

# RELACIÓN ENTRE EL HUMUS DEL SUELO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SABINA EN UNA REGIÓN SEMI-ÁRIDA DE ESPAÑA

Amelia Moyano Gardini<sup>1</sup>, Raquel Cabezón González<sup>1</sup>, Elena Charro Huerga<sup>2</sup>, José Olano Mendoza<sup>3</sup> y Marina Fernández-Toiran<sup>1</sup>

1 Dpto. Producción Vegetal y Recursos Forestales. Universidad de Valladolid. Campus Universitario. 42004-SORIA (España). Correo electrónico: gardini@pvs.uva.es

2 Dpto. Ciencias Agroforestales. Universidad de Valladolid. Campus Universitario. Avda. de Madrid 44. 34004-PALENCIA (España). Correo electrónico: echarro@agro.uva.es

3 Dpto. Ciencias Agroforestales. Universidad de Valladolid. Campus Universitario. 42004-SORIA (España). Correo electrónico: jmolano@agro.uva.es

## Resumen

El estudio de las relaciones suelo-árbol es un tema de máxima actualidad, teniendo en cuenta que, tanto las masas forestales como el propio suelo, pueden actuar como sumideros de carbono y contribuir con su almacenamiento a mitigar los efectos del cambio climático. En este trabajo se pretende estimar la potencialidad del suelo forestal de un sabinar (*Juniperus thurifera* L.) como sumidero de carbono. Para alcanzar este objetivo se evalúa el carbono orgánico total (CO) del suelo, así como las distintas fracciones del humus que ayudan a estabilizar este importante componente. El área de estudio se encuentra en la zona más alta de un monte de utilidad pública, en la Sierra de Cabrejas, provincia de Soria (España) y forma parte del área catalogada como Lugar de Interés Comunitario (LIC). En las proximidades de 43 árboles, seleccionados en función de cuatro rangos diamétricos y en función del sexo, se extrajeron muestras del primer horizonte mineral en dos direcciones (norte y sur) hasta el contacto con el material de origen (18 cm aproximadamente) y a dos distancias del tronco (30 y 60 cm, respectivamente). El CO del suelo está estrechamente relacionado con la proximidad y con el diámetro del árbol; sin embargo, no está influenciado por la posición norte-sur ni por el sexo de los pies. Los árboles con diámetros >30 cm tienen en el primer horizonte mineral cerca de 3 veces más CO que los de 10 cm, poseen un horizonte O de acumulación, con un espesor entre 7-12 cm un contenido de CO de 220 g.kg<sup>-1</sup>. El CO total es de 31 t.ha<sup>-1</sup>.

Palabras clave: Carbono orgánico, Humificación, Sabinar, Fraccionamiento

## INTRODUCCIÓN

*Juniperus thurifera* L. es una especie de la familia cupresácea conocida en España de varias maneras tales como sabina albar, enebro, trabina, nebru (ORIA DE RUEDA Y DIEZ, 2002). El área de distribución fuera de la Península Ibérica queda reducida a algunas localizaciones en los Alpes

franceses y en la cordillera del Atlas marroquí, donde, a pesar de estar en etapas de degradación debido al sobrepastoreo, es capaz de soportar altitudes de hasta 3000 m (FROMARD & GAUQUELIN, 1993). En la provincia de Soria se encuentra formando bosques claros, abiertos ocupando grandes extensiones que son adversas para otras especies arbóreas (BLANCO Y CASADO,

1997). Los sabinares son testimonio de un paisaje vegetal de miles de años atrás, cuando el clima era mucho más frío y árido que el actual (COSTA Y MORLA, 1985). La distribución de la sabina parece obedecer preferentemente a factores climáticos (GAUQUELIN & BERTAUDIERE, 1999) más que a factores edáficos, a pesar de su plasticidad edáfica (GARCÍA Y ALLUÉ, 2005). El área que ocupa en la actualidad es más reducida centrándose, casi exclusivamente, en zonas de clima continental. La gran vitalidad, persistencia y amplitud ecológica de la especie permite que en España haya sabinares desde los 140 hasta los 1800 msnm, soportando temperaturas de  $-25^{\circ}\text{C}$  en invierno y  $40^{\circ}\text{C}$  en verano; además, es donde perviven las mayores y mejores extensiones de sabina albar; siendo la superficie total ocupada de 125.000 ha aproximadamente. Castilla y León es la Comunidad Autónoma con mayor número de hectáreas ocupadas (67.000 ha) y dentro de ésta, la provincia de Soria tiene, según el SEGUNDO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL (1985-1995), cerca de 33.572 ha, lo que constituye el 10% de la superficie forestal arbolada.

Los suelos de los ecosistemas terrestres son un reservorio importante del carbono atmosférico (WIT et al., 2006) con una capacidad de almacenar incluso mayor que la acumulada por la biomasa (GARCÍA-OLIVA et al., 2006); si bien, las estimaciones de la resistencia y la duración de los suelos forestales como sumidero de carbono orgánico (CO) son todavía inciertas (HOUGHTON, 2003). Este trabajo pretende esti-

mar la potencialidad del suelo del sabinar como sumidero de carbono orgánico. Para alcanzar este objetivo se evalúa el CO del suelo buscando establecer algún patrón de distribución; además se analiza el grado de estabilidad del CO mediante el estudio del grado de humificación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está situada en un páramo, en la zona más alta de un monte de utilidad pública, en la Sierra de Cabrejas, provincia de Soria (España). Forma parte del área catalogada como Lugar de Interés Comunitario (LIC). Está ocupada por un sabinar claro de *Juniperus thurifera*, con gran variabilidad en diámetros y alturas y con un espaciamiento medio de 12 m. Posee un regenerado disperso, principalmente, alrededor de los pies. Se pueden encontrar ejemplares aislados de enebro (*Juniperus communis* L.), encina o quejigo (*Quercus ilex* subsp. *balloata* (Desf.) Samp.) y pinos (*Pinus sylvestris* L., *Pinus pinaster* Ait.). Desde el punto de vista litológico el material (Tabla 1) lo constituyen calizas nudosas y arcillosas que alternan con calizas tableadas (IGME, 1980). Los suelos se clasifican de acuerdo con el USDA (1998) como Eutrodepts lithico y Xerorthents litic.

La zona (Tabla 1) tiene un clima continental muy marcado (Estación Meteorológica de Abejar:  $41^{\circ} 48' 42''$  N.  $2^{\circ} 47' 23''$  W). Soporta inviernos muy fríos y veranos muy calurosos,

Características	
Locación	Cabrejas del Pinar
Situación	Hueco de la Llana
Altitud (m.s.m.)	1258
Pendiente (%)	5
Inclinación	Sur
Sustrato geológico	Calizas cretácicas
Posición fisiográfica	planicie
Pendiente	5 %
Precipitación (mm.año <sup>-1</sup> )	696
Densidad del monote (pies.ha <sup>-1</sup> )	208
Temperatura media anual (°C)	9.1

Tabla 1. Características generales de la zona de estudio

muchas horas de insolación anual, con régimen pluviométrico que generan déficit hídricos edáfico durante al menos dos meses. De acuerdo con RIVAS-MARTÍNEZ (1982) la zona tiene un periodo de actividad vegetativa estimado de 5 meses. En una parcela de 5000 m<sup>2</sup> se seleccionaron 43 árboles en función de cuatro rangos diámetros (<10 cm.; 10-20 cm.; 20-30 cm y >30 cm), se determinó que hubiera igual número de pies masculino que femeninos. A dos distancias del tronco (30 y 60 cm, respectivamente) se extrajeron muestras del primer horizonte mineral en dos direcciones (norte y sur) hasta encontrar el contacto con el material de origen (0-18 cm aproximadamente). Las muestras de suelos fueron identificadas como N-30, S-30, N-60 y S-60 respectivamente, completando un total de 172. En cada muestra se determinó la proporción de gravas, el pH que fue valorado potenciométricamente en una solución suelo: agua (1:2,5); el carbono orgánico (CO) por el método de Walkeley-Smolik y los carbonatos totales por calcimetría (PORTA, 1986). Para conocer el estado de humificación del carbono se escogieron dos perfiles de suelo. Uno, bajo el árbol (N° 18) con diámetro de 30 cm (Suelo 1) y otro, utilizado como control, situado en zona rasa a 70 m de primero (Suelo 2). En ambos perfiles se extrajeron muestras a tres profundidades en función de su evolución edafogenética. En el suelo 1 se extraen muestras a 0-10; 10-20 y >20 cm de profundidad, además se recoge muestra del horizonte orgánico (horizonte O de 7-0 cm). En el suelo 2 se extraen tres muestra a las siguiente profundidades 0-7; 7-12 y >12 cm. Sobre estas muestras se realizó el fraccionamiento del CO empleando el método propuesto por DUCHAFOUR & JACQUIN (1966), modificado por CARBALLAS *et al.* (1983). Incluye un fraccionamiento físico (fracción orgánica libre o ligera) mediante una mezcla de bromoformo-etanol (%: 1.8 g.cm<sup>-3</sup>). Sobre la fracción pesada o ligada se realizó un fraccionamiento químico secuencial utilizando dos soluciones extractoras: a) pirofosfato de sodio 1% más sulfato de sodio al 7,5 % ajuntada a pH 7,0 y b) pirofosfato de sodio y sulfato de sodio, con la misma concentración a pH 12. Mediante acidificación (pH 2,0) se separaron los ácidos fúlvicos y húmicos. La fracción sobrenadante procedente de cada extracción se designa como AF1 y AF2, respectivamente. La

fracción que permanece en el insoluble se disuelve con 3 ml de NaOH (N) y se lleva a volumen conocido con agua; se identifican como AH1 y AH2. La fracción orgánica que permanece resistente frente a los extractantes, se denomina huminas (Hna). El CO de cada fracción fue medido siguiendo el método de combustión húmeda (PORTA, 1986). Las determinaciones se realizaron por duplicado y la precisión del método fue realizada para una misma muestra 10 veces con una desviación estándar <10%. A partir de los resultados, de acuerdo con CARBALLAS *et al.* (1983), se calcularon los siguientes índices (Ecuación: 1 y 2):

IP. Índice de polimerización =

$$\frac{CAF}{(CAH)} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

NE. Nivel de extracción =

$$\frac{(CAF) + (CAH)}{COT} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

COT = CO\*[Ds\*(Vs-Vg)] Ecuación 3

donde CAF es el CO de los ácido fúlvicos; CAH es el CO de los ácidos húmicos y C Hna es el CO de la huminas y COT es el CO total del suelo.

Para la modelización del carbono retenido en el horizonte órgano-mineral y en el horizonte orgánico se utiliza la expresión matemática (Ecuación 3) propuesta por TATE *et al.* (1997). Donde COT (g.ha<sup>-1</sup>) carbono orgánico total por unidad de superficie (ha) que se calcula ponderando el CO del horizonte orgánico más el CO del horizonte mineral de zonas arboladas y no arbolada. Ds (kg.m<sup>-3</sup>), densidad del horizonte mineral; Vs y Vg (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) volumen de suelo y de gravas para el horizonte mineral del suelo arbolado, no arbolado y en función de cada de la superficie ocupada por cada uno de los rangos diámetros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH de los suelos es cercano e inferior a 8 (Tabla 2), no encontrándose diferencias significativas en función de la proximidad al tronco ni de la posición norte-sur. Los valores están en relación con la riqueza calcárea que aun conserva el suelo ya que han sufrido diversos grados

de decarbonatación. No todos sabinares se encuentran sobre suelos calcáreos aunque la mayoría de ellos están situados sobre material carbonatado. PONCE Y PALOMARES (2006) en un estudio de suelo de sabina, en función a una estratificación previa del territorio, han señalado intervalos de variación de pH entre moderadamente ácidos hasta fuertemente básicos. La afirmación de que la sabina prefiere suelos ricos en calcio parece contradictoria con el hecho de que haya poblaciones asentadas sobre material decarbonatado incluso ácidos (GARCÍA Y ALLUE, 2005). Sin embargo, es posible que en tales casos el complejo adsorbente esté saturado de calcio (GONZÁLEZ Y CANDAS, 1991). La potencia del suelo comprobada mediante el uso de una barrena indica que la profundidad no supera los 20 cm, siendo ligeramente más profundo en las cercanías de los fustes y bajo cubierta arbórea. Así mismo, se observa que el porcentaje de elementos gruesos (Tabla 2), es variable y oscila entre 0,4-600 g.kg<sup>-1</sup>, los valores medios están comprendidos entre 19 y 34%. Esta proporción de gravas que, en algunos casos, es muy abundante puede ser atribuida, entre otros aspectos, a

procesos erosivos que arrastran fracciones finas del suelo incrementando, en forma relativa, los elementos gruesos; sin embargo, al no existir diferencias significativas no es posible establecer un patrón de distribución.

El contenido de CO (Tabla 2) de las muestras, extraídas en forma sistemática y a dos distancias del árbol es variable y oscila entre el 1 y el 4% siendo el valor medio cercano a 2%. Este parámetro no está influenciado por la posición norte sur, ni por el sexo (Figura 1 A y B). El aporte de materia con el que contribuyen los pies femeninos durante el periodo de fructificación no es tan abundante como para establecer diferencias significativas en el contenido de CO. Sin embargo, el contenido de CO presenta una clara relación con el tamaño del árbol (p<0.01) y con la proximidad al mismo (p<0.01), presentando los mayores contenidos a los 30 cm de distancia (Figura 2 A y B). Al analizar la distribución de la materia orgánica en los perfiles se observa que hay una acumulación en superficie bajo los árboles grandes formando un horizonte O, con un espesor cercano a 7 cm, sensiblemente inferior a los valores reportados por RODRÍGUEZ Y VELASCO

Clases diamétricas (cm)	pH				Gravas (kg kg <sup>-1</sup> )				CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )			
	N-30	S-30	N-60	N-30	S-30	N-60	S-60	S-60	N-30	S-30	N-60	S-60
< 10	7,93	7,70	7,81	7,70	0,23	0,26	0,20	0,19	4,2	12,5	18,2	20,0
10-20	7,77	7,81	7,71	7,76	0,31	0,28	0,34	0,28	15,2	25,0	25,0	24,2
20-30	7,54	7,51	7,56	7,95	0,23	0,23	0,27	0,27	22,1	28,0	28,0	12,0
>30	7,18	7,60	7,69	7,50	0,25	0,22	0,28	0,28	7,0	9,0	9,2	8,1

Tabla 2. Parámetros edáficos en función de la orientación y la proximidad al tronco

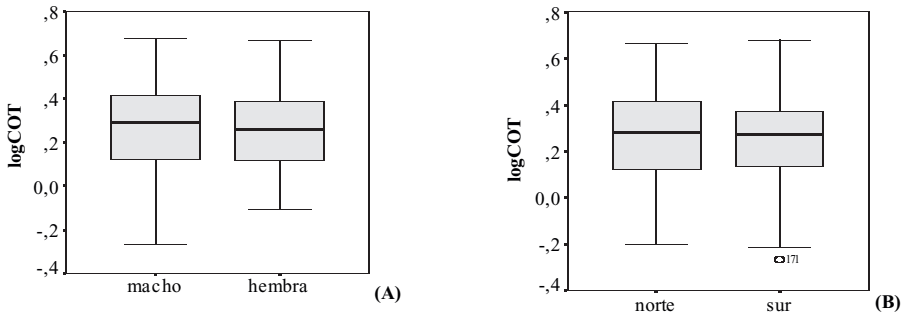
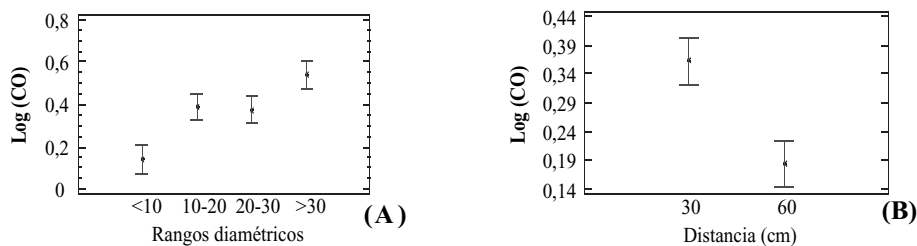


Figura 1 Caja y bigotes log CO total en función del sexo (A) y de la orientación (B)

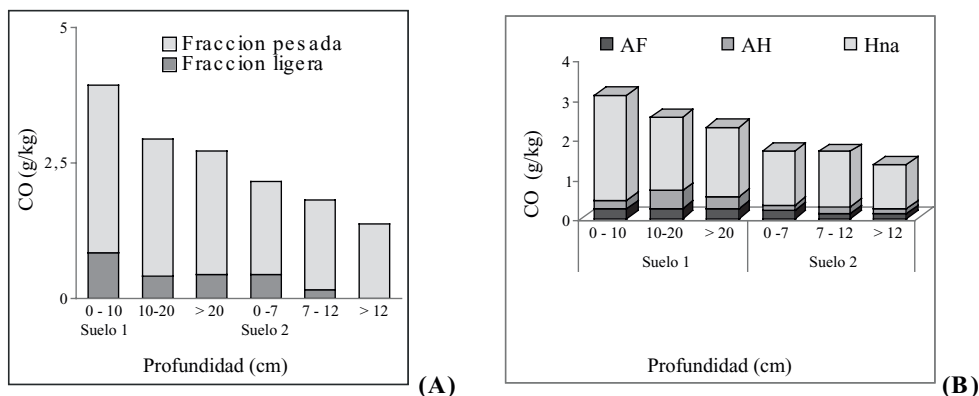


**Figura 2.** Distribución de CO en función de los rangos diamétricos (A) y la cercanía al tronco (B)

(1988). Este hecho evidencia el efecto protector de la copa contra agentes erosivos favoreciendo los procesos de humificación y edafización. Los horizontes superficiales de ambos perfiles poseen una fracción ligera (% < 1,8) que representa el 21% del CO (Figura 3A); lógicamente este valor disminuye significativamente a medida que se profundiza en el suelo desnudo, siendo inexistente a los 12 cm. Esta observación se puede considerar otro índice de la escasa potencia del suelo, en especial cuando no existe el efecto protector del árbol.

El índice de polimerización (IP) es inversamente proporcional al grado de polimerización de la materia orgánica. Los IP encontrados tienen valores mayores en los horizontes superficiales de ambos perfiles. En estos horizontes los índices de extracción (IE) son menores y parecería que hay un lavado incipiente de las fracciones fúlvicas (AF1+AF2) que determina que en capas más profundas se alcancen porcentajes del 11%. Los com-

puestos orgánicos de bajo peso molecular, generalmente inferiores a 2000 Da, de composición química indefinida, podrían estar siendo lixiviados (DUCHAUFOR, 1984; KONONOVA, 1982) si bien las relaciones altas entre anión/catión favorecen esta movilidad se descarta que estos suelos puedan sufrir procesos de podsolización debido a que son moderadamente básicos. En el suelo 1 y 2 la cantidad de CO almacenada en forma de humina es muy alta (Figura 3B) llegando a constituir en el suelo desnudo 80% de CO. Se podría pensar que las condiciones climáticas coadyuvan para proteger al CO de la degradación bioquímica bajo formas altamente polimerizadas. También revela que existe un proceso de humificación más uniforme a medida que se profundiza en el perfil. Teniendo en cuenta los datos de la densidad del arbolado (208 pies.ha<sup>-1</sup>), las clases diamétricas y los valores de CO que hay bajo la copa y en el suelo desnudo, mediante el empleo de la ecuación 3, se estimó que cantidad de CO total en los suelos es 31 t.ha<sup>-1</sup>



**Figura 3.** CO en función de la densidad (A) y distribución del CO en ácidos fúlvicos (AF), ácido húmico (AH) y humina (Hna) en la fracción pesada (B)

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto “Experimentación y modelización para el estudio de la eficiencia del suelos como sumidero de C en función del uso y cambio climático” concedido por la Junta de Castilla y León (Ref. VA094A06).

## BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO, E. Y CASADO, M.A.; 1997. *Los bosques ibéricos, una interpretación geobotánica*. Editorial planeta. Madrid.
- CARBALLAS, M.; CARBALLAS, T.; CABANEIRO, A.; VILLAR, M.C.; LEIROS, M.C. Y GUITIAN OJEDA, F.; 1983. Suelos AC sobre granitos de Galicia (NO de España) con especial referencia al Ránker atlántico. III Fracción orgánica. *Anales Edaf. Agrobiol.* 1780-1814
- COSTA, M. Y MORLA, C.; 1985. Contribución a la tipificación de los sabinares albares (*Juniperus thurifera* L.) en el sistema ibérico meridional. *Lazaroa* 7: 303-317.
- DUCHAUFOR, P.H. & JACQUIN, F.; 1966. Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. *Bull. ENSAIA. Nancy* 8:1-24.
- DUCHAUFOR, P.H.; 1984. *Edafología*. Editorial Masson. Barcelona.
- FROMARD, F. & GAUQUELIN, T.; 1993. Les formations à Genévrier thurifère au Maroc: un milieu et une espèce en régression. *Unasylya* 172, 44(I): 52-58.
- GARCÍA LÓPEZ, J.M. Y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2005. Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica. *Inv. Agrar., Sist. Rec. For.* 14(1): 98-109.
- GARCÍA-OLIVA, F.; HERNÁNDEZ, G. & GALLARDO-LANCHO, J.; 2006. Comparison of ecosystem C pools in three forest in Spain and Latin America. *Ann For. Sci.* 63: 519-523.
- GAUQUELIN, T. & BERTAUDIÈRE, V.; 1999. Endangered stands of Thuriferous juniper in the western Mediterranean basin: ecological status, conservation and management. *Biodiver. Conserv.* 8: 1479-1498.
- GONZALEZ, J. Y CANDAS, M.A.; 1991. Características de suelos bajo sabinares albares sobre material calizo. *Suelo y planta* 1: 425- 438.
- HOUGHTON, R.A.; 2003. Why are estimates of the terrestrial carbon balances so different. *Global Change Biol.* 9(4): 500-509.
- IGME; 1980. *Mapa Geológico de España. Cabrejas del Pinar* 349. E.1:50.000. Segunda serie. Primera Edición. Madrid.
- KONONOVA, M.M.; 1982. *Materia orgánica del suelo. Su naturaleza. propiedades y métodos de investigación*. Ed. Oikos-Tau. España.
- ORIA DE RUEDA, J.A.; 2002. *Guía de árboles y arbustos de Castilla y León*. Editorial Cálamo. Palencia.
- FROMARD, F. & GAUQUELIN, T. 1990. La sabina albar en Marruecos: investigación y protección de una especie en peligro. *Unasylya* 172.
- PORTA CASANELLAS, J.; 1986. *Técnicas y experimentos en edafología*. Col·legi oficial d'enginyers agrònoms de Catalunya, 283. Barcelona.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; 1982. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Icona. Serie Técnica. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación. Madrid.
- RODRÍGUEZ, M.R. Y VELASCO, F.; 1988. Consideraciones ecológicas y bioquímicas sobre la humificación en sabinares desarrollados sobre material calizo y gneísico. *Anales Edaf. Agrobiol.* 47 7-8: 1041-1053.
- I.C.O.N.A. (1986-1995). *Segundo Inventario Forestal Nacional*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- TATE, K.R.; GILTRAP, D.J.; CLAYDON, J.J.; NEWSON, P.J.; ATKINSON, M.D.; TAYLOR, M.D & LEE, R.; 1997. Organic carbon stocks in New Zealand ecosystems. *J. Royal Soc. New Zealand.* 27: 315-335.
- USDA. 1999. *Soil Taxonomy. A basic system of soil Classification for making and interpreting soil surveys*. Agriculture Handbook 436.
- WIT, H.A.; PALOSUO, T.; HYLEN, G. & LISKI, J.; 2006. A carbon budget of forest biomass and soils in southeast Norway calculated using a widely applicable method. *Forest Ecol. Manage.* 225: 15-26.