

Influencia de la vegetación en los procesos de podsolización en los suelos de la Sierra del Moncayo (Zaragoza)

Effect of vegetation type on podsolisation processes in soils of Moncayo Mountains (Zaragoza, Spain)

Carceller F. y Vallejo V.R.

Departament de Biologia Vegetal. F. Biologia. U. Barcelona. Avgda Diagonal 645, 08028-Barcelona

ABSTRACT

In this work we study the effects of vegetation on the formation of Spodosols in the Moncayo Mountains, under mediterranean climate. To do it, we compare two soil profiles located at the same altitude, one under natural vegetation (Fagus sylvatica), and the other under conifer vegetation (a stand of Pinus sylvestris). A higher degree of podsolisation is observed under conifer stand. Since the substitution of Fagus forest is recent (no more than 90 years), the podsolisation process is assumed to be actual, and driven by the biochemical characteristics of Pinus litter.

Key words: Podsolisation, Vegetation, Conifers, Mediterranean climate, Moncayo, Zaragoza (Spain).

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1127-1130
ISSN:0213683X

Situación geográfica

La Sierra del Moncayo, situada entre las provincias de Soria y Zaragoza a unos 75 kilómetros al WNW de esta última ciudad, se eleva sobre el borde meridional de la Depresión del Ebro, ocupando con sus 2313 m el primer lugar en cuanto a altitud en la Cordillera Ibérica, integrada dentro de la denominada rama oriental o aragonesa y formando el llamado anticlinorio Moncayo - La Tierga.

Introducción y objetivos

Los procesos de podsolización en la mayoría de los casos están asociados a una vegetación acidificante (resinosas y ericáceas), productoras de un humus tipo mor. Cuando las demás condiciones son muy favorables, la podsolización puede tener lugar incluso bajo frondosas (Val y Iñiguez 1981, Dambrine 1987). La influencia que ejerce la vegetación ha sido señalada por diversos autores, pudiéndose demostrar que los podsoles de las regiones atlánticas son en su mayoría secundarios y se originan por la destrucción de la vegetación potencial de frondosas y su posterior sustitución por landas (Duchafour 1984). Este proceso de génesis de podzoles secundarios, también se ha observado en climas mediterráneos de montaña como por ejem-

plo la Sierra de la Demanda y Urbión (Tarazona 1985, Gonzalez y Moreno 1987). La sustitución de frondosas por coníferas especialmente del género *Pinus* también conduce a una aceleración del proceso de podsolización cuando las otras condiciones (litología y clima) son adecuadas (Kimpe & Martel 1976, Carceller *et al.* 1989).

Como objetivo de este trabajo se plantea estudiar el efecto que han tenido las repoblaciones de coníferas sobre los suelos del Moncayo bajo un clima de carácter mediterráneo.

Geología y litología del área de estudio

Los materiales paleozoicos que constituyen el núcleo del Anticlinorio del Moncayo, forman parte de una potente serie detrítica cuya edad varía desde el Cámbrico inferior hasta el Devónico superior y que Aragonés *et al.* (1980) atribuyen al Ordovícico inferior (Tremadociense). Estos materiales, que en las proximidades de la paleosuperficie pretriásica se hallan completamente rubefactados (Carmona *et al.* 1989), están básicamente formados por cuarcitas, generalmente masivas, y pizarras en otros lugares. La composición mineralógica fundamental de las pizarras y areniscas es: cuarzo (40-50%), micas (30-40%), feldespato potásico (10-13%) y hematites (5-7%); las cuarcitas están formadas por cuarzo en una proporción de más del 95%.

Sobre este núcleo paleozoico se encuentra la cobertura mesozoica formada por la facies Buntsandstein, que es una potente serie detrítica de unos 400 metros (conglomerados en la base, areniscas y lutitas) (Arribas 1985); la composición mineralógica varía conforme ascendemos en la serie. Así tenemos que los conglomerados y areniscas cuarcíticas de la base del Bunts (contacto Permotriás) están formadas mayoritariamente por cuarzo (>95%), mientras que si ascendemos en la serie, la composición de las areniscas y limolitas se enriquecen en micas y feldespatos, la composición mineralógica en porcentaje de las areniscas y limolitas es la siguiente: entre un 60 y un 70% de cuarzo; 8-18% de micas, 8-20% del feldespato potásico fundamentalmente y entre un 0 y un 4% de hematites.

Técnicas instrumentales

Los análisis de laboratorio se han realizado en la fracción menor de 2 mm (tierra fina) obtenida por tamizado y secada posteriormente al aire. La granulometría por el método de la pipeta de Robinson (Dupuis 1969). El carbono orgánico y el nitrógeno total mediante un analizador elemental NA 1500 Carlo Erba. La extracción y fraccionamiento de la materia orgánica por el método Dabin (1976). Los cationes de cambio: Ca, Mg, Na y K se determinaron por absorción atómica y el Al por ICP. Para las formas

Perfil-1

Localización: Hoja 352. 1:50.000 Cart. Mil. U.T.M.: WM975288.
 Altitud: 1580 m. Pendiente: 30°; Orientación: NE.
 Litología: Coluvión de limolitas y pizarras del bunts y paleozoico, sobre substrato de areniscas y pizarras del paleozoico.
 Vegetación: Bosque de *Fagus sylvatica* con sotobosque de gramíneas (*Deschampsia flexuosa*).
 Posición Fisiográfica: Pendiente media ladera.
 Drenaje externo: bueno; Drenaje interno: moderado. Uso: Forestal.
 Sistemática: (ST) Ultisol, Humult, Haplohumult, **Xeric Haplohumult**. FAO: **Alisol háptico**.

A 0-10 cm. Estructura moderada migajosa fina. Pedregoso. Textura franca. Friable. Actividad biológica elevada. Abundantes raíces finas. Limite regular con el horizonte subyacente.

E 10-27 cm. Estructura moderada migajosa mediana. Textura franco-arenosa. Pocas raíces, mayoritariamente de tamaño mediano. Friable. Alrededor del 25% de piedras. Limite irregular con el horizonte inferior.

B₁ 27-48 cm. Estructura moderada migajosa mediana. Ligeramente plástico. Textura franco-areno-arcillosa. Ligeramente duro. Algunas raíces de tamaño grueso con disposición subhorizontal. Pedregosidad 40-50%. Transición difusa con el horizonte subyacente.

2BC 48-81 cm. Estructura moderada a débil, grumosa de tamaño fino. Textura franca. Pocas raíces gruesas. 60% de bloques y cantos angulosos con una cierta disposición subhorizontal. Consistencia débil. Ligeramente friable. Transición difusa con el horizonte inferior.

3C 81 cm.- Sin estructura edáfica. Textura franca.

Perfil 2

Localización: Hoja 352. 1:50.000 Cart. Mil. U.T.M.: WM984272.
 Altitud: 1600 m. Pendiente: 24°; Orientación: NE.
 Litología: Coluvión de areniscas y limolitas del Bunts.
 Vegetación: Bosque de *Pinus sylvestris* con *Rubus idaeus*, *Erica arborea*, *Solidago virgaurea*, *Deschampsia flexuosa*.
 Posición Fisiográfica: Media ladera.
 Drenaje externo: bueno; Drenaje interno: moderado. Uso: Forestal.
 Sistemática: (ST) Cumple las condiciones de epipedon úmbrico solamente (0-17 cm) espesor insuficiente.
 Spodosols, Humods, Haplohumods, **Typic Haplohumod**.
 FAO: **Podsol cárbico**

A 0-17 cm. Estructura moderada migajosa fina. Pedregoso. Textura franco-arenosa. Friable. Actividad biológica elevada (presencia de micelios y coprolitos). Abundantes raíces finas. Transición gradual con el horizonte subyacente.

E 17-32 cm. Estructura moderada migajosa fina. Textura franco-arenosa. Pocas raíces mayoritariamente de tamaño mediano, se encuentran acumulaciones de óxidos de hierro alrededor de ellas. Friable. Alrededor del 40% de piedras. Límite irregular con el horizonte inferior.

B_s 32-55 cm. Estructura migajosa mediana. Textura franco-areno-arcillosa. Ligeramente dura. Ligeramente plástico. Frecuentes raíces de tamaño grueso y mediano alrededor de ellas se acumulan óxidos de hierro. Pedregosidad 10%. Transición irregular con el horizonte subyacente.

BC 55-80 cm. Estructura débil, migajosa de tamaño fino. Textura franca. Pocas raíces gruesas. 25% de piedras. Consistencia dura.

Tabla 1. Descripción de perfiles

Table 1. Profiles description

libres del Fe y el Al se han utilizado dos métodos: extracción con ditionito-citrato: formas amorfas, cristalinas y asociadas a la superficie de las arcillas (Holmgren 1967) y extracción con pirofosfato sódico 0.1N: formas asociadas a la materia orgánica (Bascomb 1968); la determinación se ha efectuado por absorción atómica. Los resultados se expresan respecto a la materia mineral < 2mm.

El % de óxidos de los elementos mayores se ha realizado por Fluorescencia de Rayos X y la determinación mineralógica por difracción de rayos X en muestra en polvo.

Las determinaciones analíticas se han

realizado en los servicios científico técnicos de la Universidad de Barcelona.

Resultados y discusión

Los suelos del Moncayo han sido caracterizados de una manera general como tierras pardo podsolizadas (Guerra 1968), si bien hay muy pocos trabajos que traten específicamente sobre los mismos: Hoyos *et al.* (1983), Carceller (1988), Carceller *et al.* (1989), Carceller (1995).

El manto de solifluxión que predomina entre los 1100- 1700 m. da lugar a una topografía de conjunto monótona de perfil casi rectilíneo, que se caracteriza por el pre-

dominio de materiales areno-arcillosos de color gris pardo. Esta matriz engloba cantos de cuarcitas y areniscas heterométricos y angulosos. En los sectores inferiores la pendiente se suaviza y adquiere un perfil ligeramente cóncavo en el enlace con el piedemonte, donde alcanza un espesor de más de 3 metros a la vez que se intensifica el proceso de rubefacción (Pellicer 1984).

En toda la vertiente norte del Moncayo los suelos se desarrollan sobre materiales coluviales de naturaleza litológica semejante, presentando una serie de propiedades asociadas a las características del substrato que son parecidas en todos los perfiles: elevada pedregosidad, texturas francas a fran-

Perfil 1

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	% C	% N	C/N	seco	Color Humedo
A	0-10	5.05	4.36	6.19	0.42	14.69	10YR5/1	10YR3/1
E	10-27	4.88	3.68	0.99	0.09	10.68	10YR6/4	10YR6/4
B ₁	27-48	5.01	3.78	1.25	0.10	12.47	7.5YR5/6	7.5YR5/6
2BC	48-81	4.84	3.59	0.98	0.10	9.70	10YR5/6	10YR5/6
3C	81-	5.21	4.35	1.06	0.08	12.43	10YR6/3	10YR5/6

Horizonte	%Gravas	%Arená gruesa	%Arená fina	%Limo grueso	%Limo fino	%Arcillas	Textura
A	89.03	39.20	9.52	6.02	26.12	19.12	F
E	76.18	39.75	21.45	6.01	14.24	18.54	F-A
B ₁	68.07	40.55	9.70	7.40	13.19	29.15	F-A-Ar
2BC	18.13	28.80	14.52	9.66	24.64	22.37	F
3C	58.24	22.39	22.87	18.45	17.64	18.61	F

Horizonte	cmol _c kg ⁻¹						
	Ca	Mg	Na	K	Al	ClC _{ex}	%SB _{ex}
A	3.32	0.23	0.22	0.19	2.17	6.13	64.46
E	0.30	0.03	0.20	0.04	2.01	2.58	22.10
B ₁	0.57	0.03	0.29	0.10	2.46	3.45	28.70
2BC	0.59	0.01	0.18	0.05	4.02	4.85	17.11
3C	0.11	0.01	0.20	0.03	2.17	2.52	13.90

Horizonte	% / _{tot}					
	F _{podsolico}	F _{podsolico}	Al _{podsolico}	Al _{podsolico}	Al _{podsolico} /Fe _{podsolico}	Al _{podsolico} + Fe _{podsolico} / Al _{podsolico} + Fe _{podsolico}
A	1.33	5.76	1.10	1.11	0.83	0.35
E	2.41	7.92	1.12	1.37	0.57	0.38
B ₁	6.78	9.37	2.01	2.23	0.30	0.76
2BC	2.26	10.73	1.34	1.69	0.75	0.29
3C	1.15	10.75	4.02	4.69	3.50	0.33

Horizonte	%C respecto al C total						
	MOL	AFL	HUMINAS	AF+AH	AH	AF	%C TOTAL
H	9.10	2.51	76.79	11.60	9.38	2.22	17.15
A	0.59	4.75	66.86	27.79	5.94	21.84	6.73
E	0.12	20.48	46.99	32.53	13.25	19.28	0.83
B ₁	9.78	25.00	31.52	33.70	10.87	22.83	0.92
2BC	0.42	34.47	28.40	37.04	23.46	13.58	0.81

Horizonte	% Elementos Mayores									
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
A	68.82	3.58	10.92	0.48	0.90	0.52	0.34	2.91	Tr	0.14
E	74.23	3.81	10.82	<0.1	0.75	0.60	<0.05	2.83	Tr	0.09
B ₁	69.64	4.67	12.12	<0.1	0.85	0.75	<0.05	3.00	Tr	0.14
2BC	74.29	4.28	11.69	<0.1	0.71	0.69	<0.05	3.08	0.18	0.10
3C	71.21	4.00	13.29	<0.1	0.75	0.50	<0.05	3.43	0.16	0.06

Perfil 2

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	% C	% N	C/N	seco	Color Humedo
A	0-17	3.94	2.92	8.76	0.43	20.4	10YR4/1	10YR2/1
E	17-32	4.09	3.13	1.33	0.12	10.8	10YR6/2	10YR4/3
B _s	32-55	4.98	4.11	5.02	0.28	19.5	5YR6/2	5YR3/3
BC	55-80	5.10	4.29	1.19	0.09	12.7	10YR7/4	10YR5/4

Horizonte	%Gravas	%Arená gruesa	%Arená fina	%Limo grueso	%Limo fino	%Arcillas	Textura
A	57.92	38.79	38.40	3.62	2.25	16.94	F-A
E	76.02	33.64	26.33	11.80	19.93	8.29	F-A
B _s	58.75	35.24	15.07	3.38	18.78	27.50	F-A-Ar
BC	56.29	31.49	24.26	16.66	18.20	9.38	F

Horizonte	cmol _c kg ⁻¹						
	Ca	Mg	Na	K	Al	ClC _{ex}	%SB _{ex}
A	0.91	0.10	0.24	0.13	16.38	17.76	7.77
E	0.47	0.04	0.23	0.04	3.90	4.68	16.67
B _s	0.57	0.02	0.23	0.07	3.91	4.80	18.54
BC	0.14	0.01	0.21	0.04	1.73	2.13	57.75

Horizonte	% / _{tot}					
	F _{podsolico}	F _{podsolico}	Al _{podsolico}	Al _{podsolico}	Al _{podsolico} /Fe _{podsolico}	Al _{podsolico} + Fe _{podsolico} / Al _{podsolico} + Fe _{podsolico}
A	0.95	4.94	0.85	1.38	0.89	0.28
E	1.31	5.91	0.21	1.08	0.16	0.22
B _s	9.26	16.39	1.21	11.40	0.14	0.38
BC	1.75	6.69	0.94	2.94	0.54	0.19

Horizonte	%C respecto al C _t						
	MOL	AFL	HUMINAS	AF+AH	AH	AF	%C TOTAL
A	0.72	3.30	51.15	44.70	41.98	2.58	6.98
E	1.60	10.40	37.60	49.60	10.40	39.20	1.25
B _s	0.12	49.39	18.67	31.94	23.34	8.60	4.07

Horizonte	% Elementos Mayores									
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
A	68.87	2.04	6.40	Tr	0.70	0.22	<0.03	1.55		0.08
E	73.38	2.55	8.30	Tr	0.89	0.31	<0.03	2.40		0.05
B _s	63.84	5.22	11.59	Tr	0.71	0.37	0.04	2.63	0.05	0.12
BC	79.92	3.28	10.43	Tr	0.64	0.49	0.05	3.04	0.10	0.06

co arenosas, pH ácidos y baja saturación de bases (el catión predominante es el aluminio). Las razones moleculares de los elementos mayores indican una movilización de los sesquióxidos que se acumulan en el horizonte Bs.

Hay que señalar que el proceso de podsolización está presente y es gradual en toda la ladera, pues conforme ascendemos de altitud, las temperaturas disminuyen, las precipitaciones aumentan y, por consiguiente, la podsolización es más intensa (Carceller *et al.* 1989).

Dada la homogeneidad litológica de la ladera, la intensidad de los procesos de podsolización está relacionada con los diferen-

tes pisos de vegetación y éstos, a su vez, con las condiciones climáticas, tan diferentes en temperatura y en precipitaciones, desde el inicio de las primeras rampas hasta la cumbre.

En el límite altitudinal de los hayedos (1600 m.) se han muestreado dos perfiles (1 y 2): uno correspondiente a un hayedo (perfil 1) y otro a un pinar de repoblación (perfil 2). Dadas las características climáticas (temperatura media anual 8°C y pluviosidad 740 mm) (Carceller 1995) y litológicas (materiales silíceos pobres en minerales alterables y de textura gruesa) se puede pensar que el proceso de podsolización será más intenso que en las partes bajas de la

ladera. Por otra parte se debe poder observar el efecto de la vegetación sobre el proceso de la podsolización.

En el perfil situado en el hayedo se observa un horizonte espódico bien diferenciado, con un acúmulo de Al y Fe ligados a la materia orgánica, así como un acúmulo de C orgánico con respecto al horizonte eluvial. También se observa un aumento en profundidad de los ácidos fúlvicos libres y un descenso de la humina (ambos en relación al carbono total), pero no se observa un horizonte de acúmulo neto de materia orgánica.

En el perfil situado en el pinar, las drásticas condiciones impuestas por la altitud,

acidez del suelo y las características de la hojarasca de pino albar, rica en fenoles difícilmente biodegradables y la inexistencia de lumbrífcidos, contribuyen a producir un lento turnover de la materia orgánica y en consecuencia una acumulación en superficie de un espesor considerable de restos poco transformados.

En este perfil se detecta un horizonte subsuperficial de acumulo de materia orgánica. El hecho de que haya poca humina y muchos ácidos fúlvicos libres, parece indicar que el proceso determinante sea el lavado de moléculas solubles.

Es notable la gran cantidad de ácidos fúlvicos libres que se encuentran en el horizonte espódico; los complejos que forman los ácidos fúlvicos con metales son relativamente solubles en comparación con otras formas de humus, por su bajo peso molecular y su carácter más ácido. Esto posibilita un cierto lavado en profundidad de estas formas (Stevenson 1982). Gallardo & Egido (1980), han observado una relación entre ácidos fúlvicos libres y el contenido de Al libre asociado a la materia orgánica (Alp) lo cual indicaría, según estos autores, una movilidad del aluminio conjunta con los ácidos fúlvicos. Este hecho también se observa en nuestros perfiles.

Según Dambrine (1987), los suelos podsolizados de alta montaña de clima templado suelen ser jóvenes, con un horizonte E poco empobrecido en bases y relativamente ricos en elementos finos y con una morfología típica de podsol; en las de pronunciada pendiente, se distribuyen en las vertientes norte y su funcionamiento biogeoquímico es muy contrastado con una actividad complejante máxima en invierno, coincidiendo con el máximo drenaje y la mínima actividad biológica. Estas características se pueden atribuir en cierta medida

al perfil descrito.

El índice KAl de Souchier, considerado como índice de podsolización (Duchafour & Souchier 1978) tiene un valor de 4.73; este valor está dentro de la categoría de suelos podsólicos y podsoles según estos autores.

Por comparación con el perfil bajo hayedo (perfil 1), de similares características fisiográficas (substrato litológico, altitud, orientación), este perfil presenta un mayor grado de podsolización, por lo que se atribuye a la vegetación un papel preponderante en la misma; además dado que las coníferas son de repoblación se deduce la actualidad de los procesos de podsolización en estos suelos.

Referencias

- Aragonés E. *et al.* (1980): Hoja 352. Tabuena. IGME, *Mapa Geológico de España 1:50.000 2º Ed.* (MAGNA) Hoja y Mem. 37 pp.
- Arribas J. (1985): *Estudios Geol.* 41:45-57
- Bascomb C.L. (1968): *J.soil Sci.* 19: 251-268
- Carceller F. (1988): *El suelo. In: EL Moncayo.* Caja de Ahorros Inmaculada. Zaragoza.
- Carceller F., Lizeaga J., Lovet J., Maluquer J., Sauras T. y Vallejo V.R. (1989): *Turiso IX.* 331-359.
- Carceller F. (1995): *Tesis Doctoral.* U. Barcelona. 390 pp
- Carmona J.M., De las cuevas C., Font X., Carceller F., Barberá M. y Andreu A. (1989): *Turiso IX* : 175-186.
- Dabin B. (1976): *Cah. ORSTOM sér. Péd.* 14(4): 287-297
- Dambrine E. (1987): *Repartition, morphologie et fonctionnement des podzols de Haute Montagne cristalline sous climat tempere* In: Righi D. & Chauvel A. (eds) *Podzols et podzolisation* INRA. Paris :69-83
- De kimpe C.R. & Martel Y.A. (1976): *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:77-80
- Duchafour P. (1984): *Edafologia 1. Edafogénesis y clasificación.* Ed. Masson. Barcelona
- Duchafour P. & Souchier B. (1978): *Geoderma* 20: 15-26.
- Dupuis, P. (1969): *Ann. Agron.* 20(1): 61-88.
- FAO (1990): *Mapa mundial de suelos.* Leyenda revisada. FAO-UNESCO Informe sobre recurso mundiales de suelos 60. Roma. 144 pp
- Gallardo J.F. & Egido J.A. (1979): *Anal. Edaf. y Agrob.* T. XXXVII. Núms. 1 y 2.
- Gonzalez J. & Moreno A. (1988): *Ecología* 2:79-87
- Guerra A. (1968): *Memoria del mapa de suelos de España.* Escala 1:1000.000. Inst. Edaf. y Biol. Veg. C.S.I.C.
- Holgrem G.G.S. (1967): *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31: 210-211
- Hoyos M.A., Casas J. y Martin de vidales J.L. (1983). *An. Edaf. y Agrob.* Tomo XLII num. 7-8: 930-944.
- Pellicer F. (1984): *Geomorfología de las cadenas Ibéricas entre el Jalón y el Moncayo. Cuader. Estudios Borjanos* 11-12: 389 pp.
- Soil Survey Staff (1992): *Keys of soil Taxonomy. five edition SMSS technical monograph n°6.* Blacksburg, Virginia 423 pp.
- Stevenson F.J. (1982): *Humus chemistry. Genesis. Composition. Reactions.* John Wiley & Sons. New York.
- Tarazona T. (1985). *Tesis Doctoral.* U. Complutense. Madrid.
- Val R. y Iñiguez J. (1981). *Anal. Edaf. y Agrob.* T XL Núms 3 y 4.