

DISTRIBUCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO DE UN BOSQUE DE JUNIPERUS THURIFERA

Cabezón, R. ¹; Esteban, L. S. ¹; Moyano, A ¹ & Charro, E. ²;

¹ Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. E.U. Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus Universitario de Soria. 42004 Soria España. e-mail: raquelcabezon@yahoo.es, g.ardini@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. e-mail: echarro@agro.uva.es

Resumen El suelo del bosque y su biomasa son los mayores sumideros de carbono en ecosistemas terrestres y por tanto son responsables de mantener el balance de CO₂ atmosférico. Estas ideas están ampliamente aceptadas por la opinión científica y aparecen recogidas en el Protocolo de Kioto. El objetivo de este trabajo es conocer la cantidad de carbono orgánico (CO) secuestrado por el medio edáfico y el grado de estabilidad del mismo; así mismo se pretende conocer el CO acumulado por la biomasa en un monte abierto de sabina (*Juniperus thurifera*, L.). El área de estudio está situada en un páramo de la provincia de Soria. Los primeros resultados indican que son suelos calizos con desigual grado de descarbonatación, con procesos de mineralización restringidos que ocasionan una acumulación de materia orgánica libre en la superficie bajo las copas.

Palabras clave: sabinar, materia orgánica del suelo, carbono.

DISTRIBUTION OF ORGANIC MATTER IN JUNIPERUS THURIFERA FOREST SOILS

Abstract Forest soil and its biomass have the most sink of carbon in natural ecosystems; they are responsible for keeping the balance of atmospheric C. These ideas are extensively accepted by scientific opinion and are also included in Kioto Protocol. The objective of this study is to compare the quantity of total C sequester by forest soil and its biomass in open woodland of sabina (*Juniperus thurifera*). The woodland is placed in a paramo in the province of Soria. C present in the soil of according to different physiographic parameters has been studied. Furthermore, it is tried to study the influence of the forest cover over the quality and productivity of the soil. The preliminary results show that is a limestone soil, with a restricted mineralization process that cause an accumulation of organic matter over the forest floor and the distribution of C is influenced by the protective action of tree crowns.

Key words: Thuriferous junipera, woodland, soil organic matter, carbon

QUANTITÉ DE CARBONE ENLEVÉ PAR UNE POPULATION DE *JUNIPERUS THURIFERA*

Résumé Le sol du bois et sa biomasse sont les plus grands puits de carbone dans les écosystèmes terrestres, alors il sont les responsables de soutenir le bilan de C dans l'atmosphère. Ces idées sont acceptées d'une façon approfondie par l'opinion publique et elles se trouvent recueillies dans le Protocole de Kyoto. L'objectif de cette étude est de faire une comparaison entre la quantité total de C enlevée par le moyen édaphique et la biomasse dans un bois ouvert de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*, L.) placée sur un plateau dénudé de la province de Soria. La quantité de C présente dans le sol selon les différents facteurs physiographiques a été étudiée. La profondeur change selon la potentialité du premier horizon. En plus, on essaye d'étudier l'influence de la couverture forestière dans la qualité et la productivité potentielle du sol. Les premiers résultats montrent que les sols sont calcaires, avec des processus de minéralisation restreints qui causent une accumulation de matière organique libre dans la surface et l'action protectrice de la cime fait dépendre la distribution de C.

Mots-clés: genévrier, matière organique du sol, carbone.

INTRODUCCIÓN

Juniperus thurifera L. es una especie del género cupresácea conocida en la Península de varias maneras tales como sabina albar, enebro, trabina, nebru. (ORIA DE RUEDA Y DIEZ, 2002). El área de distribución de esta especie 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 y GAUQUELIN, 1990). En la provincia de Soria *Juniperus thurifera* se encuentra formando bosques que, por lo general, suelen ser claros, abiertos y ocupan grandes extensiones. Estas zonas resultan, por diferentes motivos (clima, suelo), adversas para otras especies arbóreas. (BLANCO Y CASADO, 1997).

Los sabinares están considerados como bosques relictos por presentar el 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 albar parece obedecer preferentemente a factores climáticos (GAUQUELIN Y BERTAUDIÈRE, 1999) más que a factores edáficos, dada la plasticidad edáfica de la especie, que puede vivir tanto en sustratos ácidos como básicos (GARCÍA Y ALLUÉ, 2005). El área que ocupa en la actualidad es mucho más reducida que en épocas pretéritas y está centrada 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 m hasta los 1800 m, soportando temperaturas de -25 °C en invierno y 40 °C en verano. España es el país donde perviven las mayores y mejores extensiones de sabina albar siendo la superficie total ocupada de 125000 ha aproximadamente. Castilla y León es la Comunidad Autónoma con mayor número de hectáreas ocupadas (67000 ha) y dentro de ésta, la provincia de Soria tiene, según el Segundo Inventario Forestal Nacional (1985-1995), cerca de 33572 ha, lo que constituye el 10 % de la superficie forestal arbolada.

Dada la notable importancia ecológica, forestal y social adquirida por esta singular especie en los últimos años, en este trabajo se pretende aportar conocimientos sobre los ciclos biogeoquímicos de los sabinares. Se estudia la naturaleza de los procesos de humificación en relación con la vegetación que soporta y la caracterización de la materia orgánica formada.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio es una parcela de 5000 m² situada en un páramo, en la zona más alta del Monte de Utilidad Pública número 363, denominado "El Enebral", a 35 Km al Noroeste de Soria, en la Sierra de Cabrejas. La zona forma parte del Lugar de Interés Comunitario (LIC) "Sabinares de Cabrejas".

La parcela de estudio está ocupada por un sabinar claro de *Juniperus thurifera* con gran variabilidad en diámetros y alturas y una densidad media de 208 pies ha⁻¹. Existe regenerado disperso, principalmente alrededor de los pies. Desde el punto de vista litológico los materiales constitutivos de esta área (Tabla 1) son calizas, nudosas y arcillosas que alternan con calizas tableadas (IGME, 1980); los suelos formados pueden ser clasificados de acuerdo con el USDA (1999) como Eutrodepts lithico y Xerorthents lític.

Dentro de la parcela seleccionada hay escasa presencia de sotobosque, representado por aromáticas (*Lavandula latifolia* Medicus, *Thymus sp.*) y herbáceas de escasa altura. Se pueden encontrar ejemplares aislados de enebro (*Juniperus communis* L.), rosa (*Rosa sp.*), así como alguna encina o quejigo (*Quercus ilex* L. subsp. *Ballota* (Desf.) Samp) y pinos distribuidos de forma dispersa (*Pinus sylvestris* L. y *Pinus pinaster* Ait.).

A partir de los datos aportados por la Estación Meteorológica de Abejar (41°48'42" N, 2°47'23" W) y los estudios realizados por Gestión Técnica Ambiental y Desarrollo Rural (AGRESTA) se determina que la zona de estudio tiene un clima de continentalidad acusada soportando inviernos muy fríos y veranos muy calurosos, muchas horas de insolación anual, con regímenes de escasa pluviometría que generan sequías estivales de algo más de un mes ocasionando un déficit hídrico edáfico de aproximadamente dos meses. De acuerdo con la clasificación bioclimática de RIVAS MARTÍNEZ (1982), la zona corresponde al piso Supramediterráneo. Dentro del piso bioclimático y teniendo en cuenta que la precipitación media es cercana a 700 mm, se encuadra dentro del ombroclima subhúmedo (RIVAS MARTÍNEZ, 1982). Las características generales de la zona se presentan en la Tabla 1.

Dentro de la parcela elegida y para conocer el comportamiento de diversos parámetros edáficos, se seleccionaron 43 árboles en función de sus diámetros (<10 cm, 10-20 cm; 20-30 cm y >30 cm). Se eligieron árboles aislados con escaso grado de ramosidad en la parte inferior. Se determinó que hubiera igual número de pies machos que de hembras. Sobre los ejemplares elegidos se midió la altura total y el diámetro del fuste a 130 cm del suelo. Próximo a cada árbol

se extrajeron muestras de suelos a dos distancias (30 y 60 cm) y en dos direcciones, norte y sur. A estas muestras se les designa como N-30, S-30, N-60 y S-60, respectivamente; se muestreó hasta el horizonte C alcanzando profundidades de aproximadamente 20 cm. Se completó un total de 172 muestras. En estas muestras se determinó el % de elementos gruesos, el pH fue valorado potenciométricamente en una solución suelo: agua (1:2,5); carbono orgánico total (COT, método de Walkeley-Smolik propuesto por Porta, 1986), carbonatos totales (Porta, 1986).

Para conocer el estado de humificación del carbono se escogieron dos perfiles de suelo uno (Perfil 1) bajo el árbol n° 17 (diámetro 43 cm de y altura 7,5 m) y otro (Perfil 2) utilizado como control, a 70 m del primero y situado en zona rasa. En ambos perfiles se extrajeron muestras a tres profundidades correspondientes a tres profundidades. Sobre estas muestras se realizó el fraccionamiento del COT. Se empleó el método DUCHAUFOR Y JACQUIN (1966) incluyendo una separación densimétrica o fraccionamiento físico (fracción orgánica libre o fracción ligera) mediante una mezcla de bromoformo-etanol ($\delta=1.8 \text{ g/cm}^3$) GUITIÁN Y CARBALLAS (1976). Se utilizaron dos soluciones extractoras: a) pirofosfato de sodio 1% más sulfato de sodio al 7,5 % (pH 7,0); y b) pirofosfato de sodio y sulfato de sodio, con la misma concentración pero ajustada a pH 12,0. Las extracciones fueron realizadas sobre 5 g de submuestras en tubos de centrífuga de polietileno y 100 ml de solución extractora. Se separaron los ácidos húmicos por precipitación frente a un cambio de acidez (pH 1,0) y posterior centrifugación a 3500 xg durante 20 minutos. La fracción sobrenadante, ácidos fúlvicos, procedentes de cada extracción se la designa como AF1 y AF2, respectivamente. La fracción que permanece en el tubo se disuelve con 3 ml de NaOH 0,1 N y se enrasa hasta 50 ml con agua; se identifican como AH1 y AH2. La fracción que permanece resistente en el suelo frente a ambos extractantes se denomina huminas (Hna). El C de cada fracción fue medido siguiendo el método de combustión húmeda (Porta, 1986). La precisión del método fue realizada para una misma muestra 10 veces con una desviación estándar <10%.

A partir de los resultados, y de acuerdo con CARBALLAS y col (1983), se calcularon los siguientes índices:

$$\text{IP. Índice de polimerización} = \frac{\text{CAF}}{(\text{CAH})} \times 100$$

$$\text{IH. Índice de humificación} = \frac{(\text{CAF}) + (\text{CAH}) + (\text{CHna})}{\text{COT}} \times 100$$

$$\text{NE. Nivel de extracción} = \frac{(\text{CAF}) + (\text{CAH})}{\text{COT}} \times 100$$

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

Si se analiza la relación entre la altura y el diámetro de los árboles (Tabla 2) se

evidencia que con el paso de los años hay un incremento del grosor no siempre acompañado de un incremento de altura. Esta pérdida relativa de altura se asocia por un lado, a las condiciones climáticas (vientos fuertes, alto estrés hídrico estival) y, por otro, a la escasa potencia del suelo. La potencia fue comprobada mediante el uso de una barrena obteniéndose una media que 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 4-60% estando los valores medios 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 COT (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 más que ningún otro 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. Sin embargo, no está influenciado por la posición norte sur, ni por el sexo. El aporte de materia con el que contribuyen los pies femenino durante la fructificación no es tan abundante como para establecer diferencias significativas en el contenido de COT.

Teniendo en cuenta los datos de la densidad del arbolado (208 pies ha^{-1}), las clases diamétricas y los valores de COT que hay bajo la copa y en el suelo desnudo se estimó mediante cálculos sencillos que cantidad de carbono orgánico total en los suelos es de al menos 21 tn ha^{-1} .

Cuando se analiza la Tabla 3, también se observa que el contenido de elementos gruesos es alto, sin embargo el suelo ($< 2\text{mm}$), posee una dominancia de fracciones finas (limos y arcillas) que determinan que los horizontes estudiado tengan texturas francas a franco- arcillo- limosa. De acuerdo con GONZALEZ y CANDAS (1991), los contenidos de carbonatos son desiguales e indicarían una ligera descarbonatación en profundidad en especial en el Suelo 1, donde también se aprecia un enriquecimiento de arcillas entre los 10-20 cm. Los valores de pH oscilan entorno 7,7- 8,4; no se observan diferencias significativas.

La materia orgánica fresca se acumulada en superficie debajo de los árboles grandes creando un horizonte O (Tabla 4) con un espesor medio 7 cm, esta situación evidencia el efecto protector de la copa contra agentes erosivos favoreciendo los procesos de humificación y edafización. La materia orgánica fresca es sensiblemente inferior a los valores reportados por RODRIGUEZ y VELASCO (1998)

Los horizontes superficiales de ambos perfiles poseen una fracción ligera ($\delta < 1,8$) que representa el 21% del carbono orgánico total; lógicamente este valor disminuye significativamente a medida que se profundiza en el suelo desnudo, siendo inexistente a los 12 cm (Tabla 4). Esta observación se puede considerar otro índice de la escasa potencia del suelo, en especial cuando no tiene el efecto protector del árbol.

El índice de polimerización (IP) viene expresado por la relación AF/AH, siendo la materia orgánica más polimerizada cuanto menor sea este índice. Los IP tienen valores mayores en los horizontes superficiales de ambos perfiles; en estos horizontes los índices de extracción (IE) son menores e indicarían que hay un lavado incipiente de las fracciones fúlvicas que determina que en capas más profundas alcancen porcentajes del 11% si se tienen en cuenta las dos extracciones (AF1+AF2). Los compuestos orgánicos de bajo peso molecular, generalmente inferiores a 2000 Da y 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.

La cantidad de C almacenada en forma de humina es muy alta en ambos perfiles, superior al 60 % del C total, sin embargo en el suelo desnudo en profundidad llega a constituir el 80% e indicaría un mecanismo de la fracción orgánica del suelo para protegerse, bajo

formas altamente polimerizadas, de la degradación bioquímica. También revela que existe un proceso de humificación más uniforme a medida que se profundiza en el perfil.

CONCLUSIONES

En un sabinar abierto, bajo un clima continental, los suelos calcáreos poseen diversos grados de descarbonatación y altos porcentajes de elementos gruesos. El carbono orgánico total es variable y los contenidos más altos están a los 30 cm de distancia del árbol; además, queda retenido bajo formas muy estables, principalmente en forma de humina (60-80%). De esta manera el suelo se protege contra las posibles pérdidas de carbono debidas a agentes biológicos, físicos y químicos. La copa actúa de elemento protector del suelo, los AF son incipientemente lavados y transformados en AH a mayor profundidad. En el suelo sin cobertura la humificación es mucho más homogénea.

BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO, E.; CASADO, M.A.; 1997. *Los bosques ibéricos, una interpretación geobotánica*. Editorial planeta, 572 pp. Madrid.
- CARBALLAS, T; F GUITIÁN, F. 1967. *Técnicas de análisis de suelos*. Anal. Edaf. Agrobiol. 26:1143-1146.
- CARBALLAS M., CARBALLAS T., CABANEIRO A., VILLAR M.C., LEIROS M.C.; GUITIÁN OJEDA F. 1983. Suelos AC sobre granitos de Galicia (NO de España) con especial referencia al Ránker atlántico. III Fracción orgánica. *An. Edaf. Agrobiol.* 1780-1814.
- COSTA, M.; MORLA, C; 1985 Contribución a la tipificación de los sabinares albares (*Juniperus thurifera* L.) en el sistema ibérico meridional. *Lazaroa*. 7 303-317.
- DUCHAUFOR, PH.; 1984. *Edafología*. Editorial Masson. Barcelona.
- DUCHAUFOR PH. ; JACQUIN F. 1966. Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. *Bull. ENSAIA*, Nancy, 8:1-24
- FROMARD, F.; GAUQUELIN, T.; 1990. La sabina albar en Marruecos: investigación y protección de una especie en peligro. *Unasyva* – N° 172.
- GARCÍA LOPEZ, J.M.; ALLUÉ CAMACHO, C. 2005. Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica. *Invest. Agrar: Sist. Recur. For.* 14(1), 98-109.
- GAUQUELIN, T.; BERTAUDIÈRE, V.; 1999. Endangered stands of *Thurifeous juniper* in the western Mediterranean basin: ecological status, conservation and management. *Biodiversity and conservation* 8: 1479-1498.
- GONZALEZ, J.; CANDAS, M. A.; 1991. Características de suelos bajo sabinares albares sobre material calizo. *Suelo y planta* 1: 425- 438.
- GUITIÁN, F; CARBALLAS, T.; 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Editorial Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- IGME, 1980. Mapa Geológico de España. Cabrerías del Pinar 349. E.1:50.000. Segunda serie. Primera Edición.
- KONONOVA, M.M. 1982. Materia orgánica del suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Ed. Oikos-Tau. España.
- ORIA DE RUEDA, J.A. *Guía de árboles y arbustos de Castilla y León*. 2002 Editorial Cálamo. palencia
- PORTA CASANELLAS, J.; 1986. *Técnicas y experimentos en edafología*. Col.Legi oficial d'enginyers agrònoms de Catalunya, 283 pp, Barcelona.
- RIVAS MARTINEZ, S.; 1982. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. 269p.

- Icona, Serie Técnica. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- RODRIGUEZ, M. R.; VELASCO, F.; 1988. Consideraciones ecológicas y bioquímicas sobre la humificación en sabinars desarrollados sobre material calizo y gneísico. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 47 7-8: 1041-1053.
- USDA. 1999. *Soil Taxonomy*. A basic system of soil Classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook 436.
- SEGUNDO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL (1986-1995). Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Junta de Castilla y León.

Tabla 1.- Características de la zona de estudio

Localización	Cabrejas del pinar
Situación	Hueco de la llana
Altitud	1258 m
Pendiente	0-5%
Orientación	Sur
Sustrato geológico	Calizas cretácicas
Posición fisiográfica	Planicie
Formación vegetal	Sabinar claro de <i>Juniperus thurifera</i> Lark.
Precipitación (mm. año ⁻¹)	695,8
Temperatura media anual (°C)	9,1
Temperatura media del mes más frío (°C)	0,4
Temperatura media del mes más cálido (°C)	20,1
ETP máxima posible	355,21

Tabla 2. Diámetro y altura de los árboles; % de elementos gruesos y COT a 30 y 60 cm y a norte y sur

Diámetro (cm)	Altura/diámetro (valores medios)	% elementos gruesos				COT (mg g ⁻¹)			
		N-30	S-30	N-60	S-60	N-30	S-30	N-60	S-60
<10	60	23	26	20	19	1,46±0,53	1,44±0,37	1,12±0,26	1,43±0,33
10-20	22	31	28	34	28	2,58±0,86	2,21±0,58	1,56±0,38	1,60±0,46
20-30	21	23	23	27	27	2,50±0,81	2,28±1,23	1,82±0,71	1,70±0,75
>30	16	25	22	28	28	3,60±0,96	3,30±1,08	2,08±0,70	2,07±0,80

Tabla 3. Carbonatos, pH, análisis granulométrico y textura de los horizontes de dos perfiles

Suelo	Profundidad (cm)	CaCO ₃ (g kg ⁻¹)	pH	Arcilla	Limo	Arena	Textura
1	0-10	0,42	8,12	16	19	65	Franco-arenosa
	10-20	0,12	7,67	32	40	28	Franco-arcillo-limosa
	>20	0,16	7,65	20	52	20	Franco-limoso
2	0-7	0,18	8,30	20	35	45	Franco
	7-12	0,39	8,06	22	48	35	Franco-limoso
	>12	0,22	8,27	25	51	48	Franco-limoso

Tabla 4. Contenido de C en el suelo y en las diferentes fracciones (g/100g suelo y en g/100 COT –entre paréntesis)

Suelo	Profundidad (cm)	COT	Fracción ligera	Fracción pesada	AF1	AH1	AF2	AH2	Hna	IE	IH	IP
1	7-0	22										
	0-10	3,94	0,85	3,09	0,17 (4,2)	0,16 (4,1)	0,07 (1,8)	0,07 (1,8)	2,62 (66,5)	12	78	1,04
	10-20	2,93	0,41	2,52	0,15 (5,1)	0,34 (11,7)	0,09 (3,1)	0,11 (3,8)	1,83 (62,3)	24	86	0,53
	>20	2,73	0,45	2,28	0,20 (7,3)	0,21 (7,7)	0,05 (2,2)	0,08 (2,9)	1,74 (63,8)	18	84	0,86
2	0-7	2,16	0,45	1,71	0,13 (6,0)	0,11 (5,1)	0,06 (1,8)	0,02 (0,9)	1,37 (63,4)	15	78	1,46
	7-12	1,81	0,15	1,66	0,04 (2,2)	0,05 (2,7)	0,08 (2,8)	0,13 (7,2)	1,36 (75)	17	92	0,66
	>12	1,38	0,0034	1,38	0,06 (4,3)	0,10 (7,3)	0,04 (2,9)	0,05 (3,6)	1,11 (80)	18	99	0,66