

CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DESARROLLADOS BAJO LA INFLUENCIA DE LA SABINA ALBAR (*Juniperus thurifera* L.)

González Parra, J. ¹ & Candás Villar, M. A. ¹

¹. Departamento de Edafología. F. de Farmacia. U.C.M. e-mail jgparra@farm.ucm.es

Resumen La sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) presenta su óptimo biológico en las altas parameras ibéricas, con altitudes entre 1000-1100m y condiciones climáticas adversas, pocas precipitaciones estivales y rigurosos inviernos. Se trata por lo general de bosques con estructura abierta, en los que muy raramente se juntan las copas. Se han estudiado suelos de un sabinar localizado en la provincia de Segovia. Está desarrollado sobre materiales calizos cretácicos, presentando los suelos la siguiente secuencia de horizontes: O, Ah, C. En algunos perfiles existe entre el horizonte orgánico (de espesor variable) y el horizonte organomineral (20 cm de espesor), un subhorizonte constituido por hifas, a veces con una potencia de 15 cm. Son suelos poco profundos, tipo Leptosol rendzico o mollico. Fuera de la influencia de la sabina, los suelos están muy degradados por erosión faltando los horizontes orgánicos. Los contenidos medios en C orgánico son: 218 g kg⁻¹ en horizontes O y 38 g kg⁻¹ en horizontes Ah, con valores de la relación C/N de 20 y 14 respectivamente. Los porcentajes de C libre respecto al total son: 91 (O) y 53 (Ah). Existe predominio de C de ácidos fúlvicos sobre C de ácidos húmicos. El tipo de humus es mor-moder cálcico. **Palabras clave:** Materia orgánica, sabina albar (*Juniperus thurifera* L.), suelos.

ORGANIC CARBON IN SOILS DEVELOPED UNDER THE INFLUENCE OF SPANISH JUNIPER (*Juniperus thurifera* L.)

Abstract Spanish juniper (*Juniperus thurifera* L.) grows optimally on high (1000 – 1100 m) Iberian moorlands under adverse climatic conditions including scant summer rains and harsh winters. Typically, it grows in open forests where tree crowns rarely touch. We studied a Spanish juniper wood in the province of Segovia, it is developed on calcareous materials from the Cretacic that constitute soils with an O, Ah, C horizon sequence. Some soil profiles include a sub-horizon up to 15 cm thick consisting of hyphae between the organic horizon, of variable thickness, and the organomineral one (20 cm thick). The soils are rendzic or mollic Leptosols and usually thin. Those in areas not covered by junipers are highly weathered and lack the organic horizon. The O and Ah horizons were found to have an average organic C content of 218 and 38 g kg⁻¹ respectively, and a C/N ratio of 20 and 14, respectively. The proportion of free C was 91 % in the O horizon and 53 % in the Ah horizon. Fulvic acids were higher than humic acids. Finally, the humus was of the calcic mor-moder type.

Key words: Organic matter, Spanish juniper (*Juniperus thurifera* L.), soils.

CARBONE ORGANIQUE DANS LES SOLS DEVELOPPES SOUS L'INFLUENCE DU GENEVRIER THURIFERE (*Juniperus thurifera* L.)

Résumé Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) présente son optimum biologique dans les hautes régions désertiques ibériques, avec des altitudes allant de 1000 à 1100 m dans des conditions climatiques défavorables, de faibles précipitations estivales et des hivers rigoureux. Il s'agit en général de formations hors couvert, pour lesquelles les cimes des arbres se rejoignent rarement. L'étude a porté sur les sols de peuplements à Genévrier thurifère localisés dans les provinces de Soria, Ségovie et Guadalajara. Dans toutes ces régions, ces peuplements se sont essentiellement développés sur des matériaux calcaires du Crétacé, et les sols présentent la séquence d'horizons suivante : O, Ah, C. Dans certains profils, entre l'horizon organique (d'épaisseur variable) et l'horizon organominéral (20 cm d'épaisseur), il existe un sous-horizon constitué par des hyphes, parfois avec une épaisseur de 15 cm. Ce sont des sols peu profonds du type Leptosol rendzique ou mollique. Sans compter l'influence du Genévrier thurifère, l'érosion dégrade beaucoup ces sols, par manque d'horizons organiques. Les contenus moyens en C organique sont : 218 g kg⁻¹ pour les horizons O, et 38 g kg⁻¹ pour les horizons Ah, avec des rapports C/N respectivement de 20 et 14. Les proportions en C libre par rapport au total sont : 91% pour l'horizon O, et 53% pour l'horizon Ah. Il y a prédominance de C des acides fulviques sur C des acides humiques. L'humus est de type mor-moder calcaire.

Mots-clefs: matière organique, Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.), sols.

INTRODUCCIÓN

La sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) presenta su óptimo biológico en las altas parameras ibéricas, con altitudes comprendidas entre 1000-1100 m. Las principales masas de

sabina albar se desarrollan sobre materiales calizos y en condiciones climáticas adversas, rigurosos inviernos y escasas precipitaciones estivales. La distribución de estos bosques en la Península Ibérica orienta sobre éstas características, concentrándose en las provincias de Soria, Segovia, Burgos, Guadalajara, Cuenca, Teruel, Burgos y Palencia (RIVAS MARTÍNEZ, 1969).

Fuera de nuestras fronteras existen importantes núcleos en los valles del Isère y del Drôme (Francia) y en los Alpes marítimos (OZENDA, 1985). En el norte de África ésta especie se circunscribe al Medio y Alto Atlas, a altitudes comprendidas entre 1700-2.400 m y superiores (QUÉZEL & BARBERO, 1981). Por lo general constituyen bosques muy poco densos (CANDÁS 1988; GONZÁLEZ & CANDÁS, 1991, GONZÁLEZ *et al.*, 1991; FROMARD & GAUQUELIN, 1993) atribuible a la intensa acción antrópica y lentitud de crecimiento de ésta especie arbórea. Sin embargo existen pequeñas áreas en las que presentan estos bosques una estructura bastante cerrada (Segovia, Soria), lo que indica que los límites del sabinar son hoy mucho más reducidos de lo que lo fueron en la antigüedad.

COSTA *et al.*, (1987) diferenciaron los siguientes tipos de sabinares según características ambientales: Sabinares de altas montañas, de parameras, de vaguadas y adhesados.

El intenso pastoreo y deforestaciones masivas con fines agrícolas llevadas a cabo a través de los tiempos, favorecieron el avance de otros bosques. El que hayan sobrevivido los sabinares o incluso presenten clara tendencia a regenerarse en determinadas zonas, se puede deber al abandono de las prácticas agrícolas y a la gran resistencia de ésta especie arbórea.

Estas áreas presentan gran heterogeneidad edáfica, existiendo un microedafismo estrictamente localizado bajo la cubierta de la sabina (GAUQUELIN & DAGNAC, 1988), fuera de su influencia, los suelos han perdido los horizontes orgánicos formados por la acumulación de restos, quedando patentes los procesos erosivos (CANDÁS 1988; GONZÁLEZ & CANDÁS, 1991).

La sabina albar constituye una especie muy significativa en los ecosistemas mediterráneos ejerciendo un gran papel en la conservación del suelo, por lo que su protección fue legislada mediante Decreto en algunas Comunidades Autónomas (D.O.C.M nº 9, 1987).

Los objetivos de éste trabajo han sido determinar los contenidos en C orgánico, N, y naturaleza de la materia orgánica de suelos desarrollados sobre material calizo bajo la influencia de la sabina albar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los suelos se han muestreado en el sabinar localizado al este de la provincia de Segovia, en el término de Arevalillo de Cega. El material litológico corresponde a calizas del Cretácico superior (IGME, 1980). La zona se encuentra en una paramera entre 1000-1100 m de altitud. La vegetación del área pertenece a la unidad fitosociológica de Sabinares albares (*Juniperetum hemisphaerico-thuriferae*) (RIVAS MARTÍNEZ, 1969; 1987). La temperatura media de las máximas del mes más frío es 8,5°C y la media de las mínimas de este mes es 1,2°C (datos inéditos de Arevalillo de Cega, media =10 años). La precipitación anual es de 478 mm.

Son suelos poco profundos tipo Leptosol rendzico y L. mollico (FAO, 1998) que presentan la siguientes secuencias de horizontes: O, Ah, C y O, Ah1, Ah2, C. El espesor del horizonte orgánico es variable y el de horizontes Ah es de 20 cm en ésta zona. Es frecuente la presencia de un subhorizonte orgánico formado por la acumulación de hifas que puede alcanzar 15 cm de espesor. Se han muestreado horizontes superficiales (horizontes O) y subsuperficiales (horizontes Ah) de suelos localizados a 30 cm del tronco de sabina.

Se han llevado a cabo las siguientes determinaciones analíticas: C orgánico, mediante oxidación con dicromato potásico y valoración automática en pH-metro (Metrohm, 632), N

total (método Kjeldahl), pH en agua y en KCl (1:2,5), CIC, capacidad de intercambio catiónico (acetato amónico a pH=7), análisis granulométrico (método de la pipeta de Robinson), obteniéndose cuatro fracciones: arena gruesa (2-0,2 mm), arena fina (0,2-0,02 mm), limo (0,02-0,002 mm) y arcilla (< 2 μ m).

El fraccionamiento de materia orgánica se ha realizado mediante separación densimétrica usando mezcla bromoformo-etanol, $d = 1,84 \text{ g cm}^{-3}$ (DUCHAUFOR & JACQUIN, 1966), determinándose C y N en las fracciones ligada, libre y soluble. Sobre la fracción ligada se ha llevado a cabo una extracción química secuencial utilizando tetraborato sódico (pH=9,7), pirofosfato sódico (pH=9,8) e hidróxido sódico (pH=12), determinándose el C correspondiente a ácidos fúlvicos y húmicos (BRUCKERT, 1979). Mediante separación física de agregados en agua se han obtenido tres fracciones comprendidas entre: 2000-100 μm , 100-50 μm y menor de 50 μm . La fracción menor se sometió también a una extracción química secuencial (BRUCKERT, 1979).

Los estadísticos descriptivos se han realizado utilizando el programa SPSS v.12 para Windows (Chicago, IL).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se expresan los estadísticos descriptivos de los valores de pH, así como los contenidos en C y N de los diferentes horizontes de suelos bajo sabinas. Los valores medios de pH son superiores a la neutralidad, tanto los obtenidos en agua como los obtenidos en KCl. Las proporciones en materia orgánica son muy elevadas en superficie, disminuyendo intensamente en horizontes inferiores. La misma dinámica sigue el nitrógeno, con valores de la relación C/N de 20 en superficie, disminuyendo al profundizar.

La fracción arena fina es la mayoritaria (media = 56 %). El porcentaje medio de arcilla es 26, aunque hay suelos que presentan elevado contenido en ésta fracción (Tabla 2).

Existe predominio de C y N libre sobre el ligado, siendo muy elevados los porcentajes de formas libres con respecto a contenidos totales, en horizontes orgánicos. La misma dinámica la presenta el C soluble. El C ligado es muy bajo en el horizonte superficial, e incrementa en profundidad (Tabla 3, figura 1).

En la Figura 2 se expresan los resultados del fraccionamiento químico de la materia orgánica, poniéndose de manifiesto mayor porcentaje de C de ácidos fúlvicos que de ácidos húmicos respecto al C total, en todos los horizontes.

El fraccionamiento físico y químico de los agregados existentes en horizontes Ah, vienen dados en la Tabla 4. Se observa que en peso, predominan los agregados más pequeños. Los porcentajes medios de C respecto al total son similares en agregados de tamaño mayor (2000-100 μm) y en los más pequeños (<50 μm) (41 %), disminuyendo en los de tamaño medio. En los agregados más pequeños existe mayor porcentaje de C_{AH} que de C_{AF} respecto al C total del suelo.

DISCUSIÓN

Los suelos muestreados están desarrollados sobre material carbonatado (calizas arenosas y dolomías) (CANDÁS, 1988) por lo que presentan valores medios de pH en agua, superiores a la neutralidad. Las pequeñas diferencias existentes con los determinados en KCl indican el elevado grado de saturación que presentan. Valores de pH inferiores a 7 en horizontes Ah1 (0-2 cm) coinciden con una acumulación de hifas, esta disminución de pH se hace más patente en horizontes O2 (CANDÁS, 1988). La mayoría de estos suelos están descarbonatados, presentan un matiz rojizo que queda enmascarado por la materia orgánica y son los que tienen mayor contenido en fracción arcilla (GONZÁLEZ & CANDÁS, 1991).

La influencia de la sabina se pone de manifiesto en la gran acumulación de materia orgánica constituyendo en superficie un horizonte orgánico (Hor.O), formado por restos

vegetales sin transformar con una relación C/N no demasiado elevada debido al aporte de N de esta especie arbórea. En muchos perfiles el horizonte Ah está dividido en Ah1 y Ah2, con valores de la relación C/N y de pH indicativos de un humus tipo mor-moder calcico. A la capacidad de intercambio catiónico de estos suelos contribuye fundamentalmente la concentración de materia orgánica.

En horizontes orgánicos son mucho más elevados los contenidos en C y N libre que los de C y N ligado, representando las formas libres un 90 % respecto a los contenidos totales, esto corrobora la pequeña transformación de los restos orgánicos procedentes de la sabina. En horizontes órgano minerales la transformación es mayor, como se justifica por el incremento en C ligado y disminución del C libre y del soluble.

Del fraccionamiento del C ligado o unido a la fracción mineral, se obtiene que los ácidos fúlvicos, que son los menos polimerizados, predominan sobre AH con mayor grado de polimerización. La fracción humina es la mayoritaria en todos los horizontes. Todos los componentes orgánicos formados por un proceso de humificación, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas son escasos en horizontes superficiales incrementando en horizontes órgano minerales.

En estos suelos desarrollados sobre calizas se forman agregados bastante estables entre materia orgánica y minerales de la arcilla, predominando los de menor tamaño, cuya fracción orgánica presenta mayor porcentaje de ácidos húmicos que de ácidos fúlvicos.

CONCLUSIONES

Los suelos bajo sabinas desarrollados sobre material carbonatado presentan una fuerte acumulación de restos orgánicos en superficie, constituyendo un horizonte O. Estos restos están sin transformar, por lo que los porcentajes de C y N libre, respecto a los contenidos totales son muy elevados (90 %). Al profundizar, en horizontes Ah, el contenido en materia orgánica sigue siendo elevado, incrementando los porcentajes de C y N ligado, lo que indica que la materia orgánica está más humificada, corroborado por el aumento en fracciones polimerizadas (AF y AH), que pueden unirse a los minerales de la arcilla, formando agregados. En horizontes órgano minerales predominan los agregados de pequeño tamaño, cuya fracción orgánica está formada fundamentalmente por ácidos húmicos, lo que confiere estabilidad al suelo.

Las características morfológicas de la materia orgánica, junto con parámetros químicos y bioquímicos, indican la formación de un humus tipo mor-moder cálcico. Fuera de la influencia de la sabina los suelos están degradados no presentando acumulación de materia orgánica. La conservación y regeneración de bosques sabineros supone la mayor contribución al freno de erosión edáfica proceso muy frecuente en estas zonas.

BIBLIOGRAFÍA

BRUCKERT, S.; 1979. Classification des sols bruns ocreux et cryptopodzoliques par analyse des extraits tetraborates tamponnés à pH 9,5. *Geoderma*. 22: 205-212.

CANDÁS, M.A.; 1988. Estudio de suelos bajo sabinar y encinar: Procesos de transformación de la materia orgánica. *Colección Tesis Doctorales n° 203/88*. Editorial Universidad Complutense.

COSTA TENORIO, M.; MORLA, C. & SAINZ, H.; 1987. Contribución a la tipificación de los sabinares albares (*Juniperus thurifera* L.) en el sistema ibérico meridional. *Lazarooa*. 7: 307-317.

DOCUMENTO OFICIAL CASTILLA-LA MANCHA.; 1987. *D.O.C.M. n° 9 17-2-1987*. Decreto 12 de 3-2-1987.

- DUCHAUFOR, Ph. & JACQUIN, F.; 1966. Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. *Bull. E.N.S.A.I.A.* 3: 3-24.
- FAO.; 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. Rome.
- FROMARD, F. & GAUQUELIN, T.; 1993. La Sabina albar en Marruecos: investigación y protección de un ambiente y de una especie en peligro. *FAO*. 44, *Unasylva*. 172: 52-58.
- GAUQUELIN, T. & DAGNAC, J.; 1988. Caracteristiques édaphiques des groupements à Genévrier thurifère des Atlas marocains: étude des niveaux superficiels des sols sous couvert et hors couvert. *Ecologia Mediterránea*. 14: 43-56.
- GONZÁLEZ, J. & CANDÁS, MA.; 1991. Características de suelos bajo sabinas albares sobre material calizo. *Suelo y Planta*. 1: 425-438.
- GONZÁLEZ, J.; PALOMAR, M.L.; MORENO, A.M.; HERNANDO, J.; HERNANDO, M.I. & FERNANDEZ, M.C.; 1991. Estudio de los suelos del Sector Central de la provincia de Soria. *Colección de temas sorianos*. 18. Excma. Diputación provincial de Soria. 91 pp.
- IGME.; 1980. *Mapa geológico. 1:200.000 (Segovia)*.
- OZENDA, P.; 1985. *Le végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, París. 344 pp.
- QUÉZEL, P. & BARBERO, M.; 1981. Contribution à l'étude des formations pre-steppiques à genévriers au Maroc. *Bol. Soc. Bot.* 53: 1137-1160.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; 1969. Vegetatio Hispaniae, Notulae 1. El piso de vegetación de los bosques salineros de los páramos. *Juniperetum hemisphaerico thuriferae*. *Publ. Inst. Biol. Apl.* (Barcelona). 46: 5-34.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; 1987. Mapa de las series de vegetación de España. 1: 400.000. *I.C.O.N.A.* Madrid.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de valores de pH y de contenidos en materia orgánica (N = 11).

Horizonte orgánico	pH H ₂ O	pH KCl	M O %	C %	N %	C/N
Mínimo	7,4	7,2	22,7	13,2	6,8	18,6
Máximo	8,2	7,8	51,4	31,3	15,0	22,8
Media	7,7	7,4	37,5	21,8	11,1	20,0
Desv.tip.	0,2	0,2	9,2	5,6	2,6	1,5
Hor. Ah1 (0-2cm)						
Mínimo	6,8	6,5	6,3	3,7	3,1	11,8
Máximo	8,5	7,9	23,3	13,6	7,5	18,0
Media	7,9	7,5	12,5	7,3	4,9	14,4
Desv.tip.	0,6	0,5	6,4	3,7	1,7	2,6
Hor. Ah2 (2-20 cm)						
Mínimo	7,2	6,9	2,7	1,6	2,1	5,5
Máximo	8,5	7,9	11,8	7,0	5,1	18,4
Media	7,9	7,4	6,5	3,8	2,8	13,6
Desv.tip.	0,4	0,3	2,8	1,7	1,0	3,9

Tabla 2. Fracciones granulométricas y valores de CIC (N =13). Estadísticos descriptivos

H. Ah (0-20 cm)	Arena gruesa %	Arena fina %	Limo %	Arcilla %	CIC cmol kg ⁻¹
Mínimo	1,0	45,1	7,1	14,5	14,5
Máximo	14,4	71,0	18,5	41,6	48,1
Media	4,4	56,2	13,0	26,3	33,2
Desv.tip.	3,9	7,9	3,4	7,0	11,5

Tabla 3. Fraccionamiento de la materia orgánica. Estadísticos descriptivos de contenidos en C y N de las fracciones ligada y libre (N = 8).

Horizonte orgánico	C ligado %	C libre %	C libre/CT %	N ligado %	N libre %	N libre/NT %	C / N libre	C / N ligado
Mínimo	0,58	8,5	83,6	0,04	0,48	76,5	17,6	10,0
Máximo	2,00	24,5	97,6	0,17	1,11	96,4	23,5	16,0
Media	1,21	17,4	91,3	0,08	0,79	89,4	21,1	13,7
Desv. tip.	0,58	5,6	5,7	0,04	0,26	7,5	2,1	2,3
Hor. Ah1 (0-2 cm)								
Mínimo	0,59	0,9	25,2	0,03	0,04	47,7	17,3	10,7
Máximo	3,66	9,3	69,0	0,23	0,21	60,0	26,1	20,8
Media	2,09	2,9	53,2	0,1	0,11	54,9	20,7	14,3
Desv. tip.	1,26	2,8	16,2	0,1	0,1	6,4	4,7	5,4

Tabla 4. Fraccionamiento físico y químico de agregados (hor. Ah). Porcentajes de C respecto al C total. Porcentajes de C_{AF} y C_{AH} respecto al C total en agregados <50 μm. Estadísticos descriptivos.

	Media (Rango)	Desv. típica
Peso (2000-100 μm) (%)	20,9 (18,3-23,6)	2,9
Peso (100-50 μm) (%)	33,0 (26,5-38,9)	5,0
Peso (<50μm) (%)	46,0 (42,5-50,2)	3,7
C / T (2000-100 μm) (%)	41,2 (32,5-46,9)	6,3
C / T (100-50 μm) (%)	17,4 (12,5-25,7)	5,8
C / T (<50μm) (%)	41,4 (35,7-45,2)	4,0
AF / CT (<50 μm) (%)	7,2 (5,4-9,1)	2,1
AH / CT (<50μm) (%)	16,8 (12,9-19,9)	2,9
Res / CT (<50μm) (%)	17,4 (13,2-20,2)	3,3

Figura 1. Porcentajes de carbono ligado, libre y soluble respecto al contenido de C total en horizontes O, Ah1 (0-2 cm) y Ah2 (2-20 cm).

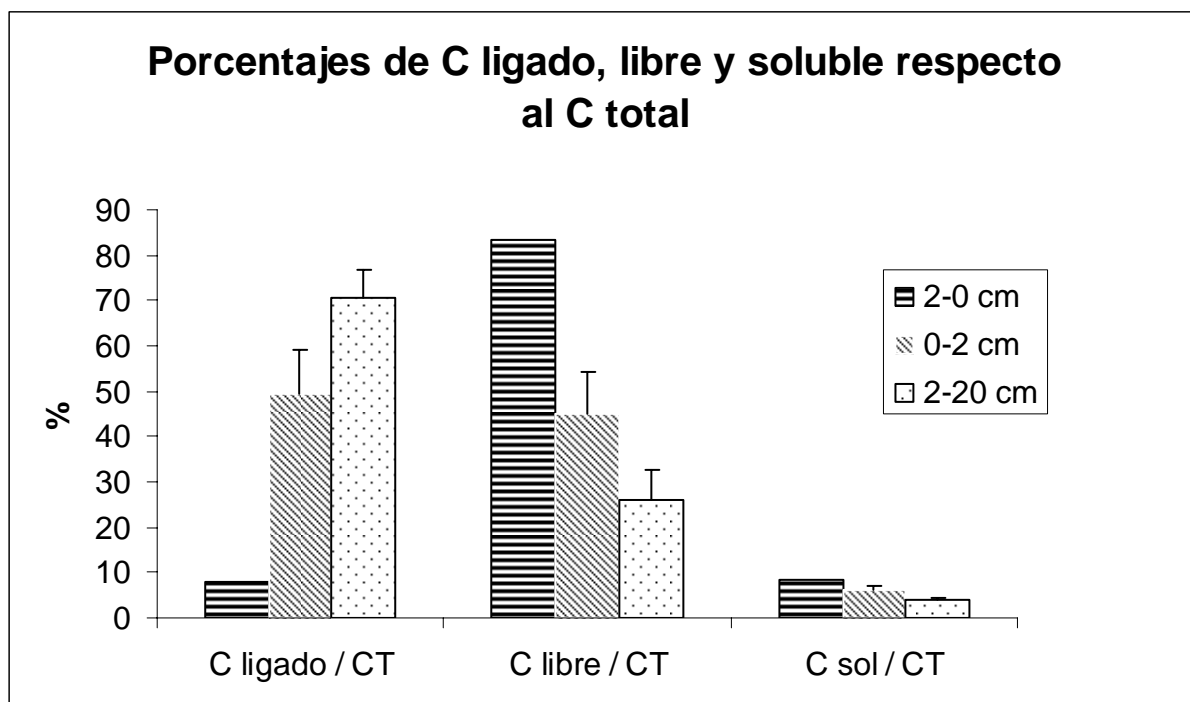


Figura 2. Porcentajes de carbono de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas respecto al contenido de C total, en horizontes O, Ah1 (0-2 cm) y Ah2 (2-20 cm).

