

CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN PASTOS ALPINOS DE AÍSA Y ORDESA (PIRINEO CENTRAL)

D. BADÍA VILLAS¹, R. GARCÍA-GONZALEZ², C. MARTÍ DALMAU¹

¹Escuela Politécnica Superior de Huesca, Crtra. Cuarte s/n. 22071-HUESCA

²Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Rgto. Galicia, 19. 22700-JACA

Abstract. The soils of five grassland communities in Aísa and Ordesa uplands (Central Pyrenees) are classified by the World Reference Base of Soil Resources system (WRB) and Soil Taxonomy System (STS): *Bromion erecti*, *Nardion strictae*, *Festucion eskiae* and *Primulion intricatae* (developed on calcilutites) and *Festucion gautieri* (developed on hard limestones). The soils of the *Nardion strictae* and *Festucion eskia* communities are strongly acidic, desaturated and with a high organic matter content; they are classified as Humic Umbrisols by WRB (Humic Dystrocryepts by STS). The soils of the *Bromion erecti* and *Primulion intricatae*, with higher pH and base saturation than the previous ones, are classified as Phaeozems (haplic, pachic or calcaric) by WRB system (Humic Eutrocryepts or Humic Dystrocryepts by STS). The soil of the *Festucion gautieri* community has a neutral or basic pH, a complete base saturation and low water retention capacity; as well as scarce and irregular depth which modify its classification between Humic Leptosols and Lepto-humic Regosols by WRB (Lithic Cryorthent by STS).

Key words: soil classification, high mountains, grassland-soil relationships

Resumen. Se caracterizan los suelos de cinco comunidades de pastos supraforestales en los puertos de Aísa y Ordesa (Pirineo Central): *Bromion erecti*, *Nardion strictae*, *Festucion eskiae* y *Primulion intricatae* (desarrollados sobre calcilutitas) y *Festucion gautieri* (sobre calizas), clasificándose según los sistemas FAO (WRB) y *Soil Taxonomy* (STS). Los suelos del *Nardion strictae* y *Festucion eskiae*, suelos fuertemente ácidos, desaturados en bases y con un alto porcentaje de materia orgánica, se clasifican, según FAO, como Umbrisoles húmicos (Dystrocryepts húmicos por STS). Los suelos del *Bromion erecti* y *Primulion intricatae*, con mayor pH y saturación de bases son clasificados como Phaeozems (háplicos, páchicos o calcáricos) por FAO (Eutrocryepts o Dystrocryepts húmicos por STS). Los suelos del *Festucion gautieri*, poseen una reacción neutra o básica, completa saturación de bases y baja capacidad de retención de agua; la escasa e irregular profundidad hace variar su clasificación FAO entre Leptosoles húmicos y Regosoles lepto-húmicos (Cryorthent líticos por STS).

Palabras clave: clasificación de suelos, alta montaña, relaciones suelo-pasto

INTRODUCCIÓN

Las zonas de montaña pirenaica están dedicadas, en más de la mitad de su superficie, a los pastos (M^o Agricultura, 1974; Montserrat y Fillat, 1990; Piekowski *et al.*,

1996). Dentro de los pastos se pueden distinguir más de cien comunidades vegetales o asociaciones fitosociológicas (Braun-Blanquet, 1948; Rivas Martínez, 1991), entre cuyos factores de distribución destaca el suelo. En el Pirineo Central, diversos autores

han elaborado estudios sobre la relación suelo-pasto, desde el valle de Benasque, Ribagorza (Broca, 1993) al valle de Tena, Serrablo (Ferrer, 1981) e incluso cartografías de suelos en zonas próximas (Iñiguez *et al.*, 1990, Badía y Martí, 1999). Este trabajo pretende complementar los anteriores, centrándose en la caracterización de perfiles edáficos en los puertos de Aísa (Jacetania) y Ordesa (Sobrarbe). Para ello se han descrito y clasificado los perfiles edáficos más característicos de cada pasto y en cada localidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se caracterizan, en dos localidades diferentes (Aísa y Ordesa), los suelos de cinco comunidades pascícolas, correspondientes a las alianzas fitosociológicas siguientes: *Nardion strictae* (Na), *Bromion erecti* (Be), *Festucion eskiae* (Fe), *Festucion gautieri* (Fg) y *Primulion intricatae* (Pr). Para ello, se describe, analiza y clasifica un perfil tipo para cada una de las alianzas y localidad. La clasificación de los suelos se ha establecido siguiendo la Base de Referencia Mundial de Suelos (FAO, 1999) y *Soil Taxonomy* (SSS, 1999). En trabajos previos, se ha caracterizado el volumen explorado por los sistemas radiculares de estos mismos pastos (Badía *et al.*, 2002).

Entre las características morfológicas, se han descrito el color (seco y húmedo), la forma de la estructura, la compacidad, así como la forma y nitidez del límite de cada horizonte. Se realizan las siguientes determinaciones químicas y físicas: pH (H₂O), materia orgánica, nitrógeno total, C/N, iones intercambiados, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, porosidad, granulometría, elementos gruesos, agua a capacidad de campo y a punto de marchitez permanente. Por diferencia entre estos dos últimos parámetros se obtiene la capacidad de retención de agua disponible (CRAD). Se ofrece en mm (l/m²) para una profundidad máxima

de suelo de 1,5 m, si se alcanza (USDA, 1980), calculada mediante la siguiente expresión:

$$\text{CRAD} = (\text{CC} - \text{PMP}) \text{ litros}/100 \text{ kg tierra fina} \times (100 - \% \text{EG}) \text{ kg tierra fina}/100 \text{ kg suelo} \times \text{Da, kg}/\text{m}^3 \times \text{p, m}$$

siendo:

CC=Capacidad de campo, agua retenida a 33 kPa (en litros por 100 kg tierra fina o %p/p)

PMP=Punto de Marchitez Permanente, agua retenida 1500 kPa (en litros por 100 kg tierra fina o % p/p)

EG: Elementos gruesos (en kg por 100 kg de suelo, o % p/p).

Da=Densidad aparente (en kg/m³)

p=Espesor del horizonte (en metros)

Más detalles sobre la metodología utilizada en las determinaciones físico-químicas se ofrecen previamente (Badía y Martí, 2002).

Con los datos obtenidos se realizan correlaciones de Pearson entre parámetros, así como una clasificación jerárquica con el método de conglomeración por vinculación entre grupos usando el paquete estadístico SPSS (1999).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los suelos estudiados se localizan en los pastos supraforestales de los puertos de Aísa (Jacetania) y de Ordesa (Sobrarbe), entre una altitud de 1.780 y 2.350 metros (Tabla 1). En concreto, *Bromion erecti*, *Festucion eskiae* y *Festucion gautieri* se sitúan en la parte superior del piso subalpino mientras *Nardion strictae* y *Primulion intricatae* se sitúan en el piso alpino (Remón y Gómez, 1989; Remón, 1997). Con la altitud, la precipitación anual media varía entre 1200 y 2000 mm y la temperatura anual media entre 7°C y 3°C, condiciones que hacen fluctuar el periodo vegetativo de 150 a 80 días (García-González *et al.*, 1991; Aldezabal, 2001). En Ordesa, a 2.200 m de altitud (Refugio de Góriz), la tempera-

tura media anual atmosférica es de 4,9°C, con una media estival de 11,7°C e invernal de -0,1°C. Por otro lado, en el valle de Aísa, a 1.780 metros de altitud, la temperatura media anual es de 5,5°C, con una media estival de 13,5°C e invernal de -0,6°C. Con estas condiciones, la temperatura estival del suelo será ligeramente inferior a la atmosférica, si bien la media edáfica anual, por el aislamiento térmico que supone la cobertura nival en invierno, será entre 1 y 2°C superior a la del aire. Así pues, el régimen de temperatura del suelo puede considerarse crítico, con una temperatura anual media a 50 cm de profundidad del

suelo inferior a los 8°C y con una media de los meses de verano inferior a los 15°C.

Con los datos de humedad disponibles, el régimen de humedad del suelo se considera údico (no existen más de 90 días acumulados al año en los que el suelo esté seco) para todas las comunidades vegetales y localidades; los suelos del *Festucion gautieri*, a pesar de la alta pluviometría media anual, podrían tener un régimen más próximo al xérico, dada su escasa capacidad de almacenamiento de agua y su disposición en laderas con fuerte pendiente y elevada insolación.

TABLA 1. Factores de formación de los suelos estudiados en Aísa y Ordesa (Pirineo Central).

Referencia suelos	Alianza vegetal y producción neta	Litología	Altitud (metros)	(°)	Geoforma y orientación	Ubicación: UTM (31 T) y Topónimo
Na-Aísa	Nardion strictae 180 g/m ² y año	Coluvio de lutitas y areniscas sobre calizas. Eoceno	1830	0	Rellano	6972 47372 Ibon de Izagra
Na-Ordesa	Nardion strictae 370 g/m ² y año	Lutitas. Eoceno	1930	14	Ladera-N	2564 47217 Cuello Arenas-Ripalés
Be-Aísa	Bromion erecti 360 g/m ² y año	Coluvio de lutitas y areniscas. Eoceno	1780	9	Ladera-S	6990 47302 Sayerri
Be-Ordesa	Bromion erecti 370 g/m ² y año	Lutitas. Eoceno	1930	5	Ladera-N	2562 47217 Cuello Arenas-Ripalés
Fe-Aísa	Festucion eskiae 1020 g/m ² y año	Lutitas y areniscas. Eoceno	2050	5	Cresta	6992 47354 Collado la Magdalena
Fe-Ordesa	Festucion eskiae 560 g/m ² y año	Lutitas y areniscas. Eoceno	2170	42	Ladera-S	2491 47253 Punta Acuta
Fg-Aísa	Festucion gautieri 150 g/m ² y año	Calizas. Paleoceno	2220	14	Cresta	6991 47344 Pico Blancas
Fg-Ordesa	Festucion gautieri 115 g/m ² y año	Calizas. Paleoceno	2170	42	Ladera-S	2491 47253 Punta Acuta
Pr-Aísa	Primulion intricatae 205 g/m ² y año	Coluvio de calizas. Paleoceno	2260	14	Ladera-N	6963 47385 Ruabe de Bernera
Pr-Ordesa	Primulion intricatae 193 g/m ² y año	Calizas laminadas y lutitas. Eoceno	2350	14	Ladera-S	2554 47283 Faja Luenga (Refugio de Góriz)

El material parental de los suelos de la mayor parte de las alianzas estudiadas está constituido por calcilitas, con cierta proporción de areniscas fundamentalmente de cemento calcáreo, del Eoceno, materiales ocasionalmente coluvionados; la excepción la constituye el *Festucion gautieri* desarrolla-

do sobre calizas paleocénicas dispuestas in situ (IGME, 1982).

La caracterización florística de los pastos ha sido previamente descrita (Aldezabal, 2001; García-González *et al.*, 1991; García-González *et al.*, 1997; Gómez *et al.*, 1997; Remón y Gómez, 1989; Remón, 1997; Villar y Benito, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas y físico-químicas

Entre las principales características morfológicas (Tabla 2), destaca el oscuro color de los horizontes superficiales. En estos, el color marrón grisáceo (2,5Y 5/2, en seco) es el más frecuente tendiendo a pardo pálido en los suelos del *Festucion gautieri*; esta característica tiene su importancia en la definición de los epipedones móllicos o úmbricos. En profundidad, los colores se vuelven ligeramente

más claros a causa del menor contenido orgánico y más amarillentos o verde oliváceos, cuando son las calcilitas el material originario. En ningún caso se desarrolla un matiz más rojo en los horizontes Bw que en los C. Los materiales parentales lutíticos son de por sí muy oscuros (brillo de 6 en seco y de 4 o 5 en húmedo) por lo que la exigencia de color para móllico resulta más fácil de verificar en los suelos desarrollados sobre las lutitas que sobre las calizas, como sucede con otros materiales originariamente oscuros como los materiales volcánicos (Delgado *et al.*, 2001).

TABLA 2. Propiedades morfológicas de los perfiles edáficos de Aísa y Ordesa (Pirineo Central).

Ref. Perfil y Horizontes	Profundidad (cm)	Color Munsell seco y húmedo	Estructura	Compacidad	Límite inferior
Na-Aísa					
A	0-20	2,5Y 5/2 3/2	Granular fina	Poco compacto	Neto
Bw	20-38	2,5Y 6/2 4/4	Granular gruesa	Poco compacto	Contacto lítico
Na-Ordesa					
Ah	0-25	2,5Y 5/2 3/2	Bloques granulares	Poco compacto	Neto
Bw/C	25-70	2,5Y 6/3 5/4	Bloques subangulares	Poco compacto	Neto
C	70-100	2,5Y 6/3 5/4	Heredada	Compacto	
Be-Aísa					
A	0-30	10YR 5/3 3/3	Granular grueso	Poco compacto	Gradual
Bw	30-70	10YR 6/2 3/3	Bloques subangulares	Poco compacto	Gradual
C	70-150	10YR 6/3 5/4	Heredada	Compacto	
Be-Ordesa					
Ah	0-20	2,5Y 5/2 3/3	Bloques granulares	Poco compacto	Gradual
Bw	20-50	2,5Y 6/2 4/3	Bloques subangulares	Poco compacto	Abrupto
C	50-100	2,5Y 6/2 4/3	Bloques angulares	Compacto	
Fe-Aísa					
A	0-35	2,5Y 5/3 3/2	Granular gruesa	Poco compacto	Abrupto
Bw	35-70	2,5Y 6/3 5/4	Bloques subangulares	Poco compacto	Abrupto
C	70-120	2,5Y 6/3 4/4	Heredada	Compacto	
Fe-Ordesa					
Ah	0-20	2,5Y 5/2 3/3	Bloques granulares	Poco compacto	Gradual
B	20-50	2,5Y 6/3 4/4	Bloques subangulares	Poco compacto	Neto
C	50-100	2,5Y 6/2 4/3	Heredada	Compacto	
Fg-Aísa					
A	0-17	10YR 6/3 4/3	Granular muy fina	Poco compacto	Contacto lítico
Fg-Ordesa					
A	0-30	10YR 6/3 4/2	Granular	Poco compacto	Neto
Bw/R	<40	10YR 6/2 4/4	Bloques subangulares		Contacto lítico
Pr-Aísa					
A	0-65	2,5Y 5/2 3/3	Granular	Poco compacto	Gradual
Bw	65-120	2,5Y 6/3 4/4	Bloques subangulares	Poco compacto	
Pr-Ordesa					
A	0-30	10YR 5/2 3/2	Bloques angulares	Poco compacto	Neto
2Bw	30-60	10YR 5/2 3/2	Bloques angulares	Poco compacto	Gradual
2C	60-90	10YR 6/2 4/2	Heredada	Compacto	

Abreviaturas: *Nardion strictae* (Na), *Bromion erecti* (Be), *Festucion eskiae* (Fe), *Festucion gautieri* (Fg) y *Primulion intricatae* (Pr).

La estructura de los horizontes superficiales se presenta en forma granular y en profundidad pasa a bloques angulares o subangulares hasta llegar a los diferentes materiales parentales, fundamentalmente lutitas con una morfología heredada, en capas, todavía patente. En general, el desarrollo estructural de estos suelos es fuerte, incluso en la alianza *Festucion gautieri*, donde a pesar de la gran abundancia de elementos gruesos, la

matriz mantiene agregados estables. En relación con la estructura, la compacidad es escasa.

Los límites inferiores en los horizontes son generalmente planos y netos, relacionados con los sistemas radiculares de los pastos, en el caso de los horizontes superficiales y con el material parental en el caso de los subsuperficiales.

TABLA 3. Propiedades fisico-químicas de los perfiles edáficos de Aísa y Ordesa (Pirineo Central).

Ref. Perfil Horizontes	EG (%)	Poros (%)	CC (%)	PMP (%)	pH (H ₂ O)	CO ₃ (%)	V (%)	MO (%)	C/N	CIC cmol/kg	C.textural (USDA)
Na- Aísa											
A	10	65	51,3	22,9	5,4	0	37,6	8,3	7,8	19,8	F-arcilloso
Bw	15		28,3	12,9	5,7	0	32,7	2,7		11,1	F-arcilloso
Na-Ordesa											
Ah	5	66	63,8	12,2	4,4	0	21,4	18,1	9,7	29,5	F-arcilloso
Bw/C	25		38,8	20,2	5,1	0	8,2	4,85		15,6	Arcillo-lim
C	83		64,7	13,1	6,3	0	9,3	2,89		10,5	F-arci-limo
Be- Aísa											
A	20	51	39,4	14,6	6,2	0	58,9	5,42	7,8	15,6	F-arcilloso
Bw	20		26,7	8,6	5,8	0	34	2,07		8,6	Franco
C	45		26,6	9,8	5,8	0	26,1	0,72		9,2	Arcilloso
Be-Ordesa											
Ah	4	73	56,2	44,1	7,1	0	96,4	11,88	9,6	22,7	F-arcilloso
Bw	24		44,1	23,5	7,3	0	98,1	5,8		15,2	Arcilloso
C	61		46,21	12,4	7,9	1,3	100	2,6		11,9	Franco
Fe- Aísa											
A	10	54	40,9	20,5	5,2	0	25,3	6,31	10,9	15,5	F-arcilloso
Bw	30		39,5	10,5	5,4	0	10	4,72		9,7	Franco
C	50		42,1	11,6	5,7	0	22,2	1,26		10,1	Franco
Fe-Ordesa											
Ah	6	62	44,1	24,8	5,1	0	37,6	11,67	10,3	16,9	F-arcilloso
Bw	11		40,8	16,7	5,4	0	31,5	4,46		14,7	F-arcilloso
C	54		42,1	11,6	5,5	0					F-arcilloso
Fg-Aísa											
A	80	45	32,1	14,3	7,5	3,1	100	4,64	7	17,8	Franco
Fg-Ordesa											
A	51	43	35,8	15,3	7,1	0	100	4,63	6,6	14	Franco
Bw/R	92		26,3	13,6	7,8	1	100	1,16		11,7	F-arcilloso
Pr-Aísa											
A	2	64	52,6	24	5,7	0	73,8	13,85	12,7	29,4	Arc-limoso
Pr-Ordesa											
A	7	60	32,8	12,8	7	0	97,1	5,44	10,6	11,4	F-arcilloso
2Bw	86		25,1	8,1	7,9	3	100	2,1		8,5	Franco
2C	92		21,4	6,4	8,1	3,4	100	1,6		6,8	F-arcilloso

Abreviaturas: *Nardion strictae* (Na), *Bromion erecti* (Be), *Festucion eskiae* (Fe), *Festucion gautieri* (Fg) y *Primulion intricatae* (Pr).

En referencia a las propiedades físicas, destaca la elevada porosidad en los horizontes superficiales, carácter habitual en suelos de prados permanentes o pastos, ricos en

materia orgánica (Saña *et al.*, 1996). En este sentido, la porosidad se correlaciona significativa y positivamente con la materia orgánica ($r=0,68$; $p<0,05$) y la arcilla ($r=0,65$;

$p < 0,05$) y negativamente con la pedregosidad ($r = -0,79$; $p < 0,01$) para los horizontes superficiales ($n = 10$). Con estos precedentes, se ha puesto de manifiesto como los suelos del *Festucion gautieri* presentan los valores de porosidad más bajos que en el resto de comu-

nidades. La pedregosidad en esta comunidad es significativamente mayor al resto, lo que, con su escasa e irregular profundidad, condiciona la capacidad de retención de agua disponible o CRAD (Tabla 4).

TABLA 4. Capacidad de retención de agua disponible (CRAD, en mm/1,5 m o hasta un contacto lítico) de los perfiles edáficos de Aísa (A) y Ordesa (O) en las diferentes comunidades de pastos: Fg, *Festucion gautieri*; Na, *Nardion strictae*; Be, *Bromion erecti*; Pr; *Primulion intricatae*; Fe, *Festucion eskiae*.

Perfil	Fg-A	Fg-O	Na-A	Na-O	Be-A	Be-O	Pr-A	Pr-O	Fe-A	Fe-O
CRAD	10	42	50	155	176	191	251	188	252	270

La CRAD en el *Festucion gautieri* es muy baja para el régimen hídrico de la zona (USDA, 1980), lo que podría explicar su escasa producción primaria neta (alrededor de unos 100 g/m² y año). En este sentido, la CRAD se correlaciona significativa y positivamente con la producción primaria neta ($r = 0,63$; $p < 0,05$). Canals *et al.* (1995) remarcan también la baja producción pascícola de esta comunidad en el Valle del Noguera-Ribagorzana. El resto de suelos presentan una CRAD entre moderada y alta, a excepción del *Nardion strictae* de Aísa (Na-A) con contacto lítico a escasa profundidad.

El porcentaje de materia orgánica en los suelos estudiados es elevado, carácter habitual en suelos de prados permanentes y en

pastos (Saña *et al.*, 1996; Porta *et al.*, 1999). La relación C/N de los suelos es próxima a 10, como observan Labroue y Toscà (1977) en suelos de pastos alpinos; por lo tanto, a pesar de las limitaciones que cabría presuponer a la existencia de un régimen térmico crítico, el funcionamiento de la biomasa microbiana no presenta grandes limitaciones y el humus predomina frente a los residuos frescos, los cuales son además pastados.

La capacidad de intercambio catiónico de estos suelos está, en primer lugar, influenciada por la cantidad de materia orgánica, quedando la arcilla granulométrica en un segundo plano, tal y como demuestran las siguientes regresiones ($n = 23$):

CIC (cmol/kg) = 1,253(%MO)+7,812	$r = 0,917$	$p < 0,0001$
CIC (cmol/kg) = 0,453(%Arcilla)-0,113	$r = 0,580$	$p = 0,0037$
CIC (cmol/kg) = 1,087(%MO)+0,261(%Arcilla)	$r = 0,989$	$p < 0,0001$

Es destacable que la materia orgánica, a pesar de ser cuantitativamente muy importante y tener una C/N próxima a 10, presenta una capacidad de cambio relativamente baja, con unos 108,7 cmol/kg; por otro lado, las arcillas con 26,1 cmol/kg, deben tratarse de arcillas ilíticas.

La saturación de bases y el pH actual están, para el conjunto de horizontes ($n = 23$),

significativamente correlacionados ($r = 0,88$; $p < 0,01$). Para los horizontes superficiales caracterizados ($n = 10$), la saturación de bases, como sucedía con la CRAD, se correlaciona significativa y negativamente con la producción primaria neta ($r = -0,65$; $p < 0,05$). Los suelos del *Festucion eskiae* y del *Nardion strictae* son ácidos y fuertemente desaturados, debido al régimen de humedad údico,

percolante, que genera una pérdida de bases por lavado en una geoforma estable, de escasa pendiente. Los suelos del *Bromion erecti* y *Primulion intricatae* presentan una saturación de bases intermedia y localmente heterogénea. Los suelos del *Festucion gautieri* tienden a la neutralidad o a la basicidad y están completamente saturados en bases. En este último caso, la presencia de elementos gruesos de naturaleza caliza supone un suministro de carbonato cálcico a la matriz del suelo, que no es completamente lavado del perfil. Con todo, los carbonatos en el resto de los perfiles se presentan en baja proporción, a pesar de que la mayor parte del material parental está constituido por calcilutitas alternantes con calizas, margas y areniscas de cemento calcáreo. Resultados similares han sido obtenidos en otros puntos del Pirineo Central (Badía y Martí, 1999; Broca, 1993; Canals *et al.*, 1995; Sebastià, 1991). Así, Broca (1993), en el valle de Benasque, concluye que los suelos de diversas asociaciones de las alianzas *Nardion strictae* y *Festucion eskiae* son fuertemente ácidos y desaturados en bases, a diferencia de *Bromion erecti*,

donde son ligeramente ácidos y moderadamente saturados en bases mientras que en *Festucion gautieri* son ligeramente básicos y totalmente saturados en bases. De forma similar, se remarca el carácter acidófilo de *Nardion strictae* y *Festucion eskiae* y el basófilo de *Festucion gautieri* en el Pre-pirineo y Pirineo catalán (Sebastià, 1991; Canals *et al.*, 1995).

Génesis y Clasificación de suelos

Los principales procesos formadores en estos suelos son la adición y humificación de la materia orgánica, la meteorización, el empardecimiento y el lavado de carbonatos y bases, procesos definidos en el cercano Pirineo navarro (Iñiguez *et al.*, 1990) y aragonés (Broca, 1993; Badía y Martí, 1999). A diferencia de estos trabajos, no se ha detectado la presencia de argiluvación.

Considerando los parámetros fundamentales para la clasificación de los suelos (saturación de bases, color, materia orgánica, etc) se obtiene un dendrograma que nos muestra, de forma gráfica, la similitud de los mismos (Fig. 1).

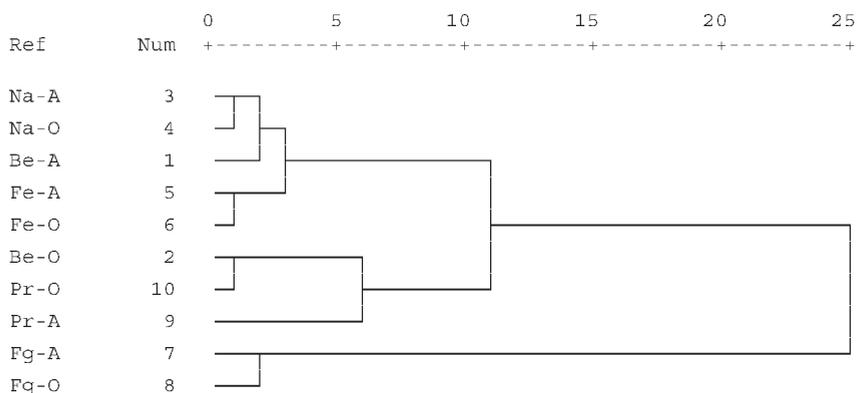


FIGURA 1. Dendrograma de los perfiles de los pastos estudiados: *Nardion strictae* (Na), *Bromion erecti* (Be), *Festucion eskiae* (Fe), *Festucion gautieri* (Fg) y *Primulion intricatae* (Pr), en las localidades de Aísa (A) y Ordesa (O).

La clasificación de los suelos a nivel de unidades, según la Base de Referencia Mundial para los Recursos de Suelos (FAO,

1999), y de subgrupos según *Soil Taxonomy System* (SSS, 1999), se muestra en la tabla 5.

TABLA 5. Clasificación de los suelos de pastos alpinos de Aísa y Ordesa, según la WRB (FAO,1999) y *Soil Taxonom System* (SSS,1999).

ALIANZA VEGETAL- Localidad	WRB (FAO, 1999)	Soil Taxonomy (SSS, 1999)
<i>Nardion strictae</i> -Aísa	Umbrisol lepto-húmico	Dystrocryept lítico-húmico
<i>Nardion strictae</i> -Ordesa	Umbrisol húmico	Dystrocryept húmico
<i>Bromion erecti</i> -Aísa	Phaeozem háplico	Dystrocryept húmico
<i>Bromion erecti</i> -Ordesa	Phaeozem háplico	Eutrocryept húmico
<i>Festucion eskiae</i> -Aísa	Umbrisol húmico	Dystrocryept húmico
<i>Festucion eskiae</i> -Ordesa	Umbrisol húmico	Dystrocryept húmico
<i>Festucion gautieri</i> -Aísa	Leptosol húmico	Cryorthent lítico
<i>Festucion gautieri</i> -Ordesa	Regosol léptico-esquelético	Cryorthent lítico
<i>Primulion intricatae</i> -Aísa	Phaeozem páchico	Eutrocryept húmico
<i>Primulion intricatae</i> -Ordesa	Phaeozem calcárico-esquelético	Eutrocryept húmico

Los horizontes de diagnóstico superficial o epipediones que aparecen en la mayoría de alianzas descritas son ricos en materia orgánica, oscuros y bien estructurados pudiendo clasificarse como móllicos o úmbricos, según la saturación de bases superior o no el 50%. También es frecuente la presencia del horizontes de diagnóstico subsuperficial o endopedión cámbico, horizonte estructurado y con síntomas de alteración, en especial por la movilización o eliminación de carbonatos.

El frecuente horizonte úmbrico o móllico no aparece en la alianza *Festucion gautieri* donde el epipedión no es lo suficientemente oscuro, independientemente de su espesor variable, superpuesto a roca caliza (contacto lítico). Esta alianza, por tanto, se desarrolla sobre una asociación de Leptosoles húmicos y Regosoles lepto-húmicos (esqueléticos y éutricos), según la profundidad a la que aparezca la roca. Ya Broca (1993) observa como la asociación *Seslerio-Festucetum gautieri* en Benasque se desarrolla sobre este mismo tipo de suelos rendziforme. Dado que cumple todos los requisitos para móllico excepto su color, que está en el límite de definición (el

brillo es de 6 en seco y 4 en húmedo), no es descartable la presencia de Leptosoles réndzicos o Phaeozems lepto-esqueléticos en el *Festucion gautieri*. La presencia de delgados endopediones Bw no permite su clasificación como cámbicos por lo que por STS se trataría de Cryorthent líticos, que en condiciones de mayor estabilidad geomorfológica podrían evolucionar a Cryrendolls.

Las alianzas *Nardion strictae* y *Festucion eskiae* combinan el epipedión úmbrico y el endopedión cámbico, clasificándose los suelos como Umbrisoles húmicos (raramente con carácter léptico), equivalentes a los suelos pardos oligotróficos definidos por Broca (1993). Los Umbrisoles son abundantes en el Oeste de la Península Ibérica, aunque las principales superficies las ocupan en las cordilleras sudamericanas y asiáticas (Bridges *et al.*, 1998). La acidez de estos Umbrisoles no constituye una limitación a la producción vegetal puesto que las comunidades pascícolas que albergan son las más productivas.

Los suelos de la alianza *Bromion erecti* poseen epipedión móllico y se clasifican como Phaeozems háplicos por FAO. La

variabilidad en la saturación de bases dentro del perfil supone que en Aísa la STS lo clasifique como Dystrocryept húmico mientras en Ordesa se corresponda con un Eutrocryept húmico. Otras observaciones de los epipediones en esa comunidad y localidad (Badía *et al.*, 2002) ponen de manifiesto que la saturación de bases puede ser inferior al 50% por lo que junto a Phaeozems háplicos pueden encontrarse Umbrisoles húmicos. De todas formas, Broca (1993) considera que los suelos característicos de esta alianza son los suelos pardos eutróficos, equivalentes a los citados Phaeozems. Los Phaeozems son suelos propios de comunidades herbáceas, de zonas relativamente húmedas y templadas, de alta calidad para la producción de pastos. Bridges *et al.* (1998) los considera característicos de las praderas norteamericanas, la pampa sudamericana y la estepa rusa, presentándose a menor escala en el Pirineo (Badía y Martí, 1999; Martí y Badía, 1995) e incluso en ambientes xéricos o áridicos (Badía, 1989; Delgado *et al.*, 2001).

La heterogeneidad en diversas propiedades físico-químicas de los suelos de la alianza *Primulion intricatae* se traslada a la clasificación; así, si bien suelen presentar epipedión móllico sobre un endopedión cámbico, lo que los clasifica como Phaeozems, pueden ser diversas las unidades (páchico, calcárico o háplico) según el espesor del epipedión, la presencia de carbonatos, etc. En cualquier caso se corresponden a Eutrocryepts húmicos por STS.

Hay que recordar que FAO introduce la unidad de los Criosoles con la definición de horizonte crítico que no coincide con el régimen de temperatura crítico (*cryic*) de STS; de ahí que se pueda hablar de Cryepts o Cryorthents en STS que no pertenezcan a la unidad de los Criosoles de FAO (con permafrost), en un ejemplo de la aplicación de términos similares con diferente significado en ambas taxonomías.

CONCLUSIONES

El análisis de los suelos de los pastos de Aísa y Ordesa muestra:

1. Que los suelos de las comunidades del *Nardion strictae* y *Festucion eskiae* se desarrollan sobre Umbrisoles húmicos, suelos de reacción fuertemente ácida y desaturados en bases, con niveles entre moderados y altos tanto de materia orgánica como de capacidad de retención de agua.

2. Que *Bromion erecti* y *Primulion intricatae* se desarrollan sobre Phaeozems, de moderada acidez y saturación de bases. Son suelos con moderada o alta capacidad de retención de agua del perfil edáfico y altos niveles de materia orgánica; se incluyen en diferentes unidades en función de la pedregosidad, el espesor o el contenido en carbonatos.

3. Que los pastos de *Festucion gautieri* crecen sobre suelos de características significativamente distintas al resto, ocupando suelos con escasa e irregular profundidad, elevada pedregosidad, muy baja capacidad de retención de agua, reacción neutra o básica, alta saturación de bases y menor contenido en materia orgánica. Se trata de Leptosoles o Regosoles lépticos, según su espesor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha contado con la financiación del Proyecto AMB97-0990 (Valoración de pastos permanentes), del Plan Nacional de I+D. Agradecemos sinceramente la colaboración de B. Lalueza y L. Vadillo en el trabajo analítico y la del Dr. Otto Spaargaren en los comentarios sobre la clasificación FAO.

REFERENCIAS

Aldezabal, A. (2001). El sistema de pastoreo del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Publicaciones del Consejo de

- Protección de la Naturaleza de Aragón. Zaragoza.
- Badía, D. (1989). Los suelos de Fraga. Cartografía y evaluación. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca.
- Badía, D.; Martí, C. (2002). Caracterización de suelos: métodos e interpretación de resultados. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza.
- Badía, D., Martí, C. Eds. (1999). Suelos del Pirineo Central:Fragen. Huesca.
- Badía, D., Lalueza, B., Vadillo, L., Martí, C., García-Gonzalez, R. (2002). Caracterización edáfica de cinco comunidades pascícolas en los puetos de Aisa y Ordesa (Pirineo Central). *Actas XLII reunión científica de la SEEP*, pp. 147-152. Lleida.
- Basher, L.R., Lynn, I.H. (1996). Soil changes associated with cessation of sheep grazing in the Canterbury High Country, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 20: 179-189.
- Braun-Blanquet, J. (1948). La Végétation Alpine des Pyrénées Orientales. Monografía Estación Estudios Pirenaicos. Jaca.
- Bridges, E.M., Batjes, N.H., Nachtergaele, F.O. (1998). Atlas of World Reference Base for soil resource. Acco ed. Leuven.
- Broca, A. (1993). Caracterización química y físico-química de suelos de pastos del Pirineo Aragonés (Valle de Benasque). Tesis Doc. Fac. de Veterinaria. Zaragoza.
- Canals, R.M., Izquierdo, J., Blanco, R., Olarrieta, J., Sebastià, M.T.(1995). Influencia de los factores edafo-climáticos en la estructura horizontal de algunos pastos alpinos pirenaicos. *XXXV Reunión Científica de la SEEP*, pp. 31-35. Tenerife.
- Delgado, M.J., Ortiz, R., Fernández, M.T. (2001). Caracterización y génesis de Phaeozems desarrollados a partir de rocas volcánicas en ambiente semiárido. *Edafología*, 8: 1-8.
- FAO (1999). World Reference Base for soil resources. World Soil Resources Reports, nº 84 F.A.O.-ISRIC-ISSS. Roma. Ferrer, C. (1981). Estudio geológico, edáfico, y fitoecológico de pastos del valle de Tena (Huesca). Edita Instituto Fernando El Católico. Zaragoza.
- García-González, R., Gómez, D., Remon, J.L. (1991). Structural changes in supra-forestal pastures due to current annual growth and grazing in the Western Pyrenees (Spain). *IV th Int Rangeland Congress*. pp. 122-126. Montpellier.
- Haynes, R.J., Williams, P.H. (1993). Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, 49: 119-199.
- IGME (1982). Mapa geológico de España. Hoja 178. Ministerio de Industria y Energía. 60 pp.+ mapa. Madrid.
- Iñiguez, J., Sánchez-Carpintero, I., Val, R.M., Garjón, S., Vitoria, G., Peralta, J. (1990). Mapa de suelos de Navarra. Hojas 117, 118 y 91 bis. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra. Pamplona.
- Labroue, L., Tosca, C. (1977). Dynamique de la matière organique dans les sols alpins. *Bull. Ecol.*,8 (3): 289-298.
- Marinas, A., García-González, R., Gómez-García, D. (2002). Valoración forrajera de los pastos de *Festuca gautieri* (Hackel) K. Richt en el Pirineo aragonés. *Actas XLII reunión científica de la SEEP*, pp. 251-256. Lleida.
- Martí, C., Badía, D. (1995). Characterization and classification of soils along two altitudinal transects in the Eastern Pyrenees (Spain). *Soil Research and Rehabilitation*, 9: 367-383.
- Ministerio de Agricultura (1974). *Mapa de cultivos y aprovechamientos*. E. 1:50.000. Hojas: 118, 144 a 148 y 176 a 180. Madrid.
- Montserrat, P., Fillat, F. (1990). The systems of grassland management in Spain. In:

- Managed grasslands*, pp. 37-70. A. Breymeyer (ed.). Elsevier. Amsterdam.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. 2ª edición. Madrid.
- Piekowski, M.W., Bignal, E.M., Galbraith, C.A., Stillman, R.A., Boobyer, M.G. (1996). A simplified classification of land type zones to assist the integration of biodiversity objectives in land-use policies. *Biol. Conserv.*, 75: 11-25.
- Quémener, J. (1985). L'interpretacion des analyses. *Cultivar*, 22: 107-117.
- Remón Aldabe, J.L. (1997). Estructura y producción de pastos en el Alto Pirineo Occidental. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias de la Universidad de Navarra.
- Remón, J.L., Gómez, D. (1989). Plant communities and its altitudinal distribution in the Aisa's summer range (Central Pyrenees). *Acta Biologica Montana*, 9: 283-290.
- Rivas-Martínez, S. (1991). Vegetación del Pirineo occidental y Navarra. *Itinera Geobotanica*, 5: 189-201.
- Saña, J., Moré, J.C., Cohí, A. (1996). *La gestión de la fertilidad de los suelos*. MAPA. Madrid.
- Sebastià, M.T. (1991). Els prats alpins prepirinencs i els factors ambientals. 351 pp. Tesis Doctoral. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona.
- SSS. (1999). Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Survey Staff. 2nd ed. USDA-NRCS. Washington.
- SPSS. (1999). SPSS Base 9.0: User's guide. SPSS Inc., Chicago Illinois.
- Villar, L., Benito, J.L. (1994). Esquema de la vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, más su zona periférica. *Lucas Mallada*, 6: 235-273.