



CARTOGRAFIA DE SÒLS DE LA VALL DEL MADRIU (PRINCIPAT D'ANDORRA, PIRINEUS ORIENTALS)

J. Palomar (1), X. Ros (2) i V. Turu (3)

(1) Geoterna SL, Consultoria científica i tècnica, C/Juvenal, 36 bxs. local 1, 08206 Sabadell. jordi.palomar.geoterna@gmail.com

(2) Consultoria Geologica de la Jacetania SLU, Afueras 3, 22760 Bailo. Huesca. xros@icog.es

(3) Fundació Marcel Chevalier, Av. Príncep Benlloch 66-72, AD 500 Andorra la Vella, Principat d'Andorra; igeofundacio@andorra.ad

Abstract (Soil cartography of the Madriu valley, Principality of Andorra, Southeastern Pyrenees):

Since 2004 the Madriu valley is on the UNESCO world Heritage list. This cartography was included on the candidature documentation and has been unpublished since now. In essence 31 Km² has been mapped following the FAO's soil legend (the 6,5% of Andorra), supported by 38 pits ranging altitudes from 1600 m to 2700 m and collecting an amount of 0,5 Tn in samples for soil analysis. Now is possible to say that regosoils and leptosoils are the most present soils in the mapped area, nevertheless fluvisols, histosols and gleysoils are also present but limited to the bottom of the valley and glacial cirques. Is important to notify that antroposoils has been observed in places where ancient charcoal pits were made and are useful to know about the anthropization of the valley.

Paraules clau: Cartografia FAO, antropòsols, erosió, acció antròpica

Key words: FAO soil mapping, antroposoils, erosion, anthropical influence

OBJECTIUS

Els objectius principals d'aquest treball foren el d'obtenir uns coneixements bàsics de la cobertura edàfica de la conca que permetin millorar-ne la gestió, fent compatibles els usos turístics que s'hi duen a terme amb la conservació del medi natural. En aquest sentit es va fer un mapa de sòls a escala 1:10.000, on els pedions descrits s'han classificat mitjançant l'aplicació de la versió en castellà de la llegenda revisada del Mapa Mundial de Sòls de la FAO (1990).

SITUACIÓ I DINÀMICA ACTUAL

Amb una superfície d'uns 42,47 Km² les valls del Perafita-Claror i el Madriu representen prop del 9% de la superfície del Principat d'Andorra, se situa al SE del País i la conca hidrogràfica tributa al riu Valira d'Orient (Les Escaldes, 1080 m). Aquestes valls tenen un origen glacial i presenten abundants dipòsits associats a les fases de deglaciació i del Tardiglacial. El riu Madriu es capta a Ramio (1621 m) i s'utilitza com recurs hidroelèctric portant l'aigua fins a l'Estany d'Engolasters per mitjà d'un túnel d'uns 5 quilòmetres que travessa la Tossa del Braibal. El riu de Perafita-Claror és tributari del riu Madriu i les seves aigües són captades per aigua de boca a la Ctra de La Plana (1240 m). Al peu del Pic de Pessons (2864 m) s'emplaça un dels estanys més grans del Principat, l'estany de l'Illa (2518 m) amb una superfície d'unes 13 Ha i que s'utilitza per regular el cabal del riu Madriu. La cartografia de sòls s'ha centrat en la part de la vall drenada pel riu Madriu, de litologia exclusivament granítica, deixant el sector de Perafita-Claror per una segona fase donada la seva complexitat litològica (granit i metasediments paleozoics).

Pel que fa referència a la dinàmica dels vessants, les allaus tenen una especial incidència a les solanes de Ràmio, Fontverd, La Farga i l'Estall Serrer (Becat, 1983), essent ben visibles els seus efectes destructius a la Canal de la Bova, a la solana entre l'Estall i Fontverd com també la part baixa del vessant contrari. La fosa primaveral del mantell nival

i les allaus han desencadenat diverses esllavissades del sector de Gargantillar. En la capçalera (Port de Vall Civera) els processos d'incisió i d'erosió remuntant són producte dels fluxos que resulten de la fosa del mantell nival (Gómez, 1990). Petites esllavissades d'origen incert situades en àrees poc inclinades i al peu de relleus més o menys abruptes han estat observades puntualment a l'est de l'Estany Forcat i al sud de l'Estany de l'Illa. A la Costa Verda i a La Muga s'observa una inestabilitat dels vessants generalitzada, la qual es manifesta en forma d'esllavissades i altres morfologies de detall.



Fig 1: Prats de dall de Ràmio. L'escarpada Obaga del Bony resta a l'ombra la major part de l'any segons el mape de radiació solar efectuat prèviament a l'estudi dels sòls.

METODOLOGIA

En una primera fase de treballs de gabinet s'ha efectuat l'estudi de la informació cartogràfica i topogràfica de la zona, així com la interpretació de fotografies aèries. Així s'ha pogut definir diferents unitats de paisatge tenint en compte factors diversos: geomorfologia (tipus de formacions i dinàmica actual), topografia (altitud, pendent, orientació i tipus de vessant), vegetació i geologia. Per realitzar aquesta tasca s'ha utilitzat fotografies aèries que formen part de les bandes 9, 10 i 11 de la sèrie a escala 1/16000 de l'any 1972, així com els fulls n^o14,

15 i 19 de la sèrie de mapes topogràfics a escala 1: 10.000 editada l'any 1976. A partir de la interpretació de les fotografies aèries i del reconeixement de camp posterior s'ha distingit a la vall del Madriu quatre grans àrees:

- 1) Tram comprès entre el pont Sassanat i l'extrem occidental de l'Estall Serrer
- 2) La zona de l'Estall Serrer, el Pla de l'Inglà i els Orris de Setut
- 3) Sector septentrional de Gargantillar
- 4) Sector meridional dels circs de Setut i l'Estall Serrer

Els treballs de camp han consistit en la descripció de 38 pedions representatius i la recollida de 48 mostres corresponents a 19 pedions. En tots els casos la quantitat de mostra recollida ha estat d'uns 2,5 Kg per pedió mostrejat (0,5 Tones), havent de ser transportat amb cavalls fins a l'accés rodat d'Engolasters passant per Coll Jovell. Els treballs de laboratori s'han dut a terme seguint la metodologia fixada pel Ministerio Español de Agricultura, Pesca y Alimentación espanyol i el Departament d'Agricultura dels EUA (USDA).

CARACTERÍSTIQUES I PROCESSOS EDÀFICS

A partir de les dades meteorològiques disponibles (Mateo, 1993) s'estima que als sòls de les parts més baixes de la vall predomina un règim de temperatures mésic, tot i que no pot descartar-se la presència del règim frígid a l'obaga. A cotes superiors poden donar-se els règims frígid i criic, prenent protagonisme el darrer a les parts més altes. Quant als règims d'humitat s'estima que predomina del règim ústic per sota de la cota dels 1500 metres i la dels règims údic i perúdic per damunt d'aquella altitud. De forma puntual també deu trobar-se el règim àqüic.

Pel fet de derivar d'un substrat format per roques silíciques àcides sotmeses a una forta alteració física, els sòls de la vall del Madriu tenen generalment textures arenoses, dominant el quars des del punt de vista mineralògic, els feldspats i les miques. L'alteració química hi actua moderadament i afecta principalment els feldspats i les miques. En el primer cas s'alliberen bases alcalines i alcalinotèrries que són rentades o il·lucionades amb facilitat, quedant una part retinguda pel complex d'intercanvi, mentre que en el segon es produeix l'alliberament de petites quantitats d'òxids de ferro.

Donat el predomini de la textura arenosa i d'acord amb Johnson (1979) aquests sòls tenen generalment permeabilitats altes i baixa capacitat per retenir l'aigua, poca superfície específica i escassa capacitat d'emmagatzematge de nutrients. Presenten a més una baixa compacitat i ofereixen una dificultat mitjana als treballs agrícoles.

RESULTATS ANALÍTICS

En els 19 pedions analitzats la salinitat és baixa, havent-se constatat un clar predomini de valors inferiors a 0,1 dS/m en les mostres analitzades. Pel que fa a la concentració d'ions hidròni (H_3O^+) o reacció àcido-bàsica, les anàlisis practicades

mostren que el pH tendeix a ser baix, predominant els valors del pH en solució aquosa d'entre 5 i 6 i en solució salina d'entre 4 i 4,5. Pel que fa a la concentració d'ions hidròni (H_3O^+) o reacció àcido-bàsica, les anàlisis practicades mostren que el pH tendeix a ser baix, predominant els valors del pH en solució aquosa d'entre 5 i 6 i en solució salina d'entre 4 i 4,5. Els continguts de carbonat de calci equivalent i actiu són baixos, en cap cas els primers han estat superiors al 4%, i gairebé la meitat de les mostres tenen un percentatge inferior al 2%. Pel que fa a la calcària químicament activa en cap cas s'ha assolit valors superiors al 1%. El contingut de matèria orgànica acostuma a disminuir en profunditat perquè la seva font principal és la vegetació. La mitjana dels continguts de matèria orgànica oxidable dels horitzons A analitzats és del 5,8%. Gairebé totes les determinacions de la capacitat d'intercanvi catiònic (CIC) practicades indiquen valors inferiors a 40 meq/100 g, sent nombrosos els valors compresos entre 10 i 20 meq/100g; la mitjana més elevada de 16,8 meq/100g correspon als horitzons A superficials. Respecte als percentatges SB predominen els valors de saturació de bases inferiors al 50%, sent la mitjana de les mostres analitzades del 23,3% mentre que la dels horitzons A superficials és del 33,4%; cal tenir en compte que les saturacions reals deuen ser inferiors a les estimades donat que en el seu càlcul s'ha emprat els continguts en cations extraïbles, una part dels quals no ocupaven llocs d'intercanvi pel fet de trobar-se a la solució.

Els processos de mineralització o descomposició de la matèria orgànica no són gaire afavorits a la vall, especialment sota els boscos de coníferes i les landes. És per aquesta raó que sobre els sòls d'aquestes comunitats vegetals acostumen a formar-se acumulacions de virosta. Altres acumulacions de matèria orgànica són les que es donen a les àrees mal drenades en les que es formen potamolls o mulleres. Bona part de la capacitat d'intercanvi catiònic (CIC) dels sòls del Madriu ha de ser atribuïda a la matèria orgànica donats els baixos continguts en argiles. Els majors continguts de cations disponibles es troba als horitzons A superficials, destacant el calci i el magnesi, així doncs malgrat correspondre les capacitats d'intercanvi catiònic més elevades als horitzons superficials són aquests els que també presenten majors percentatges de saturació de bases (%SB).

ELS PEDIONS

No s'han dut a terme observacions micromorfològiques per la qual cosa la il·lució tan sols es pot apuntar com a possible mecanisme responsable del fenomen de mineralització. El règim percolant i l'acidesa de l'humus poden explicar algunes translocacions observades.

El pedió n^o2 (Roc de l'Estall, 1820 m) ha estat classificat com un podsòl, on l'horitzó Bh s'acumulació de matèria orgànica i ferro s'hauria desenvolupat per la translocació de complexos organometàl·lics constituïts per ferro i els compostos de la fracció més àcida de l'humus.



Fig. 2: Roc de l'Estall. El sòcol granític apareix polit i estriat per l'acció de la glacera. Situació del pedió nº2 (1820 m), classificat com un Podsòl (FAO, 1990). A la seva base s'hi ha trobat un dipòsit d'escàs gruix, compacte i de textura franco-llimosa, d'un till subglacial.

En el cas del pedió nº31 (Fontverd, 2000 m) la matèria orgànica associada al ferro podria haver-se descompost parcialment. En els pedions nº8 (Coll de la Canal dels Isards, 2770 m) i nº22 (camí del Port de Setut, 2400 m) podrien haver-se dipositat en zones separades el ferro i la matèria orgànica, havent-se detectat únicament les acumulacions d'aquesta última.

Tan sols en el cas del pedió nº24, situat al Pla de l'Inglà a una altitud de 2210 metres, s'ha constatat un lleuger enriquiment subsuperficial d'argila associat a un cert increment de la matèria orgànica.

LLEGENDA UTILITZADA

L'aplicació de les unitats de sòls definides per aquest organisme internacional a un treball de les característiques del que aquí es presenta compta amb diversos inconvenients i avantatges, als quals tot seguit es fa una breu referència.

En el propi text de la FAO s'indica que la llegenda no està prou desenvolupada com per constituir avui un sistema taxonòmic de classificació de sòls com el *Soil Taxonomy System* de la USDA. En la versió citada es consideren 28 grups principals que agrupen un total de 153 unitats de sòls. Tot i els desavantatges de la llegenda enfront del *Soil Taxonomy System* per a la realització de cartografies de gran escala les unitats de la FAO són d'aplicació molt simple, destacant el fet que no cal tenir en compte criteris climàtics que sovint són d'estimació difícil per tal de poder-la aplicar. Tant la llegenda del mapa de sòls de la FAO com el *Soil Taxonomy System* tenen en compte tot un seguit de propietats, observables i mesurables de forma objectiva, per tal de definir els anomenats horitzons de diagnòstic. Les definicions dels horitzons de diagnòstic que s'exposen a la revisió de la llegenda del mapa mundial de la FAO són versions resumides i/o simplificades de les que conté el *Soil Taxonomy System*. Tot i l'adopció dels horitzons de diagnòstic la llegenda també té en consideració la clàssica

designació d'horitzons genètics en les denominacions, distingint els horitzons principals H, O, A, E, i B i les capes C i R.

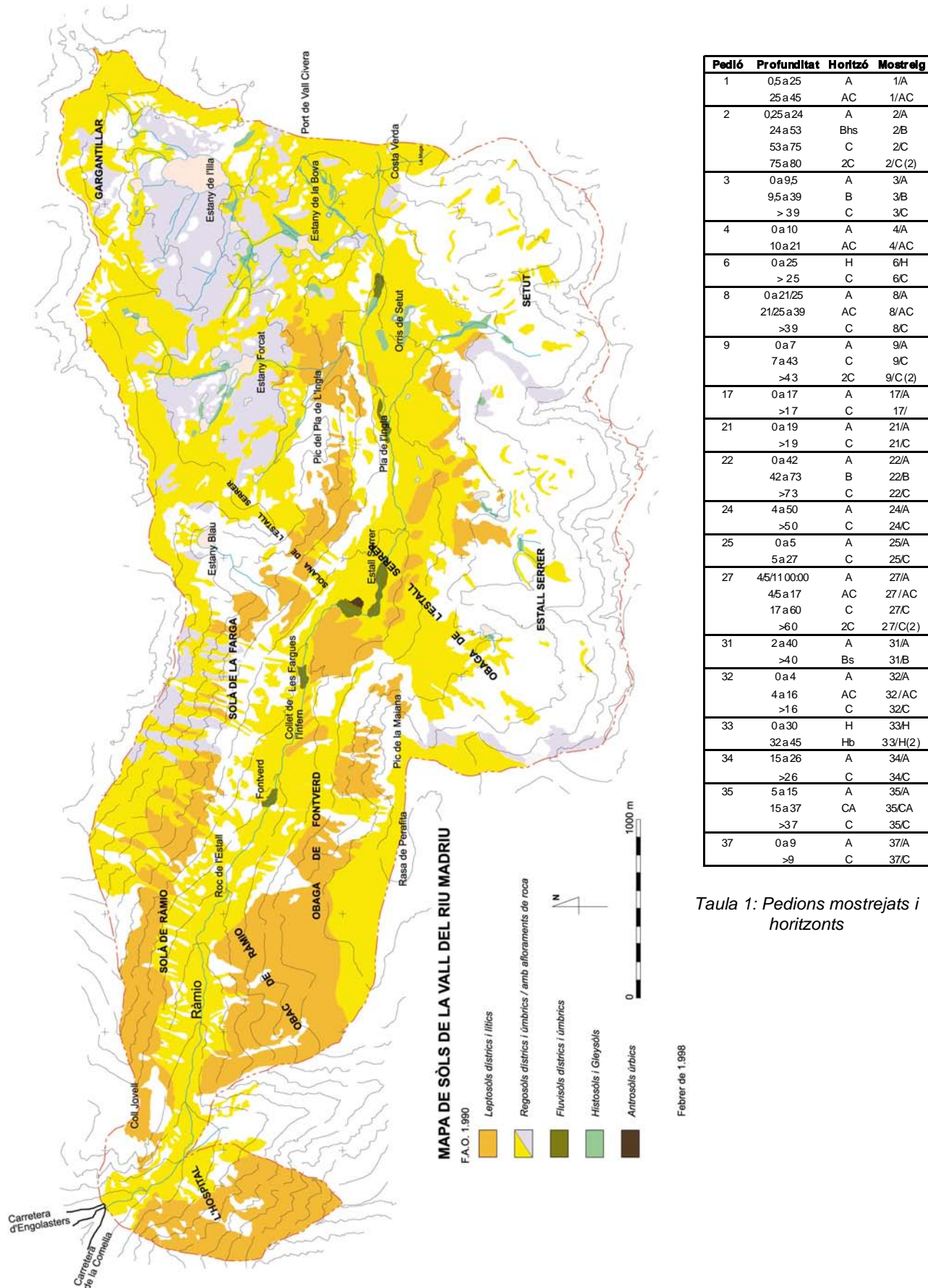
MAPA DE SÒLS

S'ha cregut convenient que en la cartografia adjunta s'hi representi no tan sols els diferents tipus de cobertura edàfica identificats, sinó també els diversos substrats; els primers representats per colors mentre que els segons per trames. Pel que fa als substrats a més del sòcol rocós, format principalment per granitoides, s'ha distingit diverses menes de dipòsits sedimentaris, a saber: dipòsits d'origen glacial, dipòsits d'origen periglacial, dipòsits de vessant i dipòsits al·luvials. Hi ha parts del mapa en que hi apareix una de les trames sense color, volent donar-se a entendre amb això que en aquestes àrees la cobertura edàfica és inexistente o gairebé restant el substrat de forma majoritària al descobert.

D'acord amb les definicions de la llegenda de la versió en castellà del mapa mundial de sòls de la FAO a la vall del Madriu estan majoritàriament representats els grups dels Regosòls i dels Leptosòls. També hi són, encara que ocupant superfícies molt inferiors, els Fluvisòls així com els Histosòls i Gleysòls. Sobre els dipòsits d'origen glacial i periglacial, així com sobre els dipòsits de vessant, es desenvolupen generalment Regosòls dístrics i úmbrics. On el sòcol granític resta al descobert s'hi dona la presència predominant de Leptosòls dístrics i lítics. Els Fluvisòls dístrics i úmbrics ocupen principalment aquells trams del fons de la vall en que és important la dinàmica al·luvial, produint-se freqüents aportacions de nous sediments durant les crescudes. Histosòls i/o Gleysòls ocupen les planes mal drenades del fons dels circs i de la vall del corrent principal. Cal esmentar finalment la presència puntual d'Antrosòls úrbics a l'Estall Serrer, desenvolupats a partir de restes d'antigues carboneres que podrien haver proveït de combustible la propera Farga d'Andorra situada al Pla de la Farga.



Fig. 3: Pedió nº25 al Pla de l'Inglà (2180 m), classificat com un Fluvisòl dístric.



Pedó	Profundtat	Hortzó	Mostrelg
1	05a25 25a45	A AC	1/A 1/AC
2	025a24 24a53 53a75 75a80	A Bhs C 2C	2/A 2/B 2/C 2/C (2)
3	0a95 95a39 >39	A B C	3/A 3/B 3/C
4	0a10 10a21	A AC	4/A 4/AC
6	0a25 >25	H C	6/H 6/C
8	0a21/25 21/25a39 >39	A AC C	8/A 8/AC 8/C
9	0a7 7a43 >43	A C 2C	9/A 9/C 9/C (2)
17	0a17 >17	A C	17/A 17/
21	0a19 >19	A C	21/A 21/C
22	0a42 42a73 >73	A B C	22/A 22/B 22/C
24	4a50 >50	A C	24/A 24/C
25	0a5 5a27	A C	25/A 25/C
27	45/1100:00 45a17 17a60 >60	A AC C 2C	27/A 27/AC 27/C 27/C(2)
31	2a40 >40	A Bs	31/A 31/B
32	0a4 4a16 >16	A AC C	32/A 32/AC 32/C
33	0a30 32a45	H Hb	33/H 33/H(2)
34	15a26 >26	A C	34/A 34/C
35	5a15 15a37 >37	A CA C	35/A 35/CA 35/C
37	0a9 >9	A C	37/A 37/C

Taula 1: Pedions mostrejats i horitzonts

Fig. 4: Cartografia de sòls de la vall del Madriu

CONCLUSIONS

Per les seves característiques topogràfiques i climàtiques la vall del Madriu té una dinàmica natural intensa generadora de processos erosius de caire divers. Les activitats humanes seculars poden haver influït en el seu desenvolupament, a més de desencadenar-ne d'altres. En general els sòls estan ben protegits en front de l'erosió hídrica pel recobriment efectuat per la pròpia vegetació i per les capes de virosta que sovint s'acumulen a la superfície. Són diversos els processos, però, que poden actuar deixant al descobert el mantell edàfic. Si això s'esdevé tan sols els horitzons A superficials tenen certa capacitat de resistir-se a l'erosió hídrica, i si aquests són destruïts la regeneració posterior del sòl és ja molt difícil. En alguns trams el camí principal de la vall (GR7 i 11) discorre per vessants de fort pendent i ha desencadenat certes inestabilitzacions (Collet de l'Infern a una altitud d'uns 1930 metres). En aquest sentit fer esment que les àrees afectades per esllavissades i d'erosió remuntant que es donen a la capçalera (sector de Gargantillar, Costa Verda, La Muga i Port de Vall Civera) comprometen la regeneració del sòl en restar aquest sense cap tipus de protecció en vessants de fort pendent, però també s'ha observat que la circulació ocasional de motocicletes ha originat xaragalls a les parts baixes de Fontverd i del Pla de l'Inglà. És important evitar que en totes aquestes àrees s'hi pasturi i, per descomptat, que s'hi circuli amb cap mena de vehicle; però també caldria revisar els murs de pedra seca d'Entremesaigües, Ràmio i Fontverd (els quals puntualment s'han enfonsat) donat que a través dels seus esvorancs pot canalitzar-se l'escolament superficial tot donant lloc a xaragalls. Per tal d'evitar que les incisions puguin seguir creixent convindria dur a terme el seu reompliment amb materials adients (esglaonaments amb elements naturals, revegetació, afavorir el drenatge). Evitar o controlar si més no la circulació motoritzada a través dels calms culminals (Camp Ramonet, Camp Claror, Tossa Plana de Lles, Estany de la Pera) és una mesura de prevenció de l'erosió molt efectiva, ja que això té greus conseqüències per a la seva cobertura edàfica tal com ja va posar de manifest Bernard (1987) al sector de la Rabassa.

Pel que fa referència a la cartografia de sòls efectuada d'acord amb les definicions de la llegenda de la versió en castellà del mapa mundial de sòls de la FAO, a la vall del Madriu estan majoritàriament representats els grups dels Regosòls i dels Leptosòls. També hi són, encara que ocupant superfícies molt inferiors, els Fluvisòls així com els Histosòls i Gleysòls. Els Regosòls dístics i úmbrics ocupen els principals dipòsits sedimentaris, tant als vessants com al fons dels circs, mentre que els Bernard, L. (1987) *Recerques geomorfològiques sobre els plans del sud d'Andorra*. Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Perpinyà. Andorra (Principat d'Andorra), 126 pp.

FAO-Unesco (1990) *Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos*. 60. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma (Italia), 142 pp.

Gómez, A. (1990). Mapa geomorfològic de la vall del Madriu. Formes glacials i periglaciàles. *Annals de l'Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Barcelona*, 13-34

Fluvisòls dístics i úmbrics ocupen els fons de la vall on la dinàmica al·luvial és important. Histosòls i/o Gleysòls ocupen les planes mal drenades del fons dels circs i de la vall del corrent principal. Els Leptosòls dístics i lítics es troben presents de forma generalitzada en els indrets on el sòcol granític resta al descobert. Cal esmentar finalment la presència puntual d'Antrosòls úrbics a l'Estall Serrer, desenvolupats a partir de restes d'antigues carboneres que podrien haver proveït de combustible la propera Farga d'Andorra situada al Pla de la Farga.

Mostra	Textura	Color	Arena	Llms	Argiles	MO	CO	C/N	P
1/A	F-Ar	10YR	68,5	27,8	3,7	0	0	16	15
1/AC	Ar-F	10YR	76,3	21	2,7	0	0	1	20
2/A	F-Ar	7,5YR	63,3	29,9	6,8	6,1	3,6	14,8	8
2/Bhs	Ar-F	10YR	48,3	15,4	6,3	8,4	4,9	30,5	5
2/C	F-Ar	2,5Y	67,3	30	2,7	1,3	0,8	18,9	3
2/2C	F-L	2,5Y	47,6	51	1,4	2	1,2	23,3	3
3/A	F-A-Ar	2,5Y	47,9	24,2	27,9	0	3	10	11
3/B	Ar-F	5Y	82,9	13,5	3,6	0	6	3	16
3/C	Ar	10YR	96,7	2,6	0,7	0	0	6	16
9/A	F-A	2,5Y	39,2	34,2	26,6	0	0	12,2	13
9/C	F	2,5Y	42,3	31,7	26	0	0	13,3	13
9/2C	F-Ar	2,5Y	75,8	14,6	8,9	0	1	10,8	14
17/A	Ar-F	2,5Y	73,8	22,5	3,7	0	0	15,4	2
17/C	F-Ar	2,5Y	66,7	25,6	3,7	0	0	11,6	4
21/A	A-L	10YR	71,8	21,9	6,3	0	<2	14,1	4
21/C	Ar-F	2,5Y	78,8	15	6,2	0	0	9,7	9
22/A	F-Ar	2,5Y	59,2	26,1	14,7	0	1	11,2	8
22/Bh	F-Ar	2,5Y	60,6	32,4	7	0	1	16	6
22/C	Ar-F	10YR	78,8	17,2	4	0	1	16,1	8
			%	%	%	%	%		

Taula 2: Alguns dels paràmetres analitzats de pedions representatius a la vall del Madriu. Pedió 1, 2 i 3 transecte altitudinal pel fons de la vall. Resta de pedions transecte solana-obaga a la part alta de la vall del Madriu. La textura es subdivideix segons *Trudgill (1989)* en Franca (F), Argilosa (Ar), Llimosa (L) i Arenosa (A). Els colors dels horitzons s'han efectuat segons la guia *Munsell (1994)*. Els continguts granulomètrics s'han diferenciat entre arenes, llms i argiles, aquestes darreres per per sedimentació. Entre els paràmetres químics determinats s'exposen aquí la matèria orgànica (MO), el contingut en monòxid de carboni (CO), la relació carboni/nitrògen (C/N) i el contingut en fòsfor.

Agraïments

Aquest estudi fou efectuat amb el suport del Comú d'Escaldes-Engordany. L'estudi dels sòls de la vall del Madriu es dugué a terme a l'any 1997 i ha romàs inèdit fins avui. Aquest treball fou inclòs en la documentació per la candidatura de la Vall del Madriu com a Patrimoni de la Humanitat per la UNESCO, fet que succeí al 2004.

Referències bibliogràfiques

- Becat, J. & equip d'autors (1983) *Andorra. Zones d'allaus i medi natural. Vall del Madriu*. Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Perpinyà. (Inèdit).
- Johnson, L.J. (1979) *Introductory Soil Science*. MacMillan Publ. Co. Inc., New York: (EEUU), 289 pp.
- Mateo-García, M. (1993) Introducció a l'estudi del règim tèrmic de la Vall del Madriu. *Annals Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Barcelona*, 29-45.
- Munsell (1994) *Munsell Soil Color Charts*. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, USA
- Trudgill, S. (1989) *Soil Types. A Field Identification Guide*. Reprinted from *Field Studies*, Field Studies Council. (Ed.), NY (USA) Vol. 7, No. 2: 337-363 pp.