera y tratamiento. Se comprobó si los datos cumplían las asunciones del ANOVA, y en el caso de que no las cumplieran los datos se transformaron a logaritmo y a raíz cuadrada. La comparación a posteriori se realizó con el test de Tukey, considerándose estadísticamente significativo valores de $P < 0.05$. Para estudiar las relaciones entre la cobertura vegetal y la producción con el contenido de agua del suelo se realizaron regresiones lineales. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v8 (Statsoft, Inc., Tulsa, USA).

4. Resultados

La adición de biocarbón al suelo dio como resultado un aumento del contenido de agua del mismo (Fig. 2). Las diferencias más significativas entre los 2 tratamientos las encontramos en las parcelas de la zona baja de la ladera, transcurridos 88 y 157 días desde el inicio del experimento (Fig. 2).

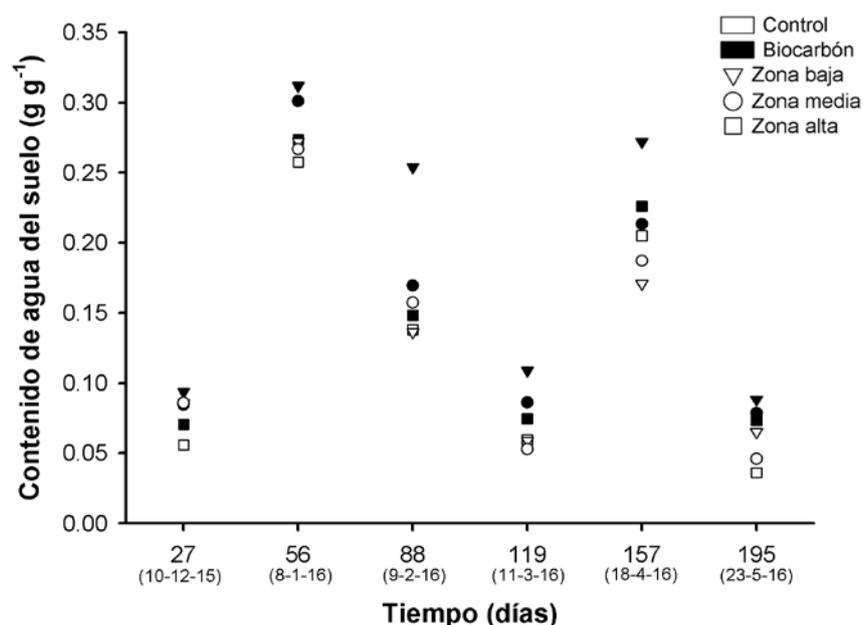


Figura 2. Contenido medio de agua del suelo durante el experimento en las 3 zonas de la ladera (alta, media y baja) y para los 2 tratamientos (control y biocarbón). Los símbolos de color negro representan parcelas tratadas con biocarbón y los símbolos de color blanco representan parcelas control.

En la Figura 3 se muestran los efectos de la posición en la ladera y del biocarbón sobre la cobertura vegetal de las parcelas. La cobertura vegetal aumentó gradualmente hacia las zonas más bajas de la ladera (Fig. 3, Tabla 2). Por su parte, el biocarbón aumentó significativamente la cobertura vegetal de las parcelas de las zonas media y baja (Fig. 3).

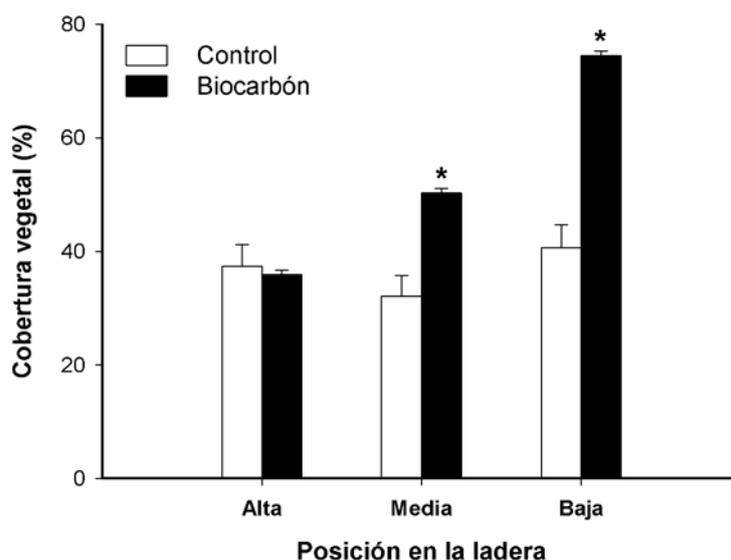


Figura 3. Media \pm error estándar de la cobertura vegetal de las parcelas en las 3 zonas de la ladera (alta, media y baja) y para los 2 tratamientos (control y biocarbón). * indica diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los 2 tratamientos para una misma zona.

La biomasa vegetal no se vio afectada por la posición de la parcela en la ladera (Fig. 4, Tabla 2). En las zonas media y baja encontramos que las parcelas tratadas con biocarbón presentaron mayor contenido de biomasa que las parcelas control, sin embargo, este aumento no fue significativo (Fig. 4).

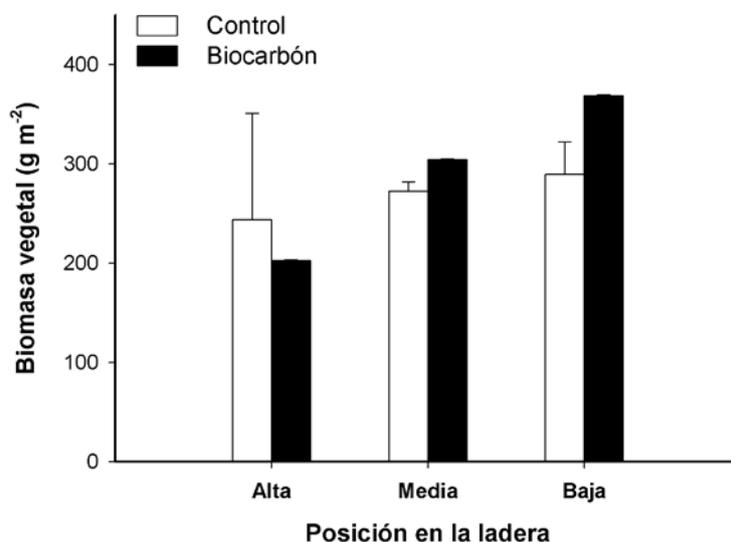


Figura 4. Media \pm error estándar de la biomasa vegetal de las parcelas para los dos tratamientos (control y biocarbón) y para las 3 zonas de la ladera (alta, media y baja).

El contenido medio del agua del suelo durante el ensayo estuvo relacionado positivamente con la cobertura vegetal y con la producción vegetal de las parcelas (Fig. 5A y B).

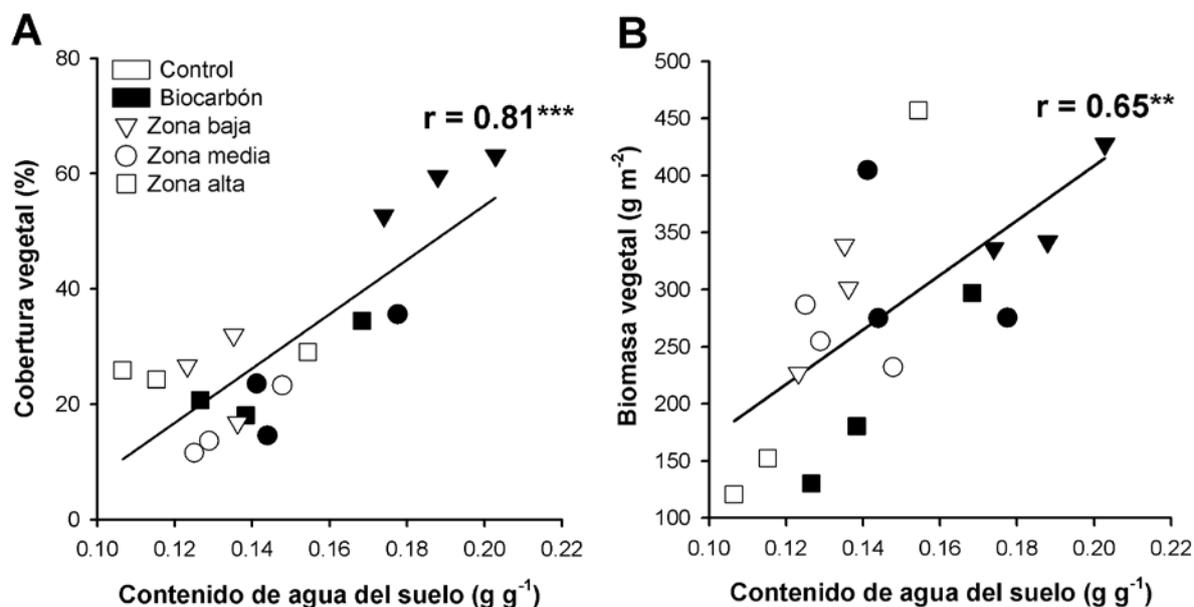


Figura 5. Relaciones entre el contenido de agua del suelo y la cobertura vegetal (A) y la biomasa vegetal (B). Cada punto corresponde con los valores medios de una parcela. Los símbolos de color negro representan parcelas tratadas con biocarbón y los símbolos de color blanco representan parcelas control. Se indican los coeficientes de correlación de Pearson y el nivel de significación (** $P < 0.01$ y *** $P < 0.001$)

En la Figura 6 se muestran los efectos de la posición en la ladera y del biocarbón sobre la proporción la biomasa de los diferentes grupos de plantas (gramíneas, leguminosas, compuestas y otras). La mayor proporción de biomasa correspondió a las gramíneas (85%), seguidas de las compuestas (8%), otras (4%) y leguminosas (3%). La posición de las parcelas en la ladera y la adición de biocarbón no afectó a la proporción de biomasa de los distintos grupos (Tabla 2), a excepción de la zona alta, donde el biocarbón aumentó la proporción de biomasa de las leguminosas (Fig. 6D).

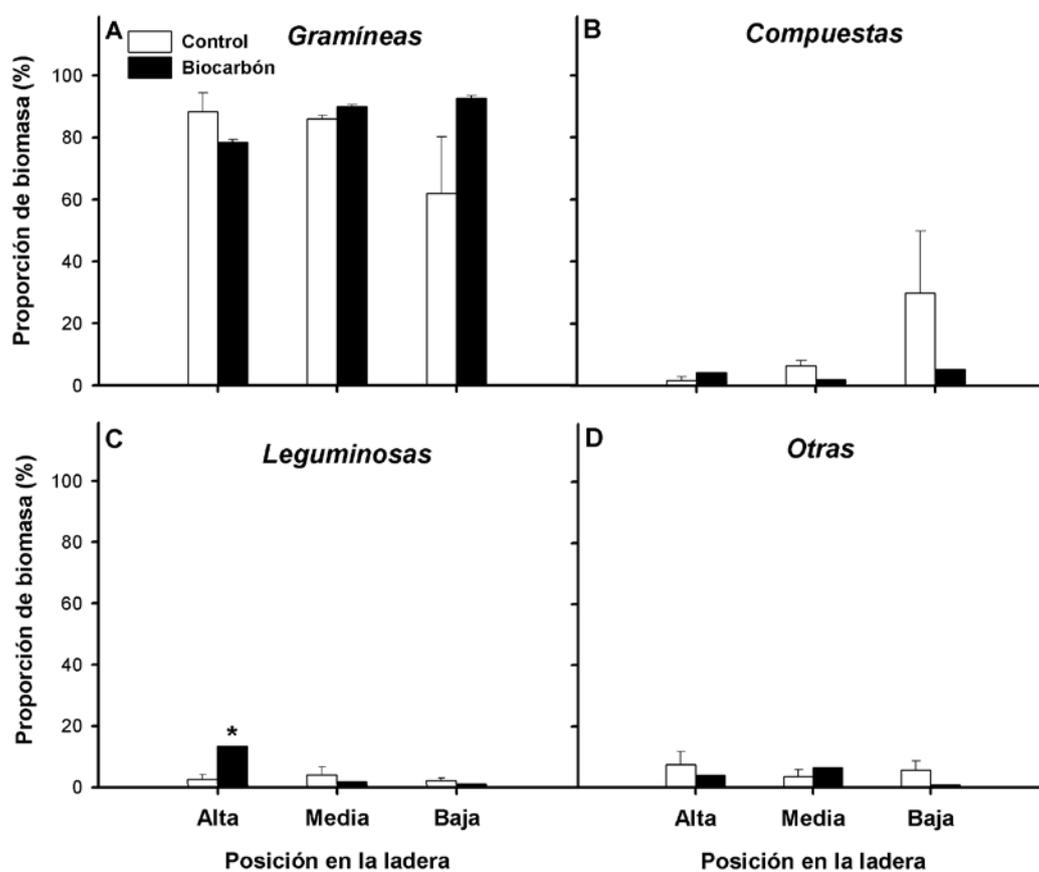


Figura 6. Media \pm error estándar de la proporción de biomasa de las especies gramíneas (A), compuestas (B), leguminosas (C) y otras (D) en las 3 zonas de la ladera (alta, media y baja) y los 2 tratamientos (control y biocarbón). * indica diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los 2 tratamientos para una misma zona.

Tabla 2. Resultados del ANOVA factorial en el que se muestran los efectos de la posición en la ladera, el biocarbón y su interacción sobre las distintas variables del estudio. Se indica la proporción de la variancia explicada (Suma de cuadrados factor/Suma de cuadrados total) y el nivel de significación (ns: no significativo; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$) para cada factor. R^2 es el porcentaje del total de la variancia explicado por el modelo. (+) indica que el biocarbón tuvo un efecto positivo.

Variable	Posición en la ladera	Biocarbón	Ladera \times Biocarbón	R^2
Cobertura vegetal (%)	29***	20***(+)	18***	63***
Biomasa ($g\ m^{-2}$)	21 ns	2 ns	7 ns	1 ns
Proporción de biomasa de gramíneas (%)	8 ns	7 ns	28 ns	18 ns
Proporción de biomasa de compuestas (%)	18 ns	8 ns	14 ns	15 ns
Proporción de biomasa de leguminosas (%)	30*	6 ns	34**	58**
Proporción de biomasa de otras especies (%)	4 ns	3 ns	10 ns	1 ns

5. Discusión

En general, encontramos un aumento del contenido de agua del suelo con la adición de biocarbón en el primer año de estudio. Este aumento fue *in crescendo* desde la zona más seca de la ladera (zona alta) hacia la más húmeda (zona baja). El aumento en la capacidad de retención hídrica del suelo tras la adición de biocarbón ha sido descrito también por otros estudios (BARONTI et al., 2014; OLMO et al., 2016), que lo asociaron con la retención física del agua en los poros del biocarbón y a la presencia de grupos funcionales hidrofílicos en su superficie. El aumento del contenido de agua del suelo tras la adición de biocarbón podría ser beneficioso para la producción vegetal en pastizales mediterráneos, como así sugieren las relaciones positivas que encontramos entre el contenido de agua del suelo y tanto la cobertura vegetal como la biomasa vegetal.

Contrariamente a lo esperado, la posición de las parcelas en la ladera y la adición de biocarbón no afectaron a la producción vegetal de las parcelas. VAN DE VOORDE et al. (2014) en un estudio muy parecido al nuestro, en el que aplicaron 1.3 kg m⁻² de biocarbón (obtenido de pirolizar restos vegetales) a un pastizal, tampoco encontraron un aumento de la producción. Los efectos del biocarbón sobre la producción no siempre dan como resultado un aumento de la producción (TAMMEORG et al., 2014; ROGOVSKA et al., 2014). La mayoría de estos estudios coinciden en que la variabilidad de los efectos del biocarbón sobre la producción se debe a las condiciones experimentales de cada ensayo (tipo de biocarbón, tipo de suelo, clima y especie de estudio). El tiempo transcurrido desde la adición del biocarbón al suelo también puede ser un factor importante, ya que aumenta la interacción del biocarbón con el suelo y su efecto positivo sobre las plantas (LEHMANN & JOSEPH, 2015). La elevada variabilidad en la respuesta del pastizal a la adición de biocarbón en la zona alta de la ladera, y la corta duración del ensayo (195 días) podrían explicar la ausencia de diferencias en la producción entre los 2 tratamientos.

En general el biocarbón no afectó a la proporción de biomasa de los diferentes grupos de especies, pero aumentó la proporción de biomasa de las leguminosas en la zona alta de la ladera. Este efecto positivo del biocarbón sobre las especies leguminosas ha sido descrito por otros estudios (RONDON et al., 2007; TAGOE et al., 2008), que lo relacionaron con el aumento del pH del suelo tras la adición de biocarbón. El aumento de la disponibilidad de K en el suelo también puede beneficiar al crecimiento de las leguminosas (SANGAKKARA et al., 1996). En este sentido, existen muchos estudios que han encontrado un aumento de la disponibilidad de K en el suelo tras la adición de biocarbón (OLMO et al., 2014; TAMMEORG et al., 2014; OLMO, 2016).

Nuestros resultados sugieren la necesidad de realizar estudios a largo plazo para determinar los efectos del biocarbón sobre este tipo de ecosistemas seminaturales. Por otro lado, a pesar de no encontrar un efecto importante de la adición del biocarbón sobre la producción vegetal, el hecho de inmovilizar carbono puede ser una herramienta eficaz para luchar contra el cambio climático.

6. Conclusiones

En el primer año de estudio, la adición de biocarbón al suelo aumentó el contenido de agua del mismo. El contenido medio de agua del suelo durante el ensayo estuvo relacionado positivamente con la cobertura vegetal y con la producción de las parcelas.

La cobertura vegetal aumentó gradualmente hacia las zonas más bajas de la ladera. El biocarbón aumentó significativamente la cobertura vegetal de las parcelas situadas en las zonas media y baja de la ladera.

En el primer año de estudio, el biocarbón no afectó a la producción vegetal, sin embargo, la adición de biocarbón en las parcelas de la zona alta de la ladera aumentó la proporción de biomasa de las especies leguminosas.

7. Agradecimientos

Este estudio ha sido realizado en el marco del “Proyecto Biocar: Estudio del biocarbón como sumidero de Carbono” (Ref.: IPT-440000-2010-8), financiado por el Ministerio de Ciencia e

Innovación (Programa Nacional de Cooperación Público-Privada, Subprograma INNFACTO) y fondos FEDER “Fondo Europeo de Desarrollo Regional, una manera de hacer Europa”. Agradecemos a la empresa Corchos Oliva S.L. el suministro del biocarbón y a Óscar Montaña y Francisco Conde su ayuda durante el experimento.

8. Bibliografía

BARONTI, S.; VACCARI, F.P.; MIGLIETTA, F.; et al.; 2014. Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). *Eur J Agron* 53, 38-44.

DE VOORDE, T.F.; BEZEMER, T.M.; VAN GROENIGEN, J.W.; et al.; 2014. Soil biochar amendment in a nature restoration area: effects on plant productivity and community composition. *Ecol Appl* 24, 1167-1177.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S.; 2015. *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. Routledge.

LIU, X.; ZHANG, A.; JI, C.; et al.; 2013. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. *Plant Soil* 373, 583–594

OLMO, M.; ALBURQUERQUE, J.A.; BARRÓN, V.; ET AL.; 2014. Wheat growth and yield responses to biochar addition under Mediterranean climate conditions. *Biol Fert Soils* 50, 1177-1187.

OLMO, M.; LOZANO, A.M.; BARRÓN, V.; VILLAR, R.; 2016. Spatial heterogeneity of soil biochar content affects soil quality and wheat growth and yield. *Sci Total Environ* 562, 690-700.

OLMO, M.; 2016. Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13381>

ROGOVSKA, N.; LAIRD, D.A.; RATHKE, S.J.; KARLEN, D.L.; 2014. Biochar impact on Midwestern Mollisols and maize nutrient availability. *Geoderma* 230, 340-347.

RONDON, M.A.; LEHMANN, J.; RAMÍREZ, J.; HURTADO, M.; 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biol Fert Soils* 43, 699-708.

SANGAKKARA, U.; HARTWIG, U.; NOSBERGER, J.; 1996. Soil moisture and potassium affect the performance of symbiotic nitrogen fixation in faba bean and common bean. *Plant Soil* 184, 123-130.

TAGOE, S.O.; HORIUCHI, T.; MATSUI, T.; 2008. Effects of carbonized and dried chicken manures on the growth, yield, and N content of soybean. *Plant Soil* 306, 211-220.

TAMMEORG, P.; SIMOJOKI, A.; MÄKELÄ, P.; et al.; 2014. Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. *Agr Ecosys Environ* 191, 108-116.

TRYGONIS, V.; SINI, M.; 2012. photoQuad: a dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *J Exp Mar Biol Ecol* 424, 99-108.