
This is the **published version** of the treball de recerca:

Martí Dalmau, Clara; Alcañiz, Josep M. , dir. Gènesi i classificació dels sòls de l'Alta Garrotxa : caracterització a partir de dues toposequències representatives. 1992. 95 pag. (Programa de doctorat en Ciències Biològiques)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/302652>

under the terms of the  license

2095/92
1118/0



Biblioteca de Ciències

GÈNESI I CLASSIFICACIÓ DELS SÒLS DE L'ALTA GARROTXA

**Caracterització a partir de dues toposequències
representatives.**



Universitat Autònoma de Barcelona

**Clara Martí i Dalmau
Bellaterra, juny de 1992.**

INDEX

1- INTRODUCCIÓ

1.1- Evolució dels models edafogenètics	1
1.2- Influència dels factors formadors en el sòl	3

2- OBJECTIUS I PLANTEJAMENT

3- MEDI FÍSIC

3.1- Situació geogràfica	12
3.2- Geologia-litologia	13
3.3- Topografia	15
3.4- Clima	15
3.5- Vegetació	20

4- MÈTODES

5- TIPOLOGIA DELS SÒLS

5.1- Toposeqüència calcària - Mare de Déu del Mont	25
5.2- Toposeqüència silícica - Rocabruna-Montalgars	31
5.3 - Característiques micromorfològiques	39

6- CLASSIFICACIÓ DELS SÒLS

6.1- Sistema Americà - Soil Taxonomy System	47
6.2- Sistema FAO	50
6.3- Sistemàtica Francesa AFES	52

7- PROCESSOS

8- SÍNTESI

9- BIBLOGRAFIA

10-GLOSSARI

11- ANEXE

- Simbologia perfil	73
- Descripció dels perfils, resultats analítics	74

1- INTRODUCCIÓ

1.1-Evolució dels models edafogenètics:

El sòl constitueix un sistema dinàmic, obert i complex. L'estudi de la seva formació (edafogènesi) s'ha dut a terme des de diverses perspectives.

Els models edafogenètics actuals intenten organitzar, simplificar i enumerar els factors que afecten al sistema - sòl o bé els processos que tenen lloc en aquest sistema.

Al llarg del temps s'han realitzat molts models per explicar la gènesi del sòl. Segons Dijerkman (1974) poden ser agrupats en tres blocs d'aproximacions generals:

- Models funcional-factorials
- Models de Sistemes-processos-fluxes (sistemes dinàmics)
- Models de síntesi dels dos anteriors (model energètic)

Els models *factorial-funcional*, expliquen les característiques del sòl en termes de variables externes, introduint però, alguns detalls de la seva dinàmica. El model més conegut i utilitzat és el de *l'anàlisi del factor estat*, sistema amb una perspectiva ambiental proposat per Jenny (1941). Aquest model realitza una aproximació matemàtica considerant el sòl com una funció de cinc paràmetres que defineixen el seu estat i la seva història. Són els *factors d'estat*. Els sòls es desenvolupen progressivament sota la influència dels factors ambientals i passen d'una forma simple a una de complexa.

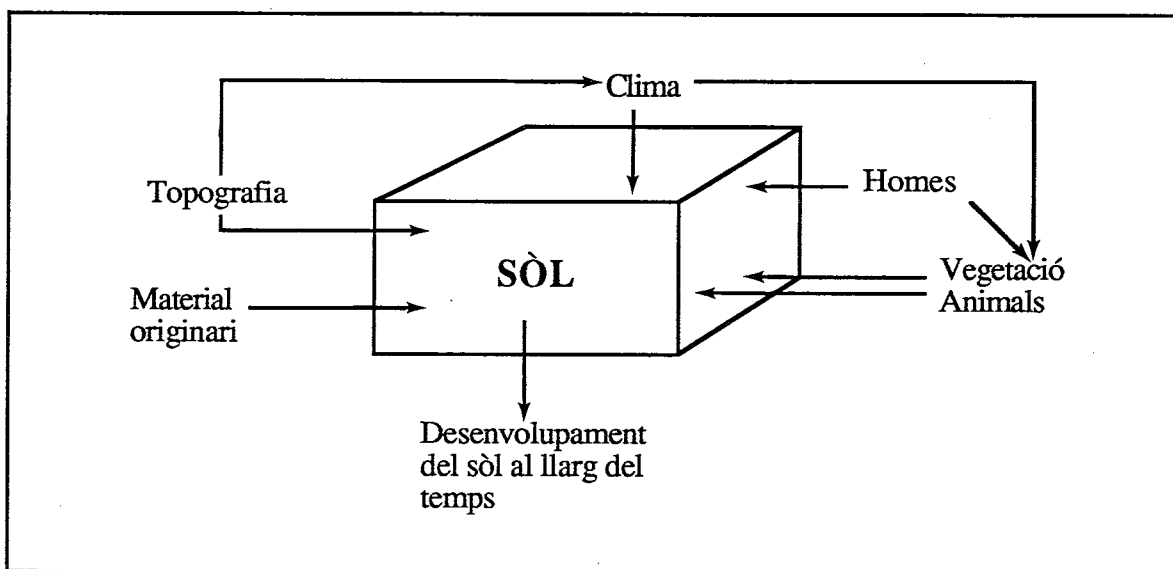


Fig. 1- Esquema definitori del concepte sòl

Jenny considerà els quatre factors ambientals proposats per Docuchaev (1898): clima, organismes, topografia i litologia, però hi afegeix el temps i uns altres factors subsidiaris independents a la formació del sòl.

L'expressió d'aquest model bé donada per la següent equació:

$$S = f (cl, o, r, p, t \dots\dots)$$

On *cl* correspon al clima, *o* als organismes, *r* a la topografia, *p* al material originari i *t* al temps de formació del sòl.

Aquests factors defineixen el sistema-sòl en termes de variables que controlen les característiques del sistema i no en termes dels processos actius que tenen lloc en els sòls.

L'equació plantejada és de variables independents, fet que fa difícil de resoldre-la si tots els factors varien a la vegada. Una solució a aquest problema va ser proposar equacions diferents per cada un dels factors. Al fer això, un factor pot variar mentre els altres romanen contants, definint-se la climofunció, biofunció, topofunció, litofunció i cronofunció; podent-se determinar la dependència d'una propietat del sòl per un factor determinat.

Malgrat es consideri que cada un dels paràmetres és independent, hi ha certs problemes ja que tots estan relacionats d'alguna manera.

Aquest model va ser modificat posteriorment (1961) per adaptar-lo a condicions més generals. Es va reduir l'expressió a tres factors: l'estat inicial del sistema (*Lo*), potencials externs de fluxe (*Px*) i els anys del sistema (*t*), refent-se l'equació:

$$S = f (Lo, Px, t)$$

Dins els models de gènesi que consideren el sòl com un sistema dinàmic, cal destacar el proposat per Simonson i els de Yaalon.

Simonson (1959) va definir un sistema-procés en el que el sòl és el resultat de dos estadis consecutius. Un primer estadi d'acumulació del material originari i un segon estadi de diferenciació dels horitzons degut a la interacció de quatre grups de processos:

Addicions / Pèrdues

Translocacions / Transformacions

Segons aquest autor l'actuació d'aquests processos és simultània en tots els sòls. Les diferències entre ells a l'estat final estan regides pel balanç o grau d'actuació dels entre els quatre grups de processos que hi intervenen.

Un altre tipus de model dinàmic (proposat per Yaalon & Rulleman, 1971) és el que reconeix que l'evolució de les característiques pedogenètiques d'un perfil, podran una vegada desenvolupades, afectar a processos de feedback, i alterar el subsegüent curs edafogenètic redirigint la gènesi del sòl segons diferents patrons edafogenètics alternats, incluint els que són de desenvolupament o els que produeixen una regressió (Blumm & Ganssen, 1972).

El *model energètic* proposat per Runge (1973) és una fusió del model factorial i el dinàmic; redefineix els factors formadors expressats per Jenny però no els hi confereix a tots les mateixes característiques, ja que cada un d'ells presenta un rang d'actuació diferent. Enfatitza en dos factors prioritaris (que tenen una intensitat més elevada en el sòl); defineix el factor *w*: aigua disponible per al lixiviat, resultat de la combinació del clima i el relleu, el factor *o*: producció de matèria orgànica, resultat de la combinació de litologia i vegetació i el temps. Ho expressa segons:

$$S = f(o, w, t)$$

La intensitat dels factors està condicionada pel nombre i capacitat d'aquests, així l'aigua de lixiviat està condicionada per la durada i la freqüència de la pluja, entre d'altres paràmetres i la producció de matèria orgànica està condicionada pels nutrients i les característiques de la vegetació.

En aquest model es dóna importància als processos actius del sòl. L'aigua utilitza energia gravitacional i és el principal vector organitzatiu mentre que la matèria orgànica per mitjà d'energia radiant, és el vector renovador o enlentidor de la dinàmica edafogenètica.

Un altre tipus de model que difereix molt dels models anteriors és el que va proposar Hugget (1975). En aquest cas es defineixen els fluxes de material que es produeixen a través del sistema-sòl. La proposta per definir-los és per mitjà d'una conca de drenatge, confeccionant una unitat de base tridimensional constituïda per un sistema sòl-paisatge.

És un model que permet tenir en compte processos geomorfològics de moviments tangencials a la superfície, fins ara exclosos dels altres models on només es consideraven els moviments verticals.

El sistema sòl-paisatge és conduït per un fluxe constant de material i energia entre el sistema i el seu ambient.

1.2- Influència dels factors formadors en el sòl

Des d'un punt de vista ambiental està acceptat des de fa molts anys que el sòl està funcionalment relacionat amb un nombre de factors que tenen una expressió geogràfica que

segons la intensitat i interacció al llarg del temps, donen lloc al concepte de sòl com un cos geogràfic.

Els factors formadors considerats tradicionalment són: el clima, la vegetació, la litologia i la topografia o geomorfologia i el temps.

a) El clima:

El clima va ser reconegut per Dokuchaev i Hilgard com un dels factors formadors que determinen la natura del sòl. La importància d'aquest paràmetre també es manifesta a nivells de sistemes de classificació (S.T.S., 1990) on es restringeixen alguns ordres i subordres a certes condicions climàtiques, i per la inclusió de termes originals russos en la classificació FAO / UNESCO dels sòls del món.

Els dos aspectes utilitzats amb més freqüència i que es correlacionen amb les propietats del sòl són la *temperatura* i la *precipitació* i en algunes ocasions també es considera el vent.

L'estudi del factor aigua es realitza per mitjà del balanç hídric i del sistema d'humitat del sòl en un període de temps determinat, ja que els guanys i pèrdues d'aigua confereixen unes característiques climàtiques importants per a la formació del sòl.

L'aigua condiciona l'alteració i la transformació dels minerals i a l'hora intervé activament dins del perfil, redistribuint, addicionant o lixiviant materials del sòl. La seva disponibilitat i fluxe determinen la taxa de molts processos edàfics. Dins de la classificació americana (1990) queda reflexada la seva actuació en els sistemes percolants definits com a règims d'humitat údics o ústics i en els subpercolants, definits com xèrics.

La temperatura té una influència sobretot en processos d'alteració i transformació mineral, ja que condicionarà la velocitat de la majoria de les reaccions químiques que es produeixen en el sòl. De totes maneres aquest efecte no és tant palès, donat que són processos a llarg termini.

Existeixen certes propietats morfològiques que estan influïdes per el clima:

-*Contingut orgànic*: un augment de la humitat incrementa la descomposició dels restes vegetals però disminueix quan hi ha un augment de la temperatura (sempre que el tipus de vegetació es mantingui constant).

-*Contingut i tipus d'argila*: la taxa de producció d'argila està en funció de la combinació dels dos paràmetres climàtics. Els ambients freds-secs, freds-humits i càlids-secs es caracteritzen per una baixa producció d'argila al llarg del temps mentre que en ambients càlids i humits és on es troben les taxes més elevades de producció. Malgrat que la importància del factor climàtic és força evident en aquest aspecte, també cal considerar el tipus de material originari sobre el que es desenvolupa el sòl. Pel que fa a la mineralogia de les argiles, trobem que aquesta varia amb la química hídrica, sembla que està ben correlacionada amb l'index de lixiviació i amb la precipitació. En zones de major

pluviometria la mineralogia tendeix a espècies que contenen menys sílice. Aquest fet és degut a que hi ha un augment de la lixiviació (per un augment de la pluviometria) i aleshores en perd més sílice en el cur de l'alteració (Birkelang 1984).

-*Alteració mineral*: l'alteració es veu afavorida quan existeixen unes condicions climàtiques de procipitació i temperatura elevada. A la zona mediterrània hi ha una limitació hídrica (període de sequera) important, fet que influirà en la localització de l'alteració per hidròlisi a l'època humida i condicionarà uns processos d'alteració química dominats per la deshidratació a la resta de l'any.

-*Color*: En moltes ocasions les coloracions vermelles (rubefacció) que presenten alguns sòls són degudes al contrast estacional de la zona on es troben. Sota aquestes condicions climàtiques els òxids de ferro del perfil tenen etapes successives d'hidratació / deshidratació adquirint en aquest últim estat, les coloracions característiques.

-*Movilització de carbonats*: En els sòls monogenètics hi ha una relació entre la pèrdua de carbonats del perfil i l'índex de rentat proposat per Arkley. Quan aquest índex és elevat, indica unes condicions climàtiques on hi ha d'aigua disponible per al lixiviat ($P > ETP$) de manera que es poden trobar sòls descarbonatats en superfície o totalment sobre material calcari.

b) Els organismes:

Quan es fa referència als organismes es té en compte l'acció de la vegetació, microflora, fauna i l'home.

La vegetació es constitueix com un dels principals factors però és un paràmetre molt difícil de considerar independent degut a l'existència d'una gran interrelació entre sòl, clima i vegetació.

La influència d'aquesta es manifesta a nivell de la morfologia del sòl i també de la seva química.

A nivell de la morfologia del perfil, hi ha una relació entre la matèria orgànica i la biomassa vegetal. En aquest aspecte es presentarà més quantitat de matèria orgànica en zones humides o en presència de boscos caducifolis, generant una acumulació superficial diferent sota cada tipus de vegetació. També es produeixen canvis de patrons de distribució de la matèria orgànica segons hi hagi una vegetació herbàcia (tipus prat) o un bosc. En el primer cas existeix una incorporació de matèria orgànica en profunditat, donat que hi ha gran quantitat d'arrels, produint caràcters amb una tendència a l'isohumisme amb horitzons superficials profunds, mentre que sota el bosc la disminució del contingut orgànic es produïx més ràpidament per sota de l'horitzó A.

A nivell de la química del sòl, molts processos bioquímics incloent els cicles de diferents elements es localitzen en zones d'exudació de substàncies per les arrels i són produïts per la degradació microbiana.

Altres accions proporcionades pels organismes són la obertura de vies de circulació d'aigua i aire tant per les arrels com per l'activitat de la fauna, remoure i disgregar el material mineral i descomposar la matèria orgànica aportada i a nivell de les fases inicials de formació dels sòls, la primera disgregació de la roca mare per fongs, líquens i bacteris.

c) El material original:

La influència del material original, en general és més acusada en sòls joves i en zones seques i va disminuint a mesura que van actuant les processos formadors.

Aquesta influència depen fonamentalment de:

-*Capacitat d'alteració de la roca*: quan existeixen materials tous (margues i argiles) que són més fàcilment disgregables hi haurà la tendència a desenvolupar-se sòls més profunds que els desenvolupats sobre roques dures (calcàries i esquistos) més difícils d'alterar.

-*Textura i permeabilitat*: la quantitat d'aigua existent en el sòl i la velocitat amb la que flueix a través d'ell estan influïts per la textura i la permeabilitat dels restes alterats. Quan existeixen materials originaris poc permeables (amb un alt contingut d'argiles) es produiran condicions de poc drenatge i es desenvoluparan sòls més primers que els que es desenvolupen sobre materials sorrescs.

-*Composició minerològica*: les propietats minerològiques i cristal·logràfiques condicionen l'estabilitat i l'evolució o transformació dels propis minerals del sòl. Cada tipus de roca produeix uns components d'alteració de diferent composició química que confereixen valors diferents en els nivells de pH, en la riquesa de bases, així com determinen la fertilitat inicial dels sòls joves que es veurà disminuïda quan estigui envellit.

d) La geomorfologia:

Els sòls estan molt relacionats amb les vessants i els pendents, ja que són una part integral del paisatge. Els sòls varien morfològicament amb el gradient i amb la seva posició topogràfica.

S'han realitzat diferents estudis per evidenciar els canvis de les propietats del sòl al llarg d'una vessant. Milne (1936) va proposar el terme de catena per descriure aquesta variabilitat.

La significació de la geomorfologia a nivell edafològic rau en quatre aspectes.

- Relacions entre la distribució dels sòls i la fisiografia
- Dependència de la gènesi d'un perfil amb la topografia
- Desenvolupament paral·lel entre els sòls i el paisatge
- Influència dels processos geomorfològics sobre les característiques del material original.

La variació és fonamentalment lateral perduda en gran part per l'orientació i la inclinació de la vessant. Aquestes característiques tenen un efecte indirecte sobre el sòl; el que realment té importància, és la modificació de la dinàmica hídrica.

En el paisatge es poden identificar diferents elements de modelat. Conacher i Dalrymple el divideixen en nou categories però per la majoria d'estudis n'hi ha prou delimitant cinc unitats. Des de la part superior fins a la inferior es poden distingir les parts culminals, la porció convexa de la carena, la porció més o menys uniforme de la vessant i la seva part baixa, còncava.

Cada una d'aquestes posicions fisiogràfiques té unes determinades condicions de drenatge que donen com a resultat un desenvolupament morfològic diferent dels perfils.

Si es considera el model tridimensional proposat per Hugget, les propietats que presenten els sòls poden ser explicades en termes del fluxe lateral de l'aigua des de les parts culminals a les inferiors.

Al llarg de la vessant també existeix un moviment de sediment i de material erosionat tant per l'acció de l'aigua com de la gravetat, generant sòls col·luvials a les parts baixes de la vessant mentre que generalment a les parts altes es desenvolupen sòls prims, ja que en aquestes zones l'erosió i el transport són més efectius que l'alteració mineral.

Un altra característica a considerar és el grau del pendent. Quan és abrupte provoca condicions d'escolament superficial abundant i per tant existeix menys infiltració d'aigua. una conseqüència és la presència de sòls més secs, sense processos de rentat i menys profunds, procés que també es veu agreujat pel risc d'erosió al que estan exposats. En canvi un pendent suau, permet l'acumulació de material provinent de cotes superiors i una percolació superior de l'aigua de la pluja donant lloc a sòls més profunds, amb un grau més elevat de phases, provinents de les posicions superiors i més humits.

e) El temps:

Cada un dels factors formadors asmentats exerceixen la seva influència en la formació dels sòls al llarg del temps, donant lloc a característiques morfològiques diferents.

Birkelang (1984) exposà un model teòric d'evolució del sòl dividit en tres fases: canvis lents, canvis ràpids i un estat final estable (steady state).

Els sòls joves o inmadurs són aquells que han desenvolupat poques propietats i els seus horitzons estan poc desenvolupats. A mesura que van evolucionant, les seves característiques es desenvolupen més ràpidament donant lloc a sòls més profunds i també més diferenciats els uns dels altres.

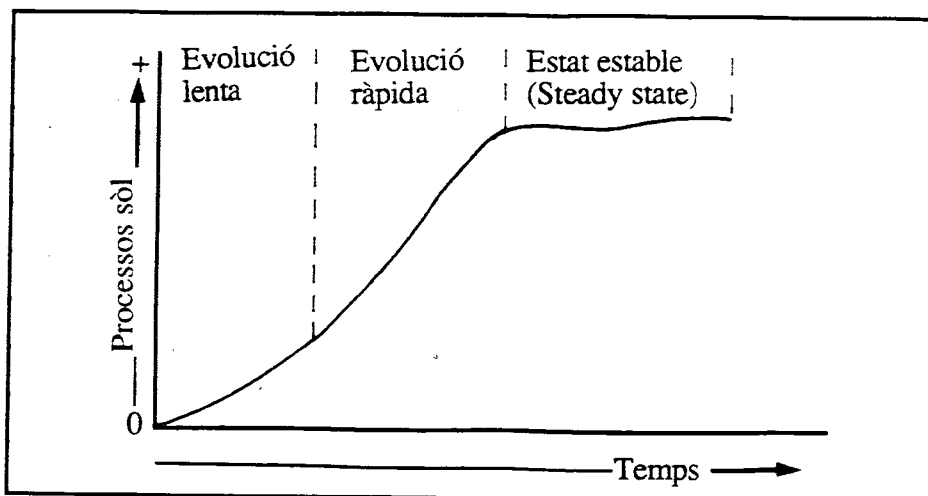


Fig. 2 - Desenvolupament teòric del sòl fins arribar a un estat estable o "Steady state".

Arriba un punt en que el sòl adquireix la seva maduresa (estat d'equilibri), que queda definit quan les pèrdues de material i energia del sistema són contrarrestades per aports externs de manera, que cap variació es manifesta en un canvi de propietat.

Aquesta última etapa esta basada en el concepte proposat per Duchaufour (1984) de l'acció recíproca de la vegetació natural sobre el sòl i a la inversa, on es considera que únicament els ecosistemes estables amb una vegetació "climax" permeten definir bé els equilibris sòl-vegetació característics del medi determinat.

2- OBJECTIUS I PLANTEJAMENT

Els objectius del treball proposat són:

- Descriure macro i micromorfològicament les diferents tipologies dels sòls existents en dues toposeqüències, una sobre substracte carbonatat (margues i calcàries) i una altra sobre substracte silícic (esquistos i material del Permo-Tries).
- Caracteritzar físico-químicament els sòls desenvolupats en aquestes dues toposeqüències.
- Analitzar els principals factors i processos que porten al desenvolupament o formació dels sòls de l'Alta Garrotxa en base a les toposeqüències descrites.
- Presentar una proposta de classificació dels sòls estudiats segons les taxonomies edàfiques més emprades en l'actualitat (AFES, STS, FAO).

Etales del treball:

Per tenir una visió de conjunt de la zona s'ha realitzat un treball previ de recopilació d'informació, entre el que s'inclou la cartografia ja existent dels principals factors que intervenen en la formació del sòl:

- Geomorfologia: per l'anàlisi de fotografies aèries (E. 1: 22000) del Vol de Comarques d'alta muntanya de Catalunya (1987).
- Vegetació: Mapa E. 1: 25000 (Departament Organització Territorial de la Generalitat)
- Litologia: Mapa E. 1:25000 (Departament Organització Territorial de la Generalitat)
- Clima: Resultats elaborats a partir de les dades climatològiques obtingudes per l'Institut Meteorològic de Barcelona dels observatoris més propers a la zona d'estudi.

Els sòls de l'Alta Garrotxa es desenvolupen principalment sobre un substracte calcari, restant només el quadrant nordoriental, amb substractes àcids. Per tal d'incloure la màxima diversitat d'aquests sòls s'estudien les següents toposeqüències:

a) Toposeqüència calcària:

dels 700 als 1120 metres (Massís de la Mare de Déu del Mont) per caracteritzar la zona calcària més seca

b) Toposeqüència silícica:

dels 1100 als 1618 metres (Rocabruna-Montfalgars) per caracteritzar les àrees àcides.

Per tal de corregir les diferències altitudinals entre ambdues zones i conèixer també l'evolució del material calcari en climes una mica més humits, s'ha realitzat un perfil a la zona culminant del Comanegre (1515 metres), però es considerarà com part de la toposeqüència carbonatada ideal.

La tipologia dels sòls s'ha fet per mitjà de la selecció de perfils característics (tipus) amb una màxima variabilitat sobretot pel que fa a la litologia per intentar caracteritzar els sòls de tota la zona.

En el treball es presenten les descripcions morfològiques i les anàlisi de les propietats físico-químiques més importants dels sòls per tal de ser discutides en relació amb els seus factors formadors. En alguns perfils s'han realitzat unes "làmines primes" que permetran aclarir o determinar alguns processos existents en els sòls, no evidenciats amb un estudi macromorfològic.

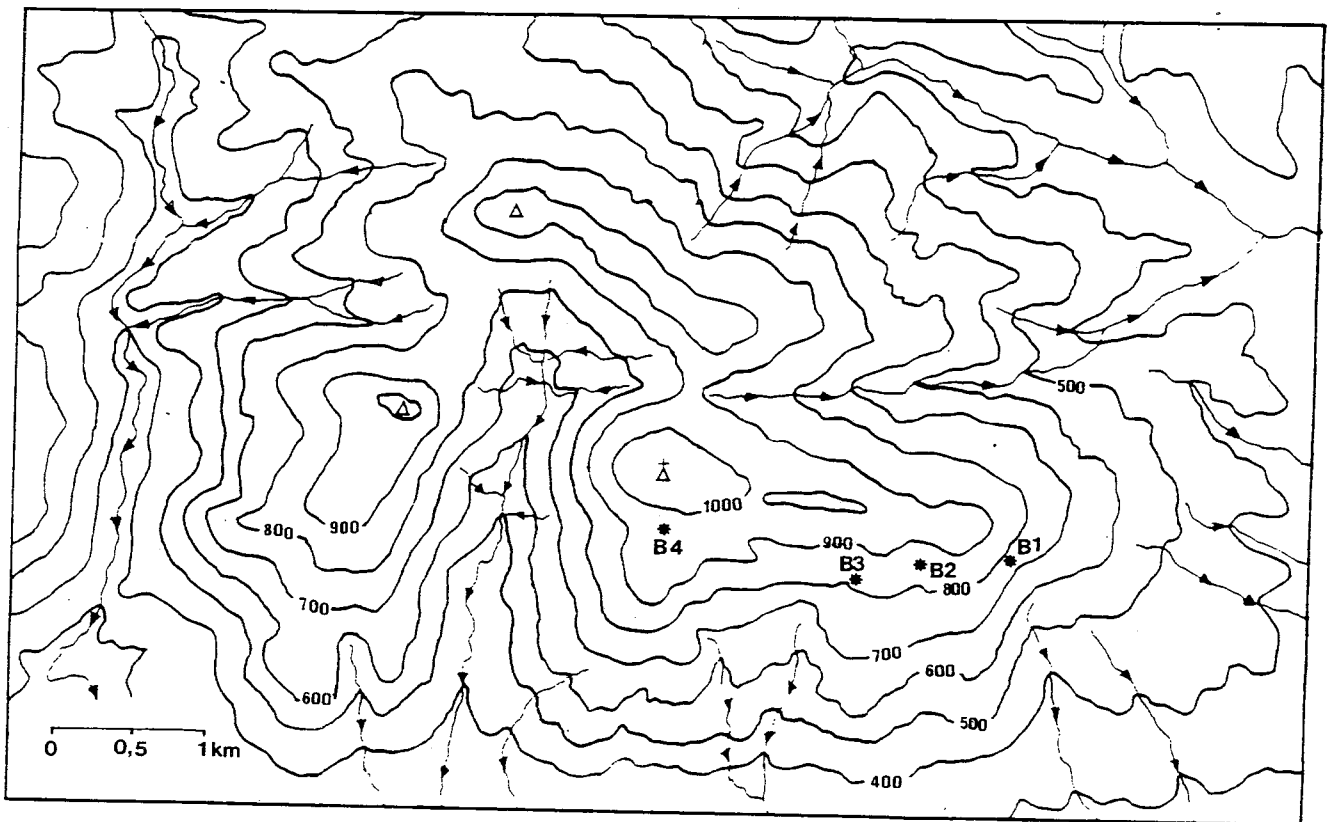


Fig. 3 - Situació dels perfils realitzats a la Toposeqüència carbonatada (Mare de Déu del Mont)

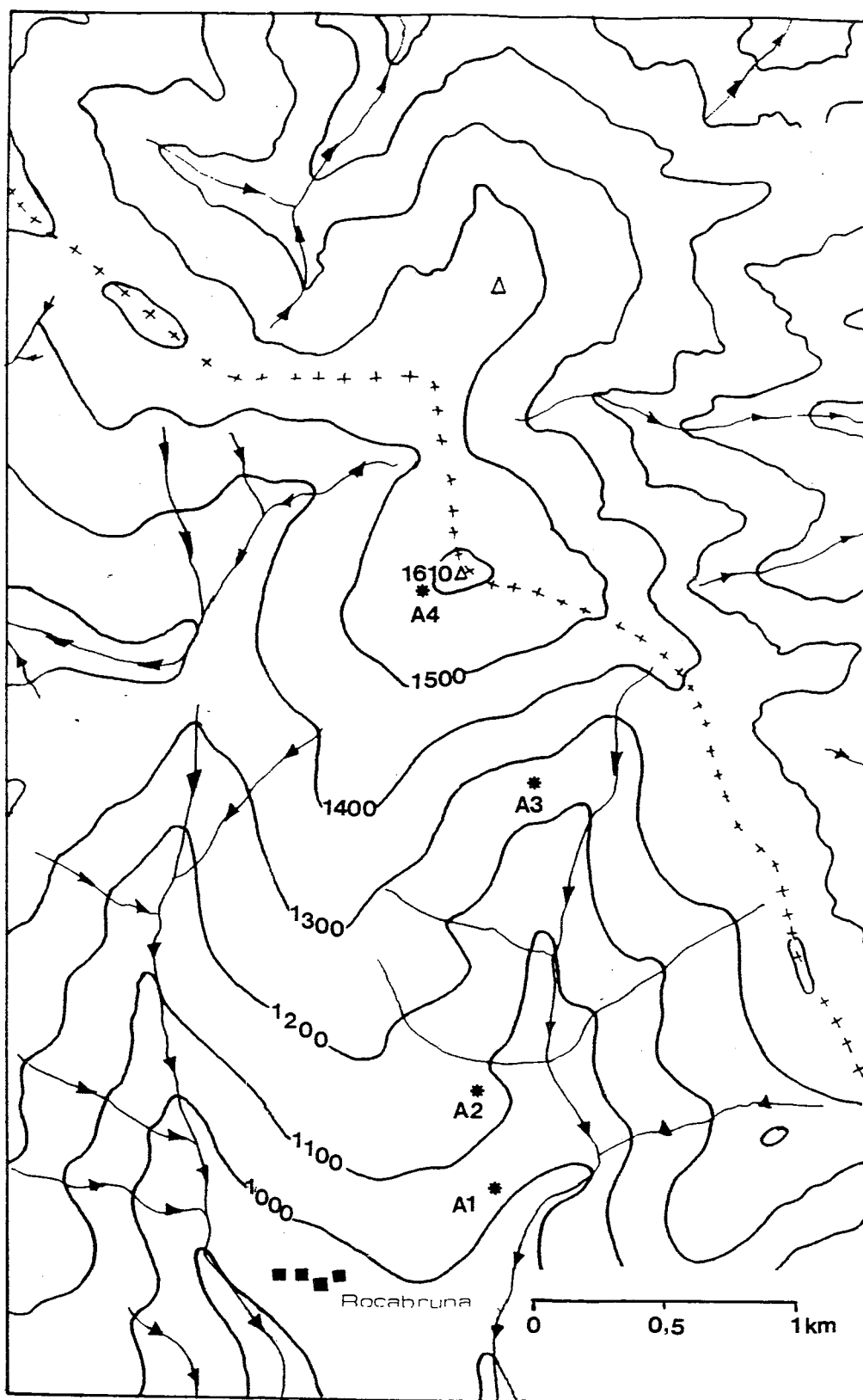


Fig. 4 - Situació dels perfils realitzats a la toposequència silícica (Rocabruna-Montfalgars)

3- EL MEDI FÍSIC

3.1- Situació geogràfica:

L'Alta Garrotxa és una comarca que s'esten al Nord de la vall del Fluvià i compren la zona Est del Ripollès (Camprodon, Molló), la zona Oest de l'Alt Empordà (Albanyà, Massanet de Cabrenys) i la Garrotxa (Beuda, Montagut, Sales de Llierca), limitant al Nord amb la frontera francesa (Fig. 5).

És una zona que es caracteritza per una orografia abrupta constituïda per sistemes muntanyencs que s'inclouen majoritàriament al Sudpirineu Oriental, i una petita superfície pertanyent al Pirineu Axial (Serra de Monars).

Centrant-nos en les toposeqüències que estudiarem de forma més detallada val a dir que el cim de Montfalgars forma part de l'extrem més oriental del Pirineu Axial. És la línia divisòria amb el Vallespir (al NO) i limita amb Molló, la Menera i el Comanegre, separant, també, les conques del Ter i del Tec.

El Massís de la Mare de Déu del Mont és Sud-Pirinenc, constituït per calcàries eocèniques que formen part de la divisòria hidrogràfica entre el Fluvià i la Muga. Aquest massís perd alçada ràpidament vers el NE (Bac de Falgars) i el Sud (Cingle de Rocapastora).

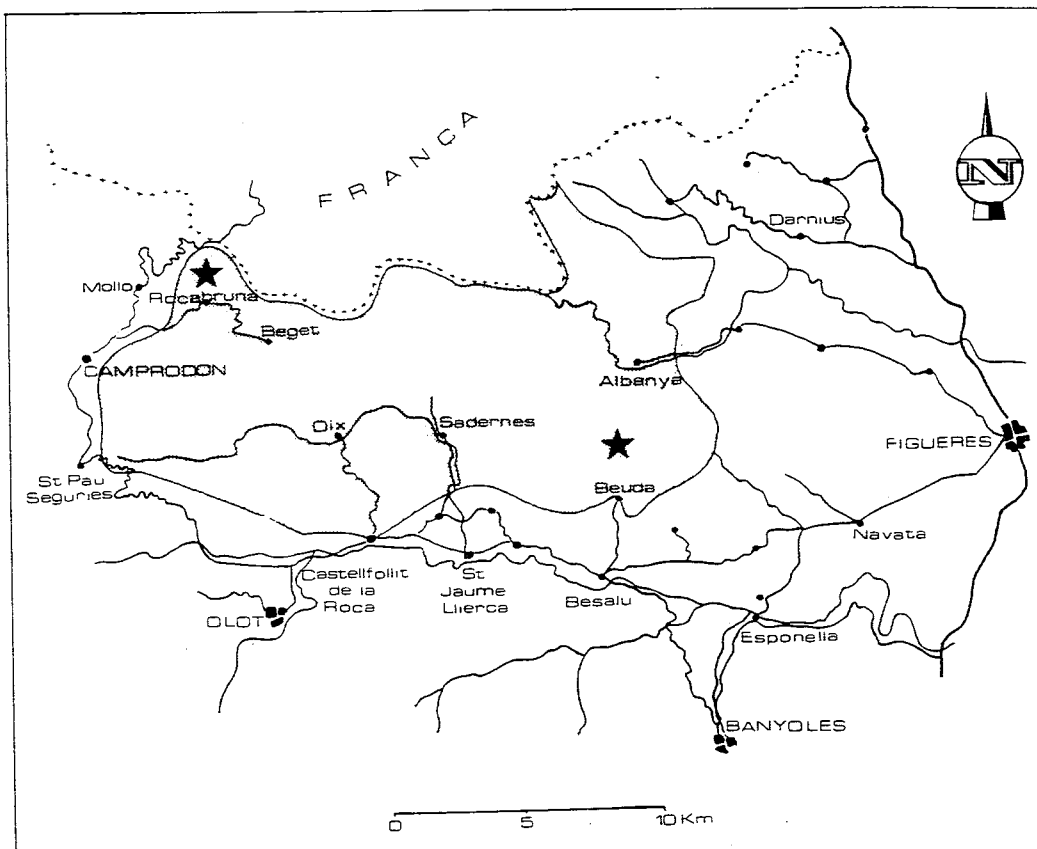


Fig. 3 - Esquema de la zona d'estudi. ★ localització de les dues toposeqüències

3.2- Geologia-litologia:

Les característiques litològiques de la zona són molt importants ja que es relacionen molt directament amb les propietats dels sòls que s'hi desenvoluparan (textura, CIC, pH, entre d'altres).

Seguint l'ordre cronològic, s'exposa la litologia dels materials de la zona axial, i després els de la cobertura post-herciniana, en el sentit Oest-Est.

Montfalgars forma part de la zona axial i està constituït per materials paleozoics amb un grau de metamorfisme variable. Al Nord de Rocabruna afloren esquistos oquerosos. Es tracta d'una litofàcies dominantment filitosa-gresenca, amb nivells d'esquistos perforats. També presenta gresos i grauwaques de color verd, gris o versicolors, amb intercalacions de conglomerats quarsosos. Les pissarres paleozòiques són penetrades, a través del contacte mecànic cavalcant, amb materials triàsics, filons de quars amb baritina, argent i coure (Mallarach, 1983).

A la vall de Rocabruna afloren materials del permo-triàsic. Aquests són integrats per una alternança monòtona de limolites, gresos i conglomerats de base silícica amb una matriu generalment argilosa o llimosa i color roig vinós. En els nivells conglomeràtics els còdols dominants són quarsosos amb la presència, també, de lidita, quarsita, quarsita turmalinífera, pòrfils àcids i riolites (Mallarach, 1983).

El Comanegre pertany al Sud-Pirineu, format per materials post-hercinians de la Formació Sagnari (Ilerdenc inferior-part superior de l'Ilerdenc mig). Marca el començament de la sedimentació marina i es caracteritza per l'aparició de margues esquistoses amb glauconita. També hi apareixen calcàries compactes. Aquesta formació a l'Oest de la falla d'Albanyà es caracteritza per l'aparició de calcàries massives amb alveolines que van disminuint de potència fins a ser inexistents al Comanegre. En aquest sector s'estima que la sèrie està representada per margues esquistoses una mica sorrenques.

A les cotes més altes del Comanegre, apareixen margues esquistoses, algunes calcàries i margocalcàries riques en fòssils. A la vessant meridional i a cotes baixes, els nivells calcàris i margocalcàris passen lateralment a calcàries amb alveolines (Estevez, 1973).

El Massís de la Mare de Déu del Mont també pertany al Sud-Pirineu però està format per materials post-hercinians de la Formació la Penya (Cusià superior- Lutecià inferior i mig). En aquesta formació apareixen en alternança calcàries i margues-sorrenques de color bru, amb alguns indicis d'hidrocarburs, coronats per un sostre de calcàries amb assilines. Aquest sostre es va aprimant progressivament cap al Sud de la Mare de Déu del Mont. (Estevez, 1973).

La litologia de la zona queda delimitada en el mapa de la Fig 4.

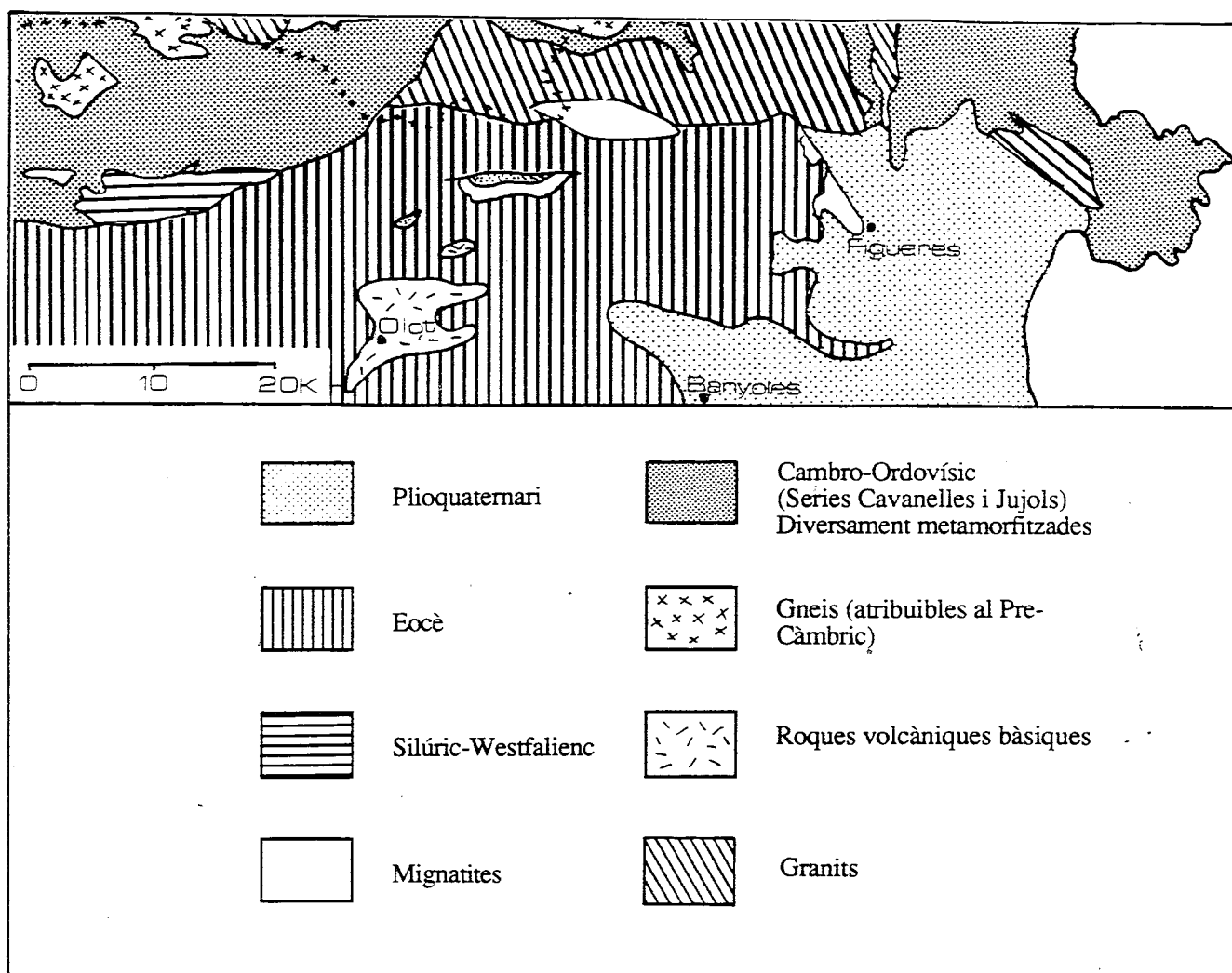


Fig. 6 - Esquema litològic simplificat dels Pirineus Orientals (Extret del mapa 1: 100.000 del B. R. G. M. (1968)

La composició geoquímica mitja en % d'òxids de les roques es mostra a la Taula 1:

Taula 1.- composició geoquímica mitja en % d'òxids (Servei Geològic Generalitat)

	Pissarres-micaesquistos	Calcàries i margocalcàries
SiO ₂	59,9 %	0,67%G
Al ₂ O ₃	22,0 %	0,17 %
Fe ₂ O ₃	7,9 %	0,05 %
K ₂ O	3,3 %	-
NaO	1,1 %	-
CaO	1,9 %	53,73 %
MgO	-	1,44 %
Pèrdua foc	3,8 %	43,68 %

En el cas de la composició química dels micaesquistos, les dades corresponen a roques de la zona d'Anglès, que són similars a les que trobem a Montfalgars.

En la composició dels micaesquistos, trobem un gran percentatge en forma de SiO_2 associat principalment a la presència de quars a la roca. També cal considerar la quantitat de moscovita, evidenciada pel percentatge en Fe_2O_3 . El potasi formaria part de la biotita i finalment el calci i el sodi podrien procedir principalment de les plagioclases. L'alt contingut en alumini, pot explicar-se per la presència d'aquest metall en tots els minerals esmentats exceptuant-ne el quars.

Les calcàries són fortament càlciques ($\text{CaCO}_3 = 95,72\%$) i es reflexa en el gran contingut de CaO . La resta és MgCO_3 però en molta menys quantitat (3,01%). Per aquesta raó la seva composició química es manifesta amb aquests òxids com a predominants, essent els altres elements quasibé impureses.

3.3. - Topografia:

La topografia de l'Alta Garrotxa està caracteritzada per les serralades al Nord amb alçades màximes que no superen els 1600 metres (Montfalgars, 1618 m; Comanegre 1558 m; Bassegoda, 1370 m; Puig de l'Ou, 1306 m) entre d'altres que van disminuint cap al sud i l'est fins arribar a la plana de l'Empordà.

No obstant, la geomorfologia és abrupte, formant forts pendents i inclús escarps, que condicionaran gran varietat de microclimes en distàncies relativament curtes.

Hi ha dues unitats de paisatge principals: les parts altes properes als pisos culminals que tenen lloc a alçades entre 1120m i 1618m i els pendents tant cóncaus com convexes moderadament acusats.

3.4.- Clima:

El factor climàtic és considerat per molt autors el factor més important en la determinació de les propietats de molts sòls. Els dos paràmetres principals són la humitat i la temperatura. La humitat perquè l'aigua està implicada en la majoria dels processos físics, químics i bioquímics i la temperatura influeix en la taxa dels processos esmentats (Birkelang, 1974).

No existeixen dades meteorològiques detallades de la zona d'estudi. Les estacions més properes utilitzades per fer la caracterització climàtica són les de Camprodon (NO), Beget (meitat NO) i Figueres (Est). També hi ha sèries més curtes a Castellfollit de la Roca (Sud), Molló (N), i Maià de Montcal (SE); Darnius (NE), Massanet (NE) i Besalú (Sud) tenen dades referents exclusivament a la precipitació.

Taula 2 - Dades meterològiques per la zona de l'Alta Garrotxa.

Estació	Alçada (m)	Anys	P (mm) tot. anual	T (°C) mitja an.
Camprodon	988	11	1154	9,3
Molló	?	8	1087,1	?
Beget	541	23	1056	14,1
Castellfolit	296	9	582	13,2
Besalú	?	5	954,7	?
Maià	160	5	778,8	?
Darnius	?	51	817,9	?
Massanet	?	14	1080,8	?
Figueres	39	27	582	15,0

Les dades meterològiques, de totes les estacions segueixen una mateixa tendència: En cada sèrie anual s'observa que les temperatures tenen un augment gradual, arribant al màxim al juliol i tornen a devallar progressivament fins el mínim al gener.

Amb les dades que tenim, es pot observar que hi ha un augment de temperatures i una disminució de la precipitació en el sentit EO, a mesura que ens acostem al mar (Fig. X)

L'Alta Garrotxa està caracteritzada per les següents isotermes anuals:

- Camprodon 8-10°C
- Comanegre 12-14°C
- Figueres 14-16°C.

Les precipitacions disminueixen cap a l'Est, amb unes isohietes anuals de:

- 1200 mm en el sector de Camprodon-Montfalgars
- 1000-1200 mm al Comanegre-Beget
- 800-1000 mm a la Mare de Déu del Mont
- 600 mm a Figueres

A totes les estacions el mínim pluviomètric es produeix al gener, però el màxim es dona a l'estiu, primavera-tardor, i tardor respectivament (Fig.X).

L'evapotranspiració potencial, calculada segons el mètode de Thornthwaite, també augmenta en sentit oriental, amb uns rangs de 624 mm a l'Oest i 785 mm a l'Est. El màxim requeriment hídric es produeix a l'estiu, coincidint amb una devallada de la precipitació i un augment de la temperatura, produint-se un període de sequera, o si més no d'utilització de la reserva hídrica del sòl, més o menys llarg.

Segons la classificació climàtica de Bagnouls i Gaussen (Bolós, 1984) l'Alta Garrotxa queda limitada pels bioclims axeromèrics i xerotèrics (Taula 3).

Taula 3 - Classificació bioclimàtica de les estacions meteorològiques.

Bioclima	Estació
Axeromèric	Camprodon
	Beget (hídric)
Xerotèric	Figueres
	Beget (tèrmic)

En conjunt podem dir que l'Alta Garrotxa presenta climes de tendència freda i humida (medieuropea o atlàntica) en el sector més occidental i de tendència clarament mediterrània en el sector oriental. De totes maneres i degut principalment al relleu abrupte, hi ha una gran variació del microclima.

També cal considerar que hi ha un efecte altitudinal en les variacions climàtiques, com pot ser l'augment de les precipitacions, sobretot en forma sòlida, i la disminució de les temperatures. Al tenir només tres observatoris amb sèries prou llargues, ens trobem que aquests estan massa allunyats els uns dels altres, fet que no permet fer un càlcul suficientment precís per al gradient altitudinal. Hem optat per utilitzar el cocient adiabàtic de l'aire ($-0,67^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).com a solució a aquest problema

L'estudi del macroclima a partir de les dades atmosfèriques de precipitació i de temperatura, permetrà fer una aproximació al clima del sòl. Cal considerar-ho d'aquesta manera, degut a la manca de dades d'aquests paràmetres, referents a la secció control del sòl.

Segons la Soil Taxonomy tenim que els règims de temperatura més probables a l'Alta Garrotxa són (sempre i quant es dugui a terme la correcció altitudinal):

Frígid	$T_m (\text{anual}) < 8^{\circ}\text{C}$	Parts altes-Zones culminals.
Mèsic	$8^{\circ}\text{C} < T_m (\text{anual}) < 15^{\circ}\text{C}$	Gran part de la zona mitja.
Tèrmic	$15^{\circ}\text{C} < T_m (\text{anual}) < 22^{\circ}\text{C}$	Zones més baixes de la zona Est.

Quan es vol considerar el règim d'humitat, la manca de dades, complica una mica la seva determinació. Per adoptar un criteri constant, ens hem basat en aspectes bioclimàtics. Considerem que hi ha un règim d'humitat Xèric, quan la vegetació està constituïda per alzinar o bé per espècies més termòfiles i Údic, quan hi ha presència de pi roig, fageda o alguna altra espècie de tendència atlàntica.

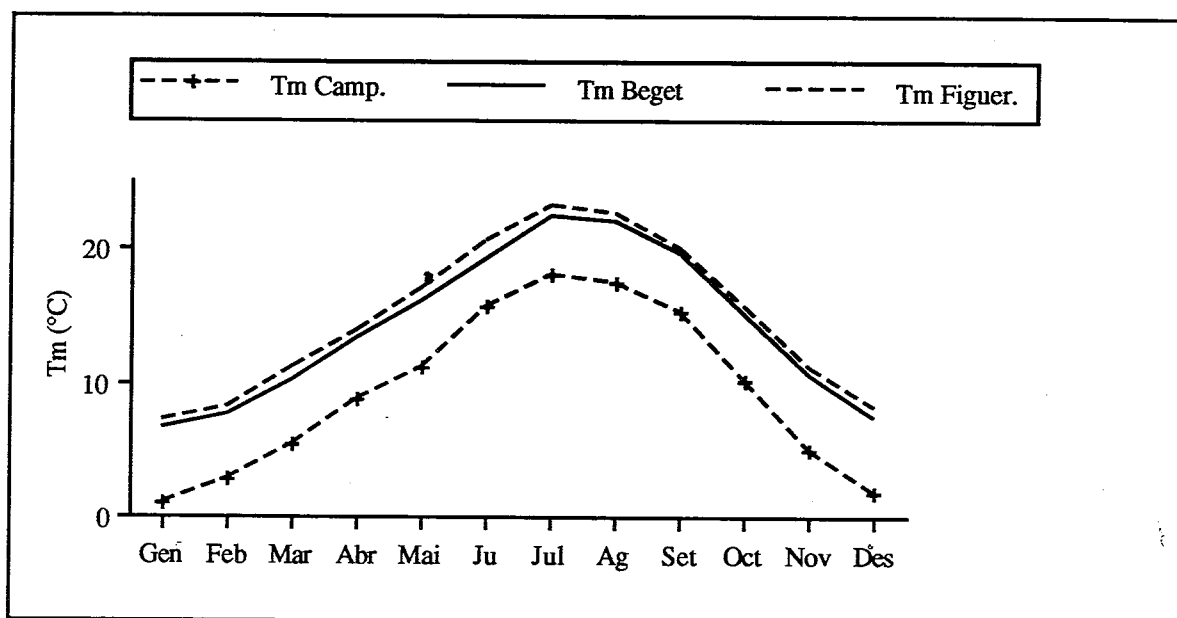


Fig.7 - Temperatures mitjanes anuals a tres observatoris propers a la zona d'estudi.

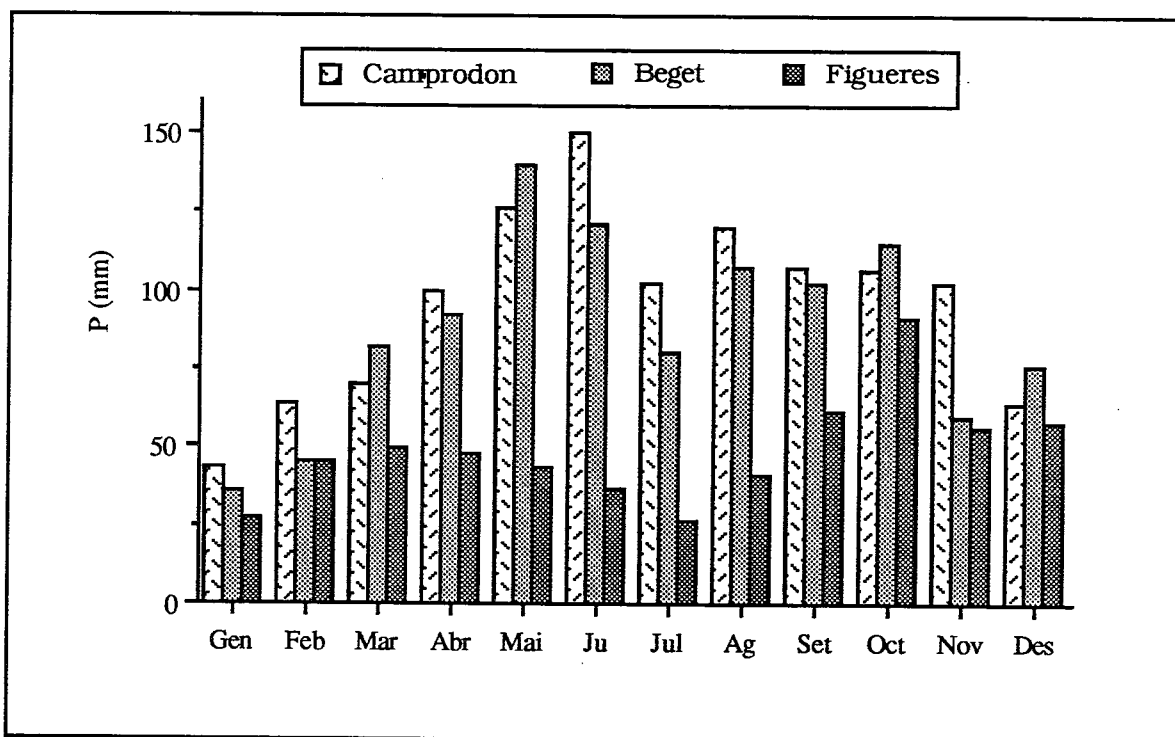


Fig. 8 - Evolució de les precipitacions mensuals a tres observatoris situats al llarg dels gradient O-E.

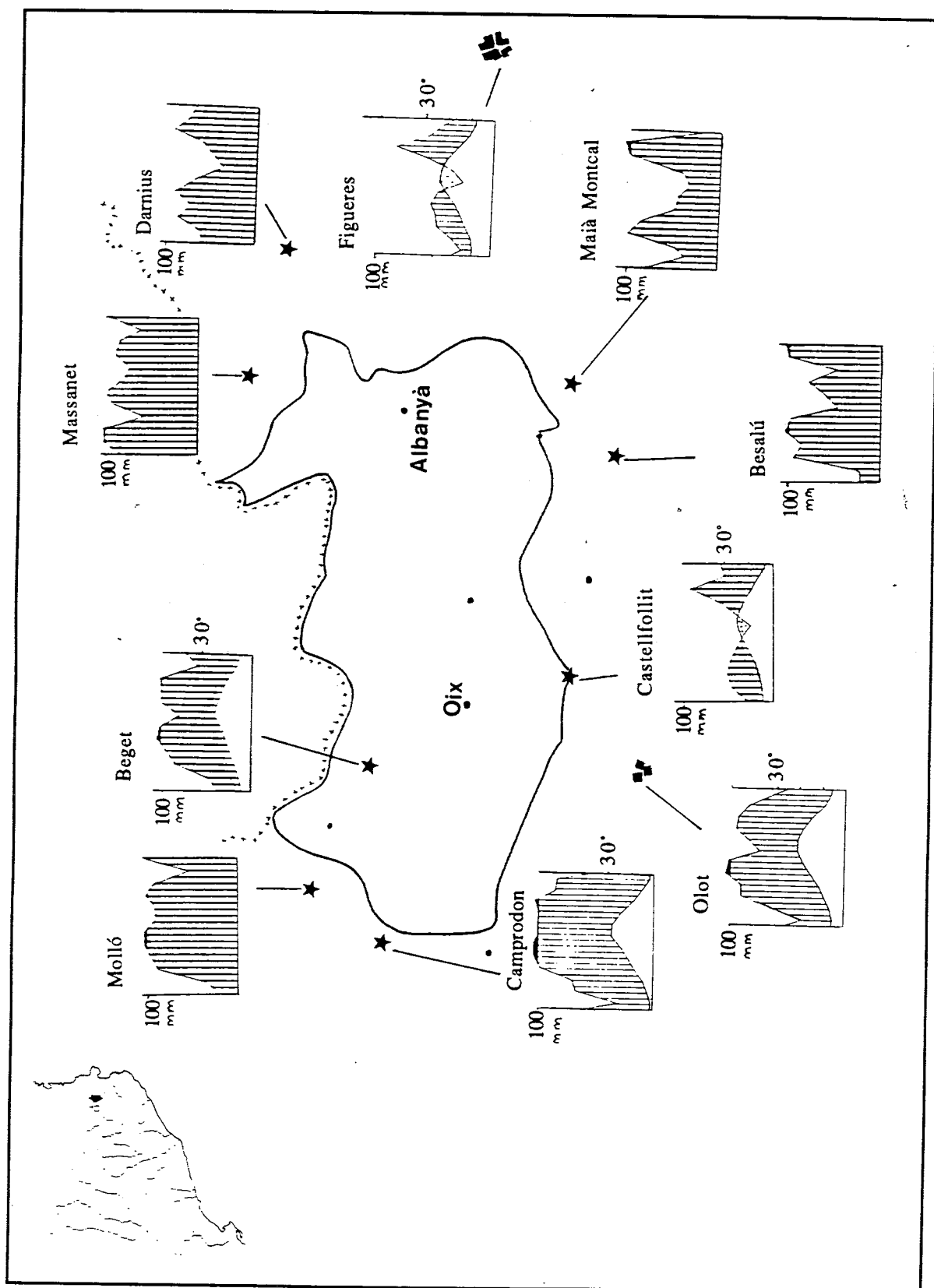


Fig. 9 - Diagramens ombrotèrmics i pluviomètrics de diversos observatoris situats a les proximitats de la zona d'estudi

3.5- Vegetació:

La vegetació condiciona la formació del sòl d'una manera directa, amb els aportes de residus vegetals i indirecta, modificant el microclima, el que pot condicionar la seva evolució.

La toposequència calcària, és la més oriental, i seca. Les cotes més baixes del massís de la Mare de Déu del Mont són de tendència clarament mediterrània per passar posteriorment a una vegetació de tipus submediterrani.

Taula 4 - Comunitats vegetals de la Mare de Déu del Mont.

Comunitat	Alçada aprox. (metres)	Orientació
<i>Quercetum illicis galloprovinciale</i> <i>pistacietosum</i>	500-800	S
<i>Quercetum mediterraneo-montanum</i> <i>tormalo-ligustretosum</i>	800-1100	S
<i>Buxo-Quercetum pubescentis</i>	800-950	NE
<i>Helleboro fagetum</i> + <i>Quercetum</i> <i>mediterraneo-montanum</i>	850-900	N
<i>Buxo-Quercetum pubescentis</i> <i>festuco-pinetosum sylvestris</i>	900-1120	NNO

A les cotes més baixes es presenta l'alzinar litoral típic, on hi ha un predomini de l'alzina (*Quercus ilex* sp. *ilex*), amb un sotabosc abundant constituït per arbusts i lianes de fulla quasi sempre perenne. Aquest bosc, però, també es veu modificat per la pressió humana, essent més esclarissat en determinats punts, on aleshores, s'hi presenta pi blanc (*Pinus halepensis*).

Aquest alzinar dona pas a l'alzinar muntanyenc, a cotes immediatament superiors, més empobrit d'espècies termòfiles i més enriquit en espècies eurosiberianes. Per damunt d'aquesta formació i en exposició Nord, es presenten ja, formacions típiques submediterrànies. En primer lloc passem al domini de la roureda seca de roure martinenc (*Quercus pubescens*), amb un estrat arbori no massa dens. També es pot arribar a trobar fageda amb hel·lèbor verd (*Helleboro-fagetum*) però en zones molt puntuals i sempre

barrejada amb l'alzinar muntanyenc, indicant que no és la vegetació climàtica de la zona, sinó que aprofita fondalades humides. Finalment a la part culminant ens trobem amb el domini de la pineda roivosa de pi roig, formació de caràcter secundari, dominada pel pi roig (*Pinus sylvestris*), relacionada en aquest cas amb la roureda de roure martinenc.

La toposequència àcida, també presenta una zonació de la vegetació. Al ser una zona més freda i humida, la vegetació ja té de característiques de la muntanya mitjana plujosa (tendència mediterrània o atlàntica).

Taula 5 - Comunitats vegetals de Rocabruna-Montfalgars

Comunitat	Alçada aprox. (metres)
Camps de conreu	no homogeni
Prats mesòfils	
<i>Euphrasio-plantaginetum</i>	1100/1150
<i>Luzulo-fagetum</i>	1150-1618
<i>Brachipodio-fraxinetum</i>	
<i>Prunetalia</i> +	
<i>Prunello-sarothamnetum</i>	
<i>scoparii</i>	Vall de les Ferreres

A la zona més baixa, al voltant de Rocabruna trobem una zona cultivada, constituïda principalment per prats mesòfils; pujant en alçada, arribem al domini de la fageda amb *luzula nivia*, acidòfila i molt pobre en espècies de sotabosc, constituïnt-se en una formació només amb un estrat arbori monoespecífic. Aquest domini, però es veu modificat per la gran extensió cultivada i pasturada i també per la introducció de plantacions de pi roig (Montfalgars).

S'ha de destacar també, la vegetació de la vall de les Ferreres, on s'hi pot trobar l'andrea de gòdua i falguera, formació acidòfila resultant de la degradació de la roureda o de la fageda.

4- MÈTODES

Treball de camp:

Les etapes de realització del treball han estat:

- Selecció de les dues toposequències representatives de l'Alta Garrotxa, en base als objectius esmentats.

- Realització d'observacions de camp en les que s'han descrit les principals característiques tant de la zona com del sòl.

- Descripció dels perfils i presa de mostres: S'han escollit els perfils al llarg d'una seqüència altitudinal, representatius de la zona. S'ha realitzat un mostratge de cada un dels horitzons fins al nivell de la roca mare, o bé si aquesta no hi és present, fins a la fondària de 1,25 metres.

A la seqüència silícica s'hi han realitzat làmines primes per intentar evidenciar micromorfològicament alguns dels processos edafogenètics que tenen lloc en aquests sòls. Per dur-ho a terme s'ha mostrejat cada horitzó per separat, amb capses de Kubiena, sobretot els horitzons organominerals i d'alteració.

Mètodes analítics:

Les anàlisi de laboratori s'han dut a terme a partir de la terra fina obtinguda per garvellat de les mostres assecades a l'aire, amb un sedàs de 2 mm de malla.

Els mètodes utilitzats recomanats pel Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1975) han estat els següents:

Textura:

Anàlisi mecànica pel mètode de la Pipeta de Robinson. Les sorres s'han obtingut per filtrat (s. grolleres) i per rentat (s. fines).

Les fraccions considerades són:

Sorra	2000-20 µm
Llim	20-2 µm
Argila	< 2 µm

pH:

Mètode potenciomètric. Determinació amb una suspensió de sòl-aigua (pH actual) i sòl-KCl 0,1 N (pH potencial) en proporció 1:2,5.

Carbonats:

Determinació amb el calcímetre de Bernard.

Matèria orgànica:

Mètode d'oxidació per via humida. Per l'estimació del % de M.O. s'ha utilitzat el factor de correcció de Van Bemmelen :

1,724 si % C < 5,8

2 si % C > 5,8

Nitrogen total:

Determinació pel mètode de Kjeldahl. Extracció amb KCl 1N.

Complexes de canvi:

- Cations intercanviables: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .

Extracció pel mètode d'agitació-centrifugació amb AcNH_4^+ 1N a pH 7.

El Na^+ i el K^+ de l'extracte del sòl d'han determinat per fotometria de flama i el Ca^{2+} i el Mg^{2+} per complexometria: per la formació de quelats dels cations amb l'àcid etilendiaminotetra-acètic (EDTA).

Aquest mètode té algunes limitacions, sobretot quan en el sòl hi ha argiles del tipus Illitic. En aquests casos el K^+ pot estar subvalorat degut a que l'extractant utilitzat es comporta d'una manera similar en la hidratació de les argiles podent modificar la cinètica de la reacció, produint-se un intercanvi incomplet del K^+ .

$$S = \sum \text{cations intercanviables}$$

$$\%V = S/T \cdot 100$$

Ferro: Només es realitza a les zones més àcides al perfil amb referència A4, per determinar el possible horitzó espòdic.

Ferro lliure: Extracció amb ditionit-citrat (SCS, 1972) modificat: introduïm la centrifugació de l'extracte enrrasat a 250 ml a $6 \text{ rev} \cdot \text{m}^{-1}$ durant 15 minuts, i no utilitzem l'agent floculant. S'obtenen les formes amorfes, cristal·lines i associades a la superfície de les argiles.

Determinació per absorció atòmica.

Ferro total: Digestió de la mostra en una mescla d'àcid fluorhídric, sulfúric i perclòric (Jackson, 1958).

Determinació per absorció atòmica.

Ferro assimilable: Extracció amb l'àcid dietilen-triamino-penta-acètic (DTPA) (Lindsay & Norvell, 1978) modificat: hem centrifugat a $5 \text{ rev} \cdot \text{m}^{-1}$ durant 10 minuts i posteriorment hem filtrat. D'aquesta manera mantenim la relació sòl - extractant i recullim molt més extracte.

Determinació per absorció atòmica.

Manganès intercanviable: Extracció amb DTPA. Determinació per absorció atòmica.

Làmines primes: S'han realitzat en els perfils de la toposeqüència àcida.

Aquest procés s'ha fet per mitjà de l'extracció de la mostra amb caixes de Kubiena, s'ha deixat assecar a l'aire i posteriorment s'ha impregnat amb reïna generalment de tipus de Polietilè glicol. Una vegada tallat el bloc, s'afina una de les cares, damunt d'una superfície plana (vidre) amb pols de "carburundum". Es renta amb aigua o éter a un bany d'ultrasons per extreure la pols que hagi pogut quedar a la porositat del bloc. S'enganxa damunt un vidre rectificat. Es talla per mitjà d'una serra al buit i posteriorment s'aprima fins a un gruix de 20-30 μm . Finalment es torna a rectificar damunt un vidre.

Els tractaments i observació s'han realitzat a l'Institut Jaume Almera del CSIC.

5-TIPOLOGIA DELS SÒLS:

5.1-Toposequència calcària - Mare de Déu del Mont

a) Característiques generals:

En tots els perfils de la toposequència que han sigut analitzats, es pot veure que hi ha una gran variació morfològica, sobretot a les cotes més baixes del massís. Malgrat tot, aquestes diferències no queden reflexades a nivell de la classificació (segons S.S.S). Hi ha però, una tendència evident a disminuir de gruixària a les zones culminals.

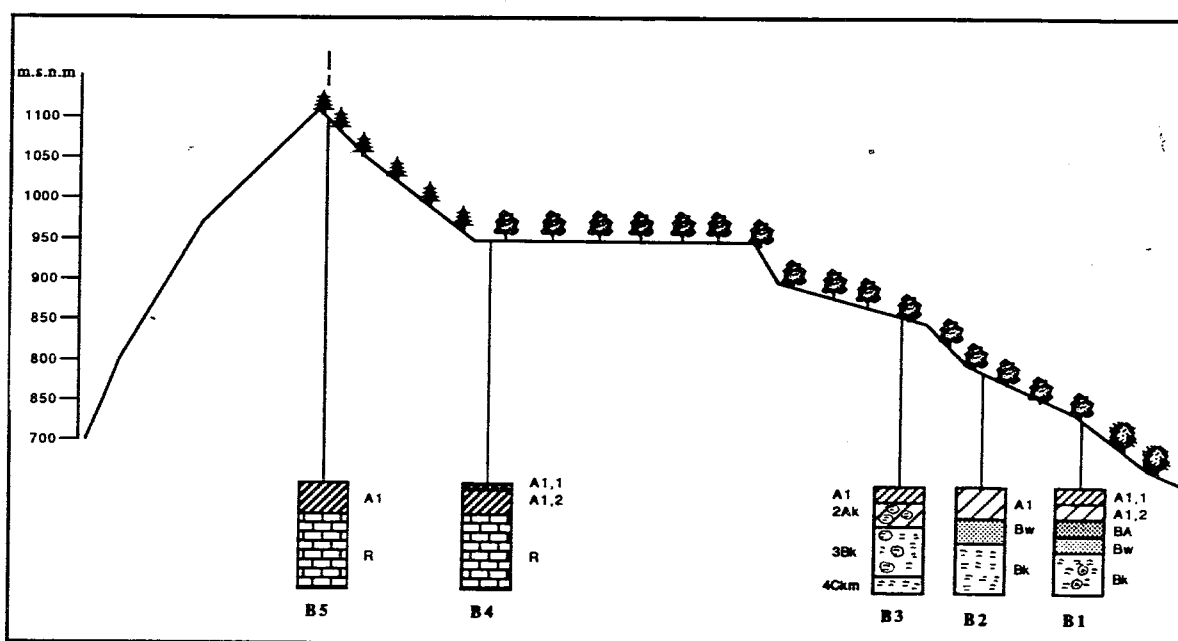


Fig. 10 - Esquema dels sòls de la toposequència carbonatada

A la toposequència hi ha dos ordres predominants: els Mollisòls a les cotes més altes i els Inceptisòls a les més baixes.

Un altre tret que pot observar-se és el desenvolupament de sòls sobre materials col·luvionats (B3). En aquests casos el gruix del material acumulat, provinent de l'erosió provocada per una geomorfologia abrupte, és força considerable i presenta trets en els elements grollers que el constitueixen, que fan pensar en un transport curt provinent de tarteres antigues o actuals que es poden observar a les zones més altes. En aquests casos, els perfils desenvolupats també presenten diferències, depenent de l'alçada a la que es trobin donaran lloc a Xerolls (zones baixes, B3) o bé a Udolls (per exemple el col·lubi situat entre els 1000-1100 m, Camí dels Morts).

Els perfils que es desenvolupen a la part culminant, per damunt de la zona de les tarteres, o bé en llocs més estables (pla de Solls), són prims i estan sotmesos a processos freqüents de rejuveniment. Donat el seu règim d'humitat els hem classificat com a Udolls.

b) Textura i pedregositat:

En cada un dels perfils analitzats la pedregositat tendeix a augmentar amb la profunditat, malgrat que en alguns casos es presenta un horitzó superficial amb més elements grollers que l'horitzó subsuperficial (B5). En aquest cas però aquests elements grollers estan constituïts per arrels i no pas per fragments de roca.

La textura es veu influïda pel material originari a partir del qual es desenvolupa el sòl. Els perfils analitzats d'aquesta toposeqüència, presenten unes textures fortament argiloses (classes texturals compreses entre Franc-argilose i Argiloses fines). Aquest fet condicionarà el desenvolupament de sòls pesats amb alguns problemes d'aïració i d'impermeabilització. Aquesta problemàtica es veurà minimitzada per l'estructuració dels sòls i per la gran quantitat d'elements grollers d'aquests.

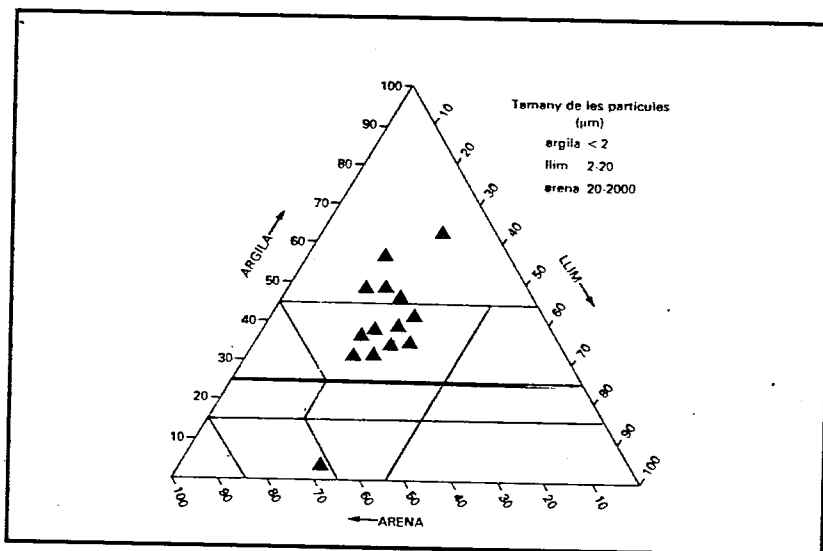


Fig. 11 - Diagrama de textures del conjunt dels horitzons de la toposeqüència

La textura i l'estructura, conjuntament, condicionaran altres propietats del sòl com ara són la porositat i la permeabilitat.

L'estructura primària dels sòls estudiats és força desenvolupada, sobretot en els horitzons superficials, on la quantitat de matèria orgànica és més abundant. Per les característiques de basicitat del medi i la matèria orgànica, es generarà una activitat biològica important principalment deguda als microorganismes i lombrícs. La seva

actuació conduirà a la formació d'exopolimers mucilaginosos que contribuiran a agregar les partícules, a més a més de la formació dels complexos argilo-húmics.

Tot aixó, fa pensar que hi haurà una bona porositat en els perfils, que es veu augmentada, també, per la macroporositat que proporcionen els elements grollers.

Tant el grau de porositat i sobretot el tipus d'aquesta, condicionarà la permeabilitat del sòl. Al tenir una textura pesada, i malgrat els elements grollers, la majoria dels porus seran de tamany petit i per tant la velocitat d'infiltració de l'aigua i la permeabilitat del sòl serà baixa. No obstant la formació d'una bona estructura, sobretot en els horitzons superficials, augmenta la macroporositat i per tant el drenatge d'aquestes zones és més alt.

En el conjunt de la toposeqüència observem una disminució de la pedregositat amb l'alçada. Els sòls culminals menys desenvolupats presenten menys pedregositat (B 4, 5). Les textures també es veuen modificades segons el grau de desenvolupament del sòl, així trobem textures franc-argiloses en els horitzons superficials dels perfils més desenvolupats (segons la diferenciació dels horitzons) mentre que les textures argiloses són característiques dels horitzons superficials dels perfils culminals, i dels horitzons subsuperficials en els perfils de cotes inferiors.

c) pH i carbonats:

Segons les mesures d'acidesa actual ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) i d'acidesa potencial (pH_{KCl}) podem considerar els sòls inferiors de la toposeqüència com a bàsics (amb valors que oscil·len entre 7,5 i 8,4) i els de la part culminal com neutres o lleugerament bàsics (valors compresos entre 6,4 i 7,5). Taula 6.

Taula 6.- valors mitjans, màxims i mínims del pH en H_2O el primer i KCl el segon, de tots els perfils

Horitzó	n	x	d.s	c.v.	màx.	min.
A	9	7,55	0,55	7,24	8,31	6,42
	9	5,97	0,65	10,83	6,57	4,71
B	5	8,15	0,199	2,442	8,45	7,97
	5	6,65	0,16	5,57	7,1	6,18

El pH augmenta en fondària en tots els perfils mostrejats, fent-se més palesa la influència de la component litològica (carbonats primaris, sobretot en els horitzons BC) o bé l'acumulació de carbonats secundaris (horitzons Ak, Bk) i la disminució de la capacitat esmortidora del pH per part tant de la matèria orgànica, com dels bicarbonats produïts a partir de la respiració de les arrels i microorganismes.

També podem veure que, un augment en el contingut de carbonats presents en un horitzó, fa augmentar el pH del mateix, amb una correlació positiva i significativa ($r =$

0,73). Trobem valors elevats o molt elevats d'aquest paràmetre en els horitzons més profunds, degut principalment a acúmul secundaris, ja sigui en forma de nòduls (B 1 i 3) o en forma d'acúmul pulverulents (B 2), i a la litologia ja que tots els perfils es desenvolupen sobre material calcari. A mesura que ens apropem a la superfície hi ha una disminució del contingut de carbonats i un augment de la matèria orgànica; en aquests horitzons trobem un pH inferior, malgrat encara es considera bàsic.

Els sòls de les parts culminals, no presenten carbonats en els horitzons. Aquest fet es pot explicar per la dissolució dels carbonats que es produeix en aquestes posicions topogràfiques. Considerem que hi ha un augment de la precipitació a les zones més elevades respecte a les zones més baixes del massís, la fondària del sòl és inferior i aquest té un contacte lític amb una roca mare dura. Donat la macroporositat proporcionada per l'estructura primària, la solubilitat de l'ió Ca^{2+} , la circulació de l'aigua al llarg del perfil, produirà un rentat dels carbonats que es perdran per lixiviació, no reprecipitant dins el perfil degut a la poca fondària del sòl.

d) Matèria orgànica i nitrogen total:

La distribució de la matèria orgànica en els perfils de la toposequència es caracteritza per tenir un horitzó O1 i/o O2 de poca gruixària, damunt d'un horitzó A1 amb una concentració important de matèria orgànica i per la disminució d'aquest contingut en fondària, mantenint valors propers a l'1% entre els 50-60 cm de profunditat.

També es pot observar que hi ha diferències en el percentatge de matèria orgànica, segons la vegetació que predomina a la zona. Tots els perfils tenen un alt contingut en orgànic, però els situats a les parts culminals, amb un predomini de la vegetació herbàcia, presenten uns valors dues o tres unitats superior que els perfils de cotes baixes, on la vegetació llenyosa és la més important. Sota clima sec hi ha un predomini d'una vegetació donamentalment llenyosa i les comunitats herbàcies passen a dominar quan augmenta el grau d'humitat. Aquesta distribució de la vegetació permet dir que hi ha un augment de l'aridesa a mesura que ens apropem a les cotes baixes del massís. Relacionat amb aquesta tendència, observem que també hi ha una disminució del contingut orgànic en aquest sentit, tal com exposa Pouget (1980) malgrat que a la zona estudiada un augment d'aridesa no comporti una disminució de la cobertura vegetal.

També es poden veure diferències en el contingut de C org. segons la vegetació. Trobem valors molt alts que es mantenen en profunditat sota prat. En aquest tipus de formació vegetal hi ha una incorporació de C en fondària per la mort de les arrels profundes, fet que explica aquest valors.

També podem considerar la relació C/N de la vegetació i la quantitat de deposició de restes vegetals en el perfil; les graminies vivaces tenen una C/N entre 15 i 20 i un 15-20 %

de lignines, mentres que els arbres de fulla ampla tenen una C/N entre 40-50 i un 10 % de lignines (G.E.C., vol III). Els valors baixos de C/N juntament amb el clima, permeten un grau més alt de descomposició i mineralització de la matèria orgànica en els perfils culminals, augmentant així, el seu valor respecte als perfils inferiors.

Un paràmetre relacionat amb el contingut orgànic és el Nitrogen total. Aquest, és important en superfície i disminueix en fondària. Segueix una tendència similar a la matèria orgànica fet que indica una relació entre ambdós.

Els nivells de nitrogen són més elevats en els horitzons superficials amb valors mínims de 0,122 i màxims de 0,506, que en els horitzons subsuperficials o d'alteració passa a ser de 0,035 i 1,66 respectivament.

Coneixent els valors del Nitrogen total i del Carboni, es pot calcular la relació C/N, index que indica el temps que necessita la matèria orgànica per mineralitzar-se i el contingut i estat de fertilitat del sòl.

En els perfils estudiats, la relació C/N disminueix per sota dels horitzons A1 (amb un valor mig de 9,086) mantenint-se més o menys constants en els horitzons minerals (valors al voltant de 5-6). Aquesta relació ens indica la presència d'una matèria orgànica força mineralitzada en els horitzons superficials, però degut a la gran quantitat de carbonats en els perfils, donarà lloc a un humus poc evolucionat per la immobilització dels àcids fúlvics, produint-se un procés d'humificació lenta. Un altre factor que ajudarà a estabilitzar aquest humus, és la gran quantitat d'argiles presents en els diversos horitzons. Seguint la classificació de l'humus proposada per Duchaufour (1978) podem dir que ens torbem davant de Mulls Carbonatats.

e) CIC, ions de bescanvi :

La CIC és un paràmetre important en el sòl ja que afecta al moviment de cations, nutrició de les plantes i dinàmica dels contaminants en el sòl. Aquesta propietat del sòl està fortament influïda pels components col·loïdals electronegatius, capaços d'interactuar amb els cations de la fase líquida del sòl. Prenen importància, doncs, el contingut i tipus d'argila, degut a la càrrega negativa no compensada del reticle cristal·lí i la matèria orgànica pel seus radical àcids.

Per evidenciar quin component és més important en la toposeqüència calcària, realitzem una regressió lineal entre la CIC i el % d'argila i el % de C, respectivament. Les relacions obtingudes són (considerant tots els horitzons del conjunt dels perfils):

$$\text{CIC} = 4,588 \%C + 11,22 \quad r = 0,823 \quad p < 0,01 \quad n = 14$$

$$\text{CIC} = 0,422 \%Arg + 2,513 \quad r = 0,763 \quad p < 0,01 \quad n = 14$$

Segons aquest valors, podem dir que el %C adquireix una mica més d'importància en el valor global de la CIC malgrat que les diferències amb el % d'argila no siguin massa significatives.

La CIC de la toposeqüència tendeix, en cada un dels perfils, a disminuir en profunditat. Suposant que les argiles minerològiques són del mateix tipus al llarg del perfil, es pot considerar que les variacions dels valors de CIC entre els horitzons superficials i subsuperficials són degudes fonamentalment a l'humus. Tot i que el perfil B3 és un col.luvi, els valors de CIC obtinguts no fan pensar que hi hagi una diferenciació minerològica de les argiles degut a que la diferència d'aquesta valors entre els diferents horitzons del perfil són aproximats a les diferències dels altres.

Els valors de CIC són força baixos, indicant que les argiles existents en els perfils tenen poca superfície específica i poca càrrega negativa que es pugui compensar. Aquest fet permetria classificar-les com argiles de tipus IL.LITIC.

Un aspecte relacionat amb la CIC són els ions d'intercanvi, de gran importància en la nutrició del vegetals. En tots els perfils el catió predominant és el Ca^{2+} , tant si els perfils contenen CaCO_3 com si no. L'ordre d'importància dels restants ions és Mg^{2+} , K^+ i Na^+ . Tant el K^+ com el Na^+ , van disminuint en profunditat, mentres que el Mg^{2+} té un comportament més irregular. Cal destacar la correlació positiva i significativa que existeix entre els ions intercanviables. Trobem relació entre el Ca^{2+} i el Na^+ ($r = 0,955$) i també entre el Mg^{2+} i el K^+ ($r = 0,595$), el que pot deixar entreveure un origen comú. També hi ha correlacions positives i significatives entre el % argila i el Mg^{2+} ($r = 0,509$) i el K^+ ($r = 0,698$) que podria explicar un mateix origen d'aquests dos ions, el primer procedent de l'MgO de la roca mare i el K^+ provinent de la degradació de la biotita. El K^+ també presenta una correlació positiva i significativa amb el % M.O. ($r = 0,759$) indicant una relació important entre aquests dos paràmetres.

La suma de cations intercanviables, és més elevada en els horitzons superficials que en els subsuperficials. Això podria indicar la ràpida mineralització de la matèria orgànica i l'absorció des de nivells més profunds d'alguns nutrients per part de la vegetació, fent devallar així, els valors dels nutrients en profunditat.

5.2-Toposequència silícica - Rocabruna-Montfalgars:

a) Característiques generals:

La toposequència presenta diferències morfològiques dels perfils analitzats que la constitueixen. Trobem perfils desenvolupats i diferenciats sobre esquistos i perfils molt més prims o amb poca diferenciació sobre material del Permotries.

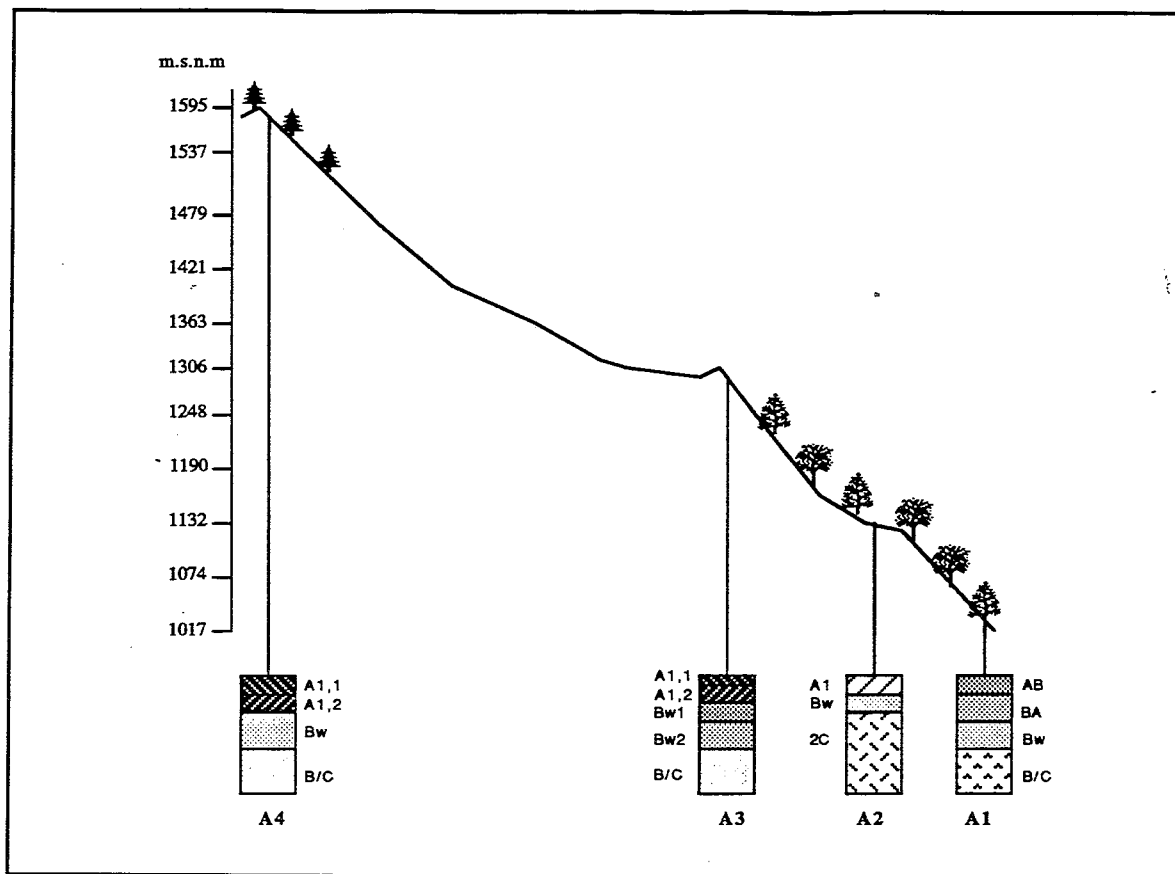


Fig. 12 - Esquema dels sòls de la toposequència silícica

Dins de la toposequència trobem a les parts baixes, uns perfils amb horitzons orgànics poc desenvolupats, tant pel que fa a la seva gruixària com pels canvis morfològics, generant només epipedions Ocrics. Els horitzons subsuperficials tampoc presenten massa desenvolupament, tenint una estructura primària fràgil, sense massa diferenciació però amb un grau d'alteració més elevat que la roca mare, que ens permet classificar-los com a horitzons d'alteració (B). En canvi a les cotes més altes, coincidint amb una litologia d'esquistos, trobem perfils amb una seqüència d'horitzons de tipus forestal, ben desenvolupats i profunds. Són perfils amb horitzons superficials gruixuts, foscos i ben estructurats, podent-se classificar com epipedions Umbrics (degut a la desaturació del complex de canvi). També presenten un alt grau de diferenciació dels

horitzons subsuperficials, tant pel que fa a la seva estructura com al seu color, generant sòls d'una fondària considerable (al voltant dels 100 cm), malgrat que també trobem sòls amb una seqüència d'horitzons del tipus A_{1,1}/ A_{1,2}/ BC.

A nivell de la classificació de la S.S.S. tots són de l'Ordre dels Inceptisols, però a nivell de subordre, trobem a les cotes baixes Ortens (A 1 i 2) i a les cotes altes Umbrepts (A 3 i 4).

b) Textura i pedregositat:

Pel que fa a la pedregositat dels horitzons es poden diferenciar dues tendències entre els perfils desenvolupats a la part baixa de la toposeqüència i els de les zones culminals. Els primers presenten un horitzó superficial una mica més pedregós que el que tenen immediatament per sota (normalment l'horitzó B). En canvi en els perfils desenvolupats sobre esquistos, situats a cotes superiors, s'observa un augment de la pedregositat amb la fondària. Aquestes diferències, poden ser degudes a un aport de material de les zones altes de la toposeqüència a les zones més baixes. Una raó per pensar-ho es el fet de que gran part dels elements grollers dels perfils A 1 i 2 són de naturalesa esquistosa, mentre que es desenvolupen sobre material del triàsic. En canvi els perfils superiors es troben en una situació geomorfològica més estable, amb un pendent menys acusat (al voltant dels 5°), perdent importància el component de col·luvionament esmentat.

Les textures són força equilibrades. Hi ha un predomini dins del perfils, a tenir textures més gruixudes al horitzons subsuperficials (classes texturals Franques i Franc-argiloses) i textures més fines, amb més contingut d'argiles als horitzons superficials (classes texturals Franc-argiloses i Argiloses gruixudes).

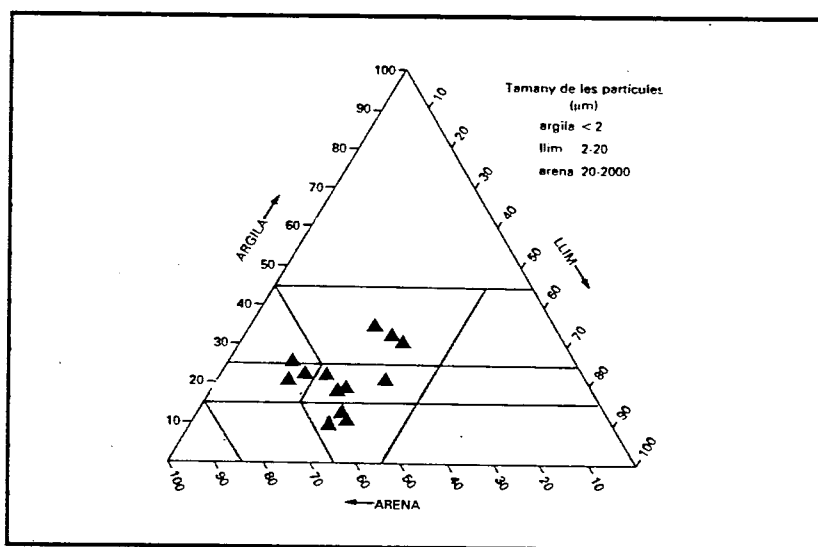


Fig. 13 - Diagrama de textures del conjunt dels horitzons de la toposeqüència

Aquestes textures conduiran a la formació de sòls amb pocs problemes d'aireació o infiltració d'aigua, afavorit també per l'estructuració del perfil.

L'estructura primària dels sòls analitzats és en general ben desenvolupada essent més bona en els sòls formats sobre esquistos, malgrat que en algunes ocasions es vegi condicionada a la gran quantitat d'elements grollers de l'horitzó (horitzons BC, fonamentalment). Els P 1 i 2 presenten una bona estructuració sobretot en els horitzons superficials, on es veu incrementada respecte als horitzons subsuperficials per la presència de materia orgànica, no obstant aquesta estructura és molt fràgil.

Tant la textura com l'estructura condicionaran la porositat del sòl i en aquest cas cal pensar que hi haurà força equilibri entre la macroporositat i la microporositat, generant sòls permeables i amb una velocitat d'infiltració força ràpida, no tenint problemes d'hidromorfia.

c) pH:

Amb les mesures d'acidesa obtinguts (taula X), podem considerar que els sòls són fortament àcids.

Taula 7 - Valors mitjans, màxims i mínims del pH en H₂O el primer i en KCl el segon, de tots els perfils

Hor.	n	x	d.s	c.v	màx.	min.
A	7	5,3	0,71	13,35	6,4	4,6
	7	3,95	0,61	15,45	5,07	3,42
B	7	5,46	0,58	10,58	6,6	4,7
	7	4,15	0,38	9,24	4,87	3,6

Tots els perfils són fortament àcids, amb valors de pH generalment inferiors a 5,0 en tots els perfils.

En el conjunt de la toposeqüència, podem observar que els sòls amb un pH menys àcid (6,4 - 6,6) és el situat a menys alçada (A 1), desenvolupat a partir d'una roca mare vermella del permotries. Els sòls més àcids, per contra, són els desenvolupats sobre conglomerats permotriàsics i sobre esquistos.

Tots els perfils, presenten un augment del valor del pH en fondària. Com a característica general es pot observar que els horitzons superficials (A₁) tenen un valor d'acidesa lliure i/o intercanviable inferior als horitzons més profunds. Els horitzons B d'alteració quasi sempre presenten un valor inferior o igual a 5,5 (valor diagnòstic en la sistemàtica francesa).

L'acidesa d'aquests sòls pot ser deguda:

- Material parental, ja àcid de per si.

- CO₂ de l'atmosfera del sòl, d'origen orgànic que contribueix a enriquir la solució del sòl en bicarbonats (pH > 5).

- Ionització de les funcions carboxíliques dels àcids orgànics a un pH < 5 on la concentració de bicarbonats esdevé pràcticament despreciable (Duchaufour, 1984); molt important en els horitzons superficials rics en matèria orgànica (amb un alt contingut en àcids orgànics solubles). Aquest procés es pot intuir, ja que hi ha una correlació negativa significativa ($\alpha = 0,05$) entre el %C i el pH. Fent una regressió lineal entre el %C i el pH, només als horitzons superiors, trobem:

$$\text{pH} = -0,149 \%C + 5,93 \quad r = 0,75 \quad p = 0,05 \quad n = 7$$

Segons aquesta equació, un augment del % de C orgànic fa disminuir el pH.

- Alliberació de H⁺ per part de la planta per contrarrestar l'absorció de cations i així mantenir l'electroneutralitat tant de la planta com del sòl (Binkley & Richter, 1987), important en els horitzons amb una gran concentració d'arrels (sobretot els A₁).

- Un altre element important que contribueix a l'acidesa d'intercanvi és l'Al³⁺ que és desplaçat dels llocs d'intercanvi, juntament amb H⁺, pel K provinent del KCl, fent disminuir el pH (Binkley & Richter, op. cit.). Tant l'Al³⁺ com el Fe³⁺, contribueixen a l'acidificació via hidròlisi. És un aspecte important en pH < 5, quan l'Al³⁺ s'allibera de l'estructura cristal·lina de les argiles.

d) Matèria orgànica, Carboni i Nitrogen:

En els continguts de matèria orgànica i nitrogen observats, es poden apreciar diferències entre cada tipus de sòl segons sigui el substracte sobre el que es desenvolupa.

Els valors del contingut orgànic dels horitzons superficials (A₁ i AB) es poden evaluar seguint els criteris d'Egido et al. (1979) en els estudis de sòls sobre roques metamòrfiques de la regió centre d'Espanya, on consideren:

	10% Valors molt alts
Horitzons superficials	4,5% Valors més corrents

En el cas dels sòls de Montfalgars, desenvolupats també, sobre roques metamòrfiques (A 3 i 4) els continguts orgànics són molt alts i són força semblants als que presenta Hereter A. (1990) com a valors dels sòls de roques metamòrfiques en el Montseny, on el valor mig per la matèria orgànica dels horitzons A és de 13,0 amb un màxim de 23,5 i un mínim de 4,7.

Considerant que els perfils A1 i 2 també es desenvolupen sobre material àcid, malgrat no sigui metamòrfic, podem veure, si més no, que el seu contingut orgànic és molt més baix que el dels perfils ja esmentats, essent molt baix en el A1 (considerem que l'horitzó superficial, no és un A, sino que aquest s'ha erosionat, quedant un AB en superfície, fet que podria explicar el baix contingut orgànic d'aquest).

Els valors de nitrogen total, a cada perfil, augmenten en superfície de manera que s'incrementen quan amb el contingut en matèria orgànica (correlació positiva i significativa $a = 0,01$ amb $r = 0,997$). La mateixa tendència s'observa en tota la toposeqüència, els valors més baixos (0,09) es troben en el P1, més pobre en matèria orgànica i els valors més alts (0,8) en els sòls amb més matèria orgànica.

Pel que fa al contingut en carboni orgànic, veiem que en tots els sòls hi ha una disminució d'aquest valor en augmentar la fondària. Amb tot i això, trobem una gran heterogeneïtat en els valors dels diferents sòls (mínim de 0,249 i màxims de 10,87), degut a les grans diferències en el seu % de matèria orgànica.

L'index C/N també disminueix en profunditat, degut principalment a la disminució del carboni en fondària i un grau més elevat de mineralització a aquests nivells. El seu rang de variació és inferior que el trobat pel contingut de carboni, trobant-se per al horitzons superficials (A₁) entre 9,3 i 14,4. Aquests valors, permeten identificar un tipus d'humus més vell, en el primer cas, a les parts baixes de la toposeqüència, amb més grau de mineralització, i amb pocs fragments vegetals identificables, podent-lo considerar com a un tipus Mull eutròfic (ja que té el complex saturat).

Els perfils A 2 i 3 presenten un humus més jove, menys mineralitzat i amb una capa de restes vegetals poc descomposats. En aquests dos casos podem considerar que ens trobem amb un humus de tipus Moder en el A2, definit per criteris morfològics, i amb un humus entre Moder subalpí i Mull àcid en el A3, ja que presenta trets morfològics d'ambdós tipus (segons les definicions de Duchaufour & Souchet, 1984). Un element que també ens permet dir que hi ha una orientació de la humificació cap a Mull, es el fet de que aquest perfil presenta una alta quantitat de ferro amorf lligat a la superfície de les argiles, que pot modificar l'evolució de la matèria orgànica (Vedy & Jacquin, 1972; Toutain, 1974.in :Vallejo, 1983).

e) CIC, ions de bescanvi:

La CIC dels sòls de la toposeqüència estudiada presenta una disminució en fondària, molt acusada en passar dels horitzons organo-minerals al minerals. Aquest fet conjuntament amb la relació existent entre el % de C i el % d'argila amb la CIC, evidenciades per uns coeficients de correlació positius i significatius amb $r = 0,765$ i $r =$

0,946 respectivament, permet pensar que en aquests sòls la matèria orgànica és el component amb més influència en la capacitat d'intercanvi del sòl.

Aquesta influència pot expressar-se en forma de regressió simple entre la CIC i el %C o de la CIC i el % d'argila. Si ho fem per tots els horitzons de tots els perfils obtenim:

$$\text{CIC} = 0,782 \% \text{Arg} - 5,751 \quad n = 14 \quad r = 0,75 \quad p < 0,01$$

$$\text{CIC} = 2,494 \% \text{C} + 5,148 \quad n = 14 \quad r = 0,90 \quad p < 0,01$$

Els valors de la CIC en els horitzons d'alteració mineral, són baixos. Oscil·len entre 4,46 i 9,33 meq/ 100 g. podent considerar un predomini de les argiles de tipus Illític, en aquests ambients.

Un paràmetre relacionat amb la CIC són els ions d'intercanvi i la saturació del complex de bases. Aquest últim factor està relacionat amb el pH. Aquests sòls presenten una correlació entre ambdós paràmetres ($r = 0,784$). D'aquesta manera, exceptuant A1, que presenta el complex saturat, podem observar que amb un pH més baix, es presenta també una saturació més baixa.

El principal catió de saturació és el Ca^{2+} . El següent catió en importància és el Mg^{2+} , després el K^{+} i finalment el Na^{+} (en el cas del A2 el K^{+} és el catió més important, presentant valors molt propers als del calci). El comportament tant del Ca^{2+} , del K^{+} , com del Na^{+} , dins el perfil, és disminuir en fondària, mentre que en el cas del Mg^{2+} , en els A 1 i 2, tendeix a augmentar en profunditat.

En tots els perfils hi ha més ions intercanviables en superfície (horitzons A i AB), sobretot Ca^{2+} . Aquest fet pot explicar-se per una mineralització força ràpida de la matèria orgànica. La disminució de la suma de cations en els horitzons B podria ser deguda a l'absorció de nutrients realitzada a aquestes fondàries.

La procedència tant del Na^{+} , del Ca^{2+} , com del K^{+} pot ser deguda a la component litològica, els dos primers degut a la presència de plagioclases en els micaesquistos i el segon per la meteorització de la biotita. També hi ha relacions entre els diferents cations, així el Ca^{2+} es correlaciona amb el Mg^{2+} i el Na^{+} amb el K^{+} . Aquests dos últims també es correlacionen positivament amb la matèria orgànica ($r = 0,9$ i $r = 0,7$ respectivament) indicant un possible origen orgànic.

f) El ferro:

Els òxids de ferro, juntament amb els d'alumini i manganès, constitueixen una fracció important del complex d'alteració del sòl.

S'ha analitzat les formes lliures i totals de ferro del perfil A4, respecte a la fracció mineral < 2mm, per tal de posar de manifest si pot haver-hi o no principis de podzolització, en les condicions en les que es troba aquest perfil.

El contingut de Fe de la roca mare és 7,9% (Fe_2O_3). Els resultats analítics obtinguts s'expressen en la següent taula:

Taula 8 - Contingut de diverses formes de ferro en els horitzons del perfil A4

Horitzó	Fe_t (%)	Fe_{II} (%)	$\text{Fe}_{II} / \text{Fe}_t$ 100	$\text{Fe}_{II} / \text{Arg}$ 100	Fe_t / Arg 100
A1,1	2,564	1,833	71,49	5,38	7,53
A1,2	2,913	1,870	64,42	5,75	8,96
Bw	3,043	1,467	48,21	10,75	22,29
B3	2,839	1,157	40,75	9,48	23,27

Els valors obtinguts de % de Fe_t , són força heterogenis. Hi ha un increment a l'horitzó Bw, però les diferències amb els valors restants no són massa altes i pot ser que no siguin significatives.

Els valors del % de Fe_{II} són resultat sobretot de l'alteració dels materials ferromagnesians, biotita, amfibols i piroxens, que després d'alliberar el Fe^{3+} en estat iònic, aquest evoluciona cap a formes amorfes i cristal·lines associant-se principalment a la superfície de les argiles. L'augment d'aquesta forma de l'estat del ferro en superfície, indica un major grau d'alteració en aquest sentit.

Fent la relació $\text{Fe}_t - \text{Fe}_{II}$ obtenim el % de ferro silicatat:

	A _{1,1}	A _{1,2}	Bw	BC
Fe_s	0,731	1,041	1,576	1,723

A partir de les dades, podem observar que hi ha un augment en fondària del ferro que forma part de la xarxa cristal·lina del silicat. Aquests minerals poden ser constituents primaris de roques cristal·lines o minerals filitosos (Baize, 1988).

També és útil analitzar l'evolució, de baix a dalt, de les relacions $\text{Fe}_{II} / \text{Arg} \cdot 100$ i $\text{Fe}_t / \text{Arg} \cdot 100$. Ambdues relacions mostren dos comportaments característics, diferenciant els horitzons A dels B. En els horitzons subsuperficials, els valors són més elevats, indicant la més alta quantitat de Fe a les argiles en aquestes fondàries. També és més elevat

el contingut de ferro amorf lligat a la superfície de les argiles, però en valor relatiu, mostren més alteració els horitzons A.

El grau d'alteració dels horitzons també es pot evidenciar emprant el percentatge $Fe_{II} / Fe_t \cdot 100$. En aquest sòl es pot observar un increment de l'índex de baix a dalt, diferenciant-se valors més alts a nivell superficial. Souchier (Baize, 1988) estableix uns marges en el % Fe_{II} / Fe_t , permetent aclarir quin tipus d'horitzó és l'analitzat. Considera que els valors compresos entre el 15 - 40% són característics dels horitzons B d'alteració mentre que valors entre 40 - 80%, poden definir tant horitzons Bt d'acumulació d'argila, força evolucionats, o bé horitzons Bh,s (espòdics).

El valor de l'horitzó Bw del perfil A4 és de 48,21%. Amb aquest percentatge ja podria incloure's com a horitzó Bh,s, seguint les consideracions esmentades. Malgrat tot, no s'ha considerat d'aquesta manera, ja que és un valor que es situa en els límits i morfològicament no s'ha vist cap característica requerida per la S.T.S (canvi textural, color, manca de cimentació per la matèria orgànica i/o ferro) per definir-lo com a tal. Aquestes dades analítiques tampoc evidencien que hi hagi una il·luyació de ferro i humus. Amb les observacions micromorfològiques, no s'han pogut reconèixer complexes ferro-húmics en els horitzons analitzats.

La mobilitat dels quelats en medi àcid és produïda principalment per la relació catió/anió. La manca de il·luyació de complexes ferro-húmics en els horitzons humífers del perfil A4 es pot explicar per l'existència d'un humus de transició entre Moder subalpí i Mull àcid caracteritzats per una activitat biològica considerable. Juntament amb la presència d'un medi airejat, el Fe^{3+} dels horitzons superficials pot passar ràpidament a formes d'hidròxids fèrrics amb una relació catió/anió alta des del principi, donat-se una insolubilització immediata que impedeix la migració dels complexes ferro-húmics (Duchaufour, 1984).

En els sòls amb aquestes característiques de climes temperats i humits, hi predominen les formes de ferro acomplexades o amorfes, Aquestes últimes evolucionen lentament cap a formes criptocristal·lines. En aquests sòls es considera que el 50% del Fe_{II} dels horitzons càmbics està en forma de goethita (Duchaufour, 1984).

5.3-Característiques micromorfològiques:

Mostreig:

El mostreig per a la micromorfologia s'ha realitzat seguint el mètode explicat per Fitzpatrick (1980) que consisteix en extreure blocs del perfil mantenint la seva estructura original. Es s'han utilitzat caixes de Kubiena.

Una vegada obtingudes les mostres es van precintar per evitar la seva disgregació i es van transportar al laboratori. El procés posterior va ser l'assecat a temperatura ambient per extreure al màxim la humitat, ja que la reïna d'impregnació no admet aigua. No s'utilitza l'estufa per evitar contraccions del bloc extret que comportarien una modificació del seu "estat natural".

Fabricació de les làmines:

S'han realitzat quatre làmines dels perfils de la toposeqüència silícia, dels horitzons més significatius dels perfils .

Taula 9 - Perils i horitzons dels que s'ha realitzat una làmina prima

Horitzó	Perfil	Litologia
Bw	A1	Permo-Tries
Bw	A2	Conglomerats
A ₁	A4	Esquistos
Bw	A4	Esquistos

Criteris per a la descripció de les làmines:

El sistema de descripció de les làmines és el que proposa Bullock et al (1985) en el Handbook for soil thin section description. Aquest sistema intenta eliminar al màxim qüestions interpretatives essent per tant un sistema descriptiu.

L'objectiu de les descripcions realitzades és sobretot la observació de característiques del sòl que evidencin l'actuació d'algun procés edàfic.

La manifestació dels processos és deguda a l'existència, en la matriu del sòl, dels anomenats *trets edàfics*: unitats de fàbrica discretes, diferenciades a partir de la matriu.

Dins de la massa basal del sòl es poden diferenciar unes unitats de fàbrica simple que conformen el sòl i se les anomena *components bàsics*. Aquests poden ser dividits entre els components bàsics minerals i els components bàsics orgànics, ja que el seu comportament i les seves propietats són diferents.

Els components minerals es divideixen en la fracció grollera i la fracció fina segons es puguin reconèixer com grans individuals o no.

Els components de la fracció grollera identificats a les làmines primes són els següents:

Quars:

És el component groller mineral bàsic més important, formant part de quasibé el 75% de les làmines (molt important en sòls de naturalesa àcida). Es presenta en forma de grans minerals irregulars aïllats de mida variable, estant en un rang de 0,35 a 5 mm .

No presenten un grau d'alteració massa elevat, normalment tenen contorns angulosos o arrodonits.

En el cas del perfil A4, tenen una fàbrica interna amb caràcter òptic reticulat produït pel metamorfisme de la roca.

Esquistos:

Són fragments de roca importants degut al seu gran tamany i proporció. Són fragments grollers de roca amb tamany comprès entre 0,25 mm i 1cm.

La mica és el component més important en la seva composició i es disposa orientada paral·lelament.

Aquests fragments presenten graus variables d'alteració. Sol ser una alteració de tipus pel·licular, donant lloc a la formació de mica o bé a una alteració irregular-linial per línies de fractura preferencial, amb impregnacions de ferro.

Artefactes:

En aquest apartat hi incluïm els fragments de carbó vegetal, indicadors de l'existència dels incendis forestals a la zona.

Són fragments que presenten isotropisme i generalment són de color negre. En alguns casos i en funció de com s'ha realitzat el tall, s'observa una fàbrica interna reticulada.

Són poc importants en el conjunt de les làmines amb mides que oscil·len entre els 0,05 mm i els 0,55 mm. Es presenten amb molt poca quantitat.

Els components orgànics bàsics també es divideixen en components orgànics grollers i components orgànics fins.

Els components orgànics identificats a les làmines primes, s'inclouen a la fracció grollera. Només s'ha observat:

Òrgans:

S'han identificat, sobretot, restes vegetals no massa descomposats, podent-se veure en alguns casos l'estructura histològica d'alguna arrel (segons la direcció del tall).

Són components molt poc importants en el conjunt de les làmines (< 2%) i solen disminuir en la profunditat del perfil. En moltes ocasions els fragments més importants es troben a l'interior dels porus (generalment vertical induït).

Hi ha una gran varietat de trets edàfics observables a les làmines primes. En els sòls de l'Alta Garrotxa hem diferenciat:

Nòduls impregnants i residus microcristalins de Fe_3O_2 :

Són acúmul·ls de ferro amorf que afecten parcialment o totalment als agregats. Es presenten com masses més opaques i de límits lleugerament mamel·lats. En algunes ocasions presenten una fàbrica interna més o menys porosa.

Revestiments argilosos o argilo-llimosos:

Són trets texturals que estan associats al sistema de buits del sòl i als grans minerals o partícules grolleres.

La composició dels revestiments observats és argilosa o argilo-llimosa. A vegades contenen impureses que es presenten com incusions microcontrastades dins del revestiment.

Són trets edàfics poc importants en el conjunt dels sòls i només són observables a nivell de microscopi.

El tipus de revestiment més important és el que es localitza a les parets del porus. En aquests casos es pot distingir una disposició de les argiles de forma més o menys orientada (birrefringència heterogènia amb llum polaritzada).

Trets excrementals:

Són estructures originades per la fauna i reben el nom de pel·lets fecals. Aquesta denominació es manté en la terminologia micromorfològica.

Els criteris principals d'identificació són la seva forma i la composició.

És un tipus de tret edàfic molt abundant en el conjunt de les làmines observades. No són observables macroscòpicament i microscòpicament es presenten com unitats més o menys discretes, ovoides, segons estiguin més o menys afectades per processos físics de descomposició, i generalment contenen gran quantitat de material mineral, presentant una coloració similar a la de la matriu.

Es troben associats al sistema de buits del sòl, tant en els porus intra-agregats com en els inter-agregats. Degut al seu tamany (al voltant dels 0,2 mm quan són unitats discretes) i a la seva forma podrien associar-se a l'activitat de la mesofauna del grup dels artròpodes.

Descripcions micromorfològiques:

Perfil A1, horitzó Bw:

Microestructura:

Estructura grumollosa compacta. Agregats grumollosos petits. Grau d'agregació elevat, amb alternaça de zones compactes a la part inferior de la làmina i altres més poroses a la part superior.

Coloració vermell-marronosa. Gran quantitat de ferro d'origen litològic que tenyeix tot el material.

Porus principalment d'empaquetament dels macroagregats. També es presenta porositat vertical induïda (intervé en la dinàmica d'aireació) produïda per la descomposició de les arrels. Generalment són porus sinuosos abundants. Algun d'ells presenten una orientació respecte a la vertical de la làmina de 45° a la dreta, però hi ha una gran variació en el conjunt.

Massa basal:

-Material groller:

Quars: és un material mineral groller molt abundant (30% de la làmina aproximadament). Mides compreses entre 0,06 mm i 0,75 mm. Moltes vegades es presenta fracturat amb contors angulosos.

Restes orgànics: pocs components orgànics, ocasionals (5-10% del total de la làmina), de mides compreses entre els 0,075 mm i 0,15 mm, quan la secció del tall és horitzontal i de 0,5 mm quan és vertical. Es localitzen dins dels porus. El seu grau d'alteració és lleu, donat que mantenen les estructures histològiques podent-se distinguir entre una part externa lingificada (còrtex), de coloració més fosca i una zona interna més laxa i incolora (sistema vascular). Algunes vegades la zona interna es presenta degradada.

Disminueixen en profunditat.

-Material fi:

És predominantment argilós. La seva disposició és força homogènia formant la base de la làmina. Coloració 10 R 3/6. Presenta una estructura porfídica.

Trets edàfics:

Trets edàfics texturals: es troben relacionats amb els porus. Les parets tenen revestiments o hiporrevestiments d'argila orientada de gruix variable però poc important de 0,01 a 0,0075 mm, amb límits entre llisos i poc rugosos. Es distribueixen regularment.

Fig. 14 - Revestiment d'argila al voltant d'un porus. Llum polaritzada (500µm)

Perfil A2, horitzó Bw:

Microestructura:

Estructura amb poca agregació. Presència dominant de material groller. Els agregats són granulars grumollosos i es troben en forma de recubriments dels components minerals. La disposició i tipus de material produeix una porositat molt abundant.

Poc material orgànic.

Massa basal:

-Material groller:

Quars: és el material mineral groller dominant (> 50% de la làmina), amb mides compreses entre els 0,3 mm i els 0,4 cm. Hi ha alguns fragments de quars que presenten patines d'òxid de ferro i d'altres, fractures d'alteració.

Calcedònia: es presenta en forma de ciment entre les sorres grosses i les sorres mitjes.

Mica i Moscovita: es presenten com fragments més petits que el quars, amb mides mai superiors al mil·límetre. Mostren fases d'alteració variables a illita en forma de pel·lícules de recubriments.

Artefactes: constituïts per carbó, de forma molt poc freqüent (2-5%).

-Material fi:

El material fi predominant és argilo-llimós, de tamany inferior a 0,01 mm. Es disposa al voltant dels fragments de quars o bé formant macro agregats compostos per argila i òxid de ferro, aprofitant cristalls d'altres naturaleses. Presenta una b-fàbrica cristal·lina.

També es poden observar nòduls d'oxid de ferro, de tamany reduït, procedents de la roca.

Trets edàfics:

Trets edàfics texturals: es produeixen en forma de translocació de material fi amb moltes impureses (birrefringència heterogènia), que mostra inclusions microcontrastades de fracció llim.

Presenta revestiments d'argila orientada en forma de micropans, relacionat amb el sistema de porus. Són irregulars i no continus de dimensions inferiors al 0,01 mm.

També presenta residus cristal·lins esponjosos rubiniformes amb posositat on hi ha acumulacions texturals i òxids de ferro. Són formacions que a vegades presenten formes globoses de dimensions compreses entre els 0,01mm i els 0,425 mm o en forma de filaments més dispersos. La seva coloració és 5 YR 7'5/6 i mostren poca birrefringència.

Trets edàfics excrementals: es troben a la làmina de forma freqüent (en un 10% aproximat, dins de la làmina) al voltant dels fragments grollers o dins els porus. Presenten una forma ovoidal amb marges llisos. Manifesten una degradació física important ja que no s'observen com unitats discretes, sinó que presenten un grau variable d'unió. Tenen un alt component mineral, presentant un color (10YR 7'5/4) molt semblant al de la resta de material fi. Presenten poca birrefringència.

Perfil A4, horitzó A₁:

Microestructura:

Aquesta làmina presenta molt poca terra fina. El seu grau d'agregació és baix, en forma granular fragmentària. El material fi augmenta amb la profunditat de l'horitzó. La matèria orgànica està ben incorporada a la matriu mineral. Existeix molta porositat degut a l'abundància de la fracció grollera i quan hi ha agregats es presenta una porositat d'empaquetament.

Masa basal:

-Material groller:

Micaesquistos: és el material groller dominant (> al 50% de la làmina). Són fragments de roca molt grans (mides compreses entre 0,3 i 1 cm.), orientats respecte a la

vertical de la làmina cap a la dreta. Presenten diversos graus d'alteració. A les fractures que es produeixen s'hi observen penetracions d'òxid de ferro.

Quars: material mineral groller secundari a la làmina. Presenta una fàbrica interna òpticament reticulada, explicable pel grau de metamorfisme de la zona. S'observa com cristalls de marges llisos i aïllats de la massa basal.

Restes orgànics: es presenten ocasionalment. Són restes vegetals (arrels) de 0,1 mm aproximadament, amb diferents graus d'alteració. Quan els restes presenten un grau d'alteració moderat, s'hi poden reconèixer estructures lignificades i no lignificades (externes i internes respectivament), però quan els restes s'ón més alterats, aleshores només es poden distinguir les estructures externes més resistents.

-Material fi:

És molt poc abundant. Predominantment cristal·lí. Augmenta el seu volum i grau d'estructuració quan augmenta la fondària de l'horitzó.

Trets edàfics:

Trets edàfics excrementals: es localitzen quan augmenta la fracció fina. Són abundants (aproximadament un 25% de la fracció fina). Presenten estructures ovoidals (0,04 i 0,05 mm) de límits llisos, quan estan poc alterats o bé com una massa indiferenciada quan estan alterats. Es localitzen a la porositat tant intra com inter-agregat. Presenten una bona incorporació mineral, amb una coloració de 10 YR 7/5/5.

Fig. 15 - Trets excrementals. Llum paral·lela (500 µm)

Perfil A4, horitzó Bw:

Microestructura:

Làmina que presenta un alt grau d'agregació en forma d'estructura en blocs pseudocompactes. Presenta b-fàbrica motejada. Té porositat irregular abundant amb una orientació vertical constituïda per porus fisurals i d'empaquetament.

Massa basal:

-Material groller:

Micaesquistos: són el fragment de roca més important dins de la làmina. Es presenta en una proporció abundant, amb fragments de mides entre els 0,25 i els 70 mm, que presenten diferents graus d'alteració. En algunes ocasions s'han observat nòduls de ferro a l'interior dels fragments de roca.

Quars: material mineral que augmenta amb la profunditat. Es presenta de forma ocasional (2%) com a cristalls angulosos.

També es pot observar la presència de biotita i mica en estat de degradació.

Restes orgànics: són restes vegetals provinents de les arrels. Es presenten ocasionalment (2%) i en secció horitzontal; tenen unes mides al voltant dels 0,1 mm.

Artefactes: constituïts per carbó. Estructures que presenten isotropisme i color negre. Oscil·len entre els 0,05 i 0,55 mm. Presenten una estructuració interna reticulada. No són molt importants en el conjunt de la làmina (5% del total).

-Material fi:

És predominantment argilós i pot arribar a constituir agregats distròfics. Es disposa homogeniament.

Trets edàfics:

És una làmina en la que només s'ha observat residus cristal·lins de ferro. De totes maneres només s'ha observat una formació d'aquest tipus. Es presenta com un dipòsit en capes successives.

6- CLASSIFICACIÓ DELS SÒLS:

6.1- Sistema Americà (S.T.S., 1990):

En el conjunt de sòls forestals estudiats, s'han reconegut tres tipus d'epipedions, horitzons de diagnòstic de superfície: **Ochric**, **Mollic** i **Umbric**.

Un epipedió es defineix Ochric, quan presenta poc gruix o una coloració clara (valors de croma i una lluïssor elevats). Aquest tipus d'epipedió és característic dels sòls poc desenvolupats, amb poca matèria orgànica o amb poca humificació.

Trobem aquests horitzons quan la roca mare és una marga i/o quan la quantitat de matèria orgànica, és escassa.

Els horitzons superficials més gruixuts, amb un contingut de matèria orgànica més elevat i més humificat, amb el consegüent enfosquiment superficial es defineixen, com Mollics.

A l'Alta Garrotxa es presenten sobre roques calcàries dures i sota una vegetació predominantment herbàcia.

Els horitzons superficials que presenten les mateixes característiques que els horitzons anteriors, però la saturació de bases del complex de canvi és inferior al 50%, es defineixen com epipedions Umbrics. Aquest tipus d'epipedions es presenten en els sòls desenvolupats sobre material silícic i amb un bon contingut orgànic en àrees climàtiques humides.

Els endopedions, horitzons subsuperficials de diagnòstic, que s'han identificat són el **Cambic**, **Calcic** i **Petrocalcic**.

L'endopediό Cambic coincideix amb els horitzons d'alteració Bw. Encara que en alguns perfils hi hagi horitzons de transició del tipus BA que presenten caràcters incipients d'alteració, la seva magnitud no és suficient per definir-los com Cambics.

En tots els casos, tant en els perfils de la toposeqüència silícica com en la calcària el caràcter més important per definir aquest horitzó ha sigut l'augment del seu grau d'estructuració, respecte al de l'horitzó subjacent.

Un altre caràcter important per definir aquest tipus d'endopediό és la capacitat de canvi de les argiles, cal que sigui superior o igual a $16 \text{ cmol}^+ \cdot \text{Kg}^{-1}$.

Aquest requisit és força restrictiu en els sòls estudiats, sobretot en els desenvolupats sobre substrates àcids, ja que la seva capacitat d'intercanvi total proporcionada per les argiles és molt baixa; malgrat tot s'hi han pogut definir.

L'alteració també es manifesta per canvis de color d'uns horitzons respecte als altres, tret important en els perfils A3 i A4.

Els endopedions Calcics i Petrocalcics només s'han descrit a la toposeqüència carbonatada, ja que en ambdós endopedions l'acúmul de carbonat n'és l'element principal.

Els endopedions Calcics, es presenten dins un rang ampli dels horitzons genètics, sobretot en els sòls col.luvionats, però predominen a nivell dels horitzons B. Són endopedions amb carbonat càlcic secundari no cimentat que es pot presentar en forma pulverulenta, filamentosa o nodular. Són horitzons que predominen sobre substractes margosos.

Els horitzons Petrocalcics, presenten l'acumulació de carbonat càlcic cimentada, de tal manera que és una limitació per a la penetració de les arrels. En els sòls estudiats només es presenta en col.luvi i amb un caràcter pretèrit donada la profunditat a la que es troba (>125 cm).

Classificació proposada:

La combinació dels horitzons de diagnòstic, resultants de l'actuació dels processos formadors, permeten agrupar els sòls de les toposeqüències en dos Ordres, nivell més alt de la taxonomia americana. Aquests són els **Inceptisols** i els **Mollisols**.

Malgrat tot a l'Alta Garrotxa, també hi ha un altre ordre molt important pel que fa a la seva extensió a la zona. Són els **Entisols**. Aquests es caracteritzen per presentar poc grau d'evolució traduïnt-se en una morfologia del perfil on només existeix un epipedió diagnòstic del tipus Ocric.

L'ordre dels Inceptisols té un rang ampli d'ambients a l'Alta Garrotxa. Els trobem tant sobre substracte carbonatat com silícic. En general són sòls que han sofert modificacions del material originari degut als processos de formació, que han sigut suficients per diferenciar-los dels Entisols, però no han sigut prou importants per generar una evolució més alta dels horitzons per classificar-los dins d'altres ordres.

A l'Alta Garrotxa s'inclouen dins d'aquest ordre tots aquells sòls d'epipedions poc orgànics o primis i que presenten un horitzó Cambic en forma d'alteració física, biològica, química o minerològica. Són perfils amb un grau d'evolució limitat sobretot per les condicions ambientals de la zona.

A l'Alta Garrotxa trobem dos factors limitants de l'evolució edàfica, diferents segons ens torbem en els ambients silícis o els calcaris. En el primer cas el factor limitant més important és el clima: les temperatures són força baixes i la precipitació es presenta de forma sòlida alguns mesos de l'any. Aquest conjunt de circumstàncies impedeix l'alteració ràpida de la roca mare i lla posterior evolució dels horitzons ja formats. A les zones calcàries, concretament a la Mare de Déu del Mont, el clima ja no és limitant (les temperatures són elevades i es presenten dues estacions de l'any amb un augment en la pluviometria). En aquests ambients, el factor que limita l'evolució dels horitzons és la gran

quantitat de carbonats i la textura del perfil, quan es desenvolupa sobre margues. El carbonat càlcic impedeix o relentitza l'evolució de la matèria orgànica, els àcids húmics són insolubilitzats per l'ió calci, traduint-se amb unes coloracions dels horitzons superficials clares; la textura, extremadament fina, limita la percolació de l'aigua, reduint els processos de lixiviat i de descarbonatació-recarbonatació.

A la zona estudiada, l'ordre Inceptisols queda limitat, sobretot, a sòls d'ecosistemes forestals tant silícics com calcaris.

A l'Alta Garrotxa els subordres es defineixen, per la quantitat de matèria orgànica i pel gruix que presenten els epipedions. Hem diferenciat els **Ochrepts** i els **Umbrepts**.

El subordre dels Ochrepts inclou sòls amb característiques variables però tots presenten un bon drenatge i coloracions clares.

El subordre dels Umbrepts inclou sòls àcids ben drenats, amb un epipedió orgànic i colors foscos.

Els grans grups es diferencien segons el règim d'humitat del sòl, o bé per alguna característica físico-química d'algun horitzó. Diferenciem entre **Xerochrepts**, **Eutrochrepts**, **Dystrochrepts** i **Haplumbrepts**.

A nivell dels subgrup, els criteris diferenciadors del taxon **Typic** són els contacte lític dins els 50 cm (**lithics**), l'absència de carbonats dins dels 100 primers centímetres (**Dystric**) i la presència d'un horitzó Calcic dins els 150 cm (**Calcixerollic**).

Els sòls que presenten un epipedió gruixut i orgànic amb coloracions fosques (croma inferior a quatre) que permet definir-lo com a Mollic, s'agrupen dins de l'ordre dels **Mollisols**. Un requisit per pertanyer a aquest ordre és que el complex de saturació de bases ha de ser superior al 35%, restringint aquests sòls a zones subhúmedes o semiàrides sobre material càlcic o amb recarbonatació.

És un ordre al que s'entra directament quan es presenta un epipedió Mollic, tant si es presenten horitzons subsuperficials com no.

A l'Alta Garrotxa aquest tipus de sòls queden limitats a l'àmbit de calcària dura i amb un règim d'humitat preferentment údic, on la humificació és més elevada. També és important el tipus de matèria orgànica del perfil i malgrat que els Mollisols no es limiten a ecosistemes herbacis, la majoria de sòls inclosos en aquest ordre s'hi troben.

En els sòls estudiats, els subordres queden definits per les característiques climàtiques; podem diferenciar els **Udolls**, característics de les parts culminals i/o vessants Nord, i els **Xerolls** de cotes més baixes i fonamentalment en vessant Sud.

A nivell de gran grup, les característiques diferenciadores més importants són el règim d'humitat del sòl i la presència d'algun altre horitzó subsuperficial de diagnòstic. Hem definit **Hapludoll** i **Palexeroll**.

A nivell de subgrup els criteris diferenciadors utilitzats són presentar un horitzó Perocalcic dins els 150 cm (**Petrocalcic**), el contacte lític dins els 50 cm superficials (**lithic**) o tot i no tenir horitzó de diagnòstic Cambic, la part inferior del Mollic, presenta el color de Cambic (**Entic**).

6.2- Sistema F.A.O. (1990):

La classificació mitjançant aquest sistema s'ha fet seguint la llegenda del mapa dels sòls del món a escala 1: 5.000.000.

El Sistema F.A.O. també utilitza horitzons de diagnòstic que es defineixen com propietats quantitatives produïdes pels processos formadors, però no són un criteri de classificació en si sinó que ho són els efectes quantificables que han tingut en el sòl. Les definicions d'aquests horitzons de diagnòstic són quasibé les mateixes que les definides per la Soil Taxonomy, però en la terminologia s'utilitza la combinació de la nomenclatura genètica (A,B,C) amb la qualificació de l'horitzó de diagnòstic.

Aquest sistema defineix unes Unitats de sòl, i unes Fases: caràcters del sòl significatius pel seu ús i maneig.

Els epipedions diagnòstic definits són: **horitzó A Mollic**, **horitzó A Umbric** i **horitzó A Ochric**, que presenten els mateixos requeriments que els de la Soil taxonomy.

Els endopedions diagnòstic són l'**horitzó B Cambic**, **horitzó Calcic** i **horitzó Petrocalcic**.

Una diferència amb els criteris de la S.T.S. (1990), que té importància en la classificació d'aquests sòls, és que l'horitzó B Cambic requereix una fondària superior o igual a 15 cm i almenys un 8% d'argila. Aquestes modificacions, però, no modifiquen els horitzons de diagnòstic reconeguts en aquest treball de l'Alta Garrotxa, amb la S.T.S.

Classificació proposada:

La jerarquia utilitzada pel Sistema F.A.O. consta de tres nivell de generalització:

Grup o Gran Agrupament de sòls.

Unitat de sòl

Subunitats de sòl (definides a partir de les fases).

En aquesta classificació utilitzem el Gran Agrupament i la Unitat de sòl. Per definir-los s'utilitza la presència o absència dels horitzons de diagnòstic, les propietats diagnòstic i certes propietats de caire evolutiu. S'exclouen les dades climàtiques com a criteri separador de les unitats de sòl.

Els sòls de l'Alta Garrotxa s'han agrupat en cinc Grans agrupaments: **Leptosols (LP)**, **Calcisols (CL)**, **Kastanozems (KS)**, **Phaeozems (PH)** i **Cambisols (CM)**.

El Gran Agrupament dels Leptosols (LP) inclou els sòls que presenten un horitzó de diagnòstic A Mollic, sense horitzó B de diagnòstic. Solen tenir una limitació de fondària dins els 30 cm superficials. En aquests Gran Agrupament hi incluïm sòls desenvolupats sobre calcàries com el perfil B4. En aquest cas concret la profunditat és de 37 cm, però al ser una zona molt irregular on domina aquesta limitació, s'ha classificat com a tal.

La Unitat de sòl s'ha determinat per la presència immediatament per sota de l'horitzó A Mollic de material calcari a una profunditat superior als 10 cm (**Rendzic**).

El Gran Agrupament dels Calcisols (CL) inclou sòls que presenten un horitzó Calcic o Petrocalcic juntament amb un horitzó A Ochric i un horitzó B Cambic. En aquest Gran agrupament s'hi inclouen els sòls on el procés formador més important és l'acúmul de carbonat càlcic. A l'Alta Garrotxa aquests sòls queden limitats sobre materials predominantment margosos i en ambients dominats per condicions de sequera en una època de l'any. Es localitzen a les cotes baixes del massís de la Mare de Déu del Mont.

La Unitat de sòl s'ha definit per l'absència d'altres horitzons subsuperficials diagnòstic secundaris (**Haplic**).

El Gran Agrupament dels Kastanozems (KS) i dels Phaeozems (PH) inclouen els sòls que presenten un epipedió A Mollic i difereixen entre si per la presència d'horitzons Calcics en els primers. Són sòls que es caracteritzen per una acumulació de matèria

orgànica i un alt percentatge en el complex de saturació de bases. Solen ser característics d'ambients esteparis o de transició entre bosc i estepa. A l'Alta Garrotxa queden limitats als ambients calcàris i sota una vegetació predominantment herbàcia amb poc pi roig.

La Unitat de sòl diferenciadora de la Unitat **Haplic**, és la presència d'un horitzó calcic (**Calcic**).

El Gran Agrupament dels Cambisols (CM) inclouen sòls amb horitzó A Mollic, A Ochric i A Umbric conjuntament amb un horitzó B Cambic. Són sòls que presenten una formació incipient però no prou forta per incloure'ls en altres Grans agrupaments. Es considera que el procés més important és l'alteració de l'horitzó B. A l'Alta Garrotxa en formarien part tots els sòls àcids.

Les Unitats de sòl s'han definit segons percentatge de saturació de bases superior al 50% (**Eutric**), inferior al 50% (**Dystric**) i per la presència d'un epipedí A Umbric (**Humic**).

6.3- Sistemàtica Francesa. A.F.E.S. (1990) :

El plantejament de la Sistemàtica francesa difereix molt de les classificacions anteriors. En aquest cas es realitza una aproximació morfogenètica. És un sistema concebut com un espai tipològic amb unes referències, però sense cap tipus de jerarquització.

En el Referential Pedologie només es contemplen dues categories (actualment en revisió):

Horitzons de referència / Horitzons conceptuals.

Tipus.

Els horitzons de referència i els horitzons conceptuals són el resultat de la interpretació de les propietats morfològiques específiques de l'horitzó, associades a conceptes edafogenètics, però que resulten de la seva interpretació en relació al altres horitzons i amb el paisatge.

Els Tipus, per contra, són qualificatius relacionats amb el comportament i amb el funcionament del sòl, diferenciadors de les referències.

La combinació d'ambdues categories permet digerenciar els Grans grups de Referència (GER).

Els horitzons que presenten una estructuració edàfica generalitzada d'origen biològic i una coloració enfosquida es defineixen com horitzons A.

Els horitzons superficials diagnòstic que s'han definit en aquest conjunt de sòls són **l'horitzó carbonatat (Aca)** i **l'horitzó calcic (Aci)**.

Quan l'horitzó A presenta elements grollers calcàris o dolomítics, amb una efervescència davant els HCl generalitzada, un pH comprès entre 7 i 8,7 i el complex de canvi saturat en més del 95%, es defineix l'horitzó carbonatat Aca.

Quan no existeixen elements grollers i la terra fina no mostra efervescència davant el HCl, però el complex de canvi està saturat en més del 85%, aleshores es defineix l'horitzó calcic Aci.

Ambdós tipus d'horitzons són característics dels sòls que evolucionen en ambients físico-químics dominats pels ions calci, per tant a l'Alta Garrotxa quedaran limitats a la toposequència bàsica.

Els horitzons d'alteració edàfica, evidenciada per processos d'alteració dels minerals primaris, alliberament d'òxids de Fe-Al, descarbonatació o bé per canvis de coloració i estructura, s'anomenen horitzons estructurals i s'expressen com horitzons S; es diferencien dels horitzons B per l'absència d'acumulacions il·luvials.

En els sòls de l'Alta Garrotxa s'han descrit els **horitzons carbonatats (Sca)**, caracteritzats per presentar estructura edàfica i efervescència generalitzada i un complex de canvi, saturat en més del 95%.

En els sòls carbonatats també s'han descrit endopedions d'acumulació. En aquest cas cal distingir entre els horitzons d'acumulació de calcària secundària de forma discontinua o toba, considerant aleshores un **horitzó calcàric (K)** i quan aquesta acumulació és endurida o de forma contínua es defineix l'**horitzó petrocalcàric (Km)**.

Classificació proposada:

Hem diferenciat dos Grans grups de referència (GER), per la combinació dels horitzons diagnòstic per altra banda molt condicionats per la litologia. Considerem els **BRUNISOLS** i els **SÒLS CALCIMAGNÈSICS**.

El GER dels Brunisols es caracteritza per presentar un horitzó estructural (S) ben desenvolupat, però mai calcàri i per tenir un pH en aigua comprès entre el 5 i 6,5 (mai superior a 7) i un epipedí del tipus Mull amb un horitzó A molt típic que presenta estructuració d'origen biològic. Dins d'aquest GER hi quedarien inclosos tots els sòls de la toposequència silícica, malgrat que els perfils A2 i els horitzons A_{1,1} i A_{1,2} del perfil A4 tinguin un valor de pH una mica inferior a 5.

Els Brunisols són sòls marcats per una alteració moderada i per una feble neoformació d'argiles (característiques d'una edafogènesi recent) o bé si es tracta de sòls

antics, per la relentització de l'edafogènesi per algun factor ecològic com ara la climatologia, o la resistència de la roca mare a l'alteració.

Les referències es defineixen en funció del grau de saturació de bases de l'horitzó estructural. Són **SATURATS** quan el percentatge de saturació es troba entre 70-100%, i **DESATURATS** quan es troba entre el 20-50%.

Quan els sòls evolucionen damunt d'una litologia calcària, es defineixen els **SÒLS CALCIMAGNÈSICS**.

Dins d'aquest GER hem diferenciat tres referències: **RENDISOLS**, **CALCOSOLS** i **CALCAROSOLS**, diferenciant en aquest cas els sòls carbonatats i els sòls càlcics.

Quan la combinació d'horitzons, només consta d'un epipedió càlcic (Aci) damunt d'una roca mare, es defineixen els Rendisols; sòls primis caracteritzats per un rentat dels carbonats de la terra fina dels seus horitzons. A l'Alta Garrotxa queden limitats a les parts culminals damunt de calcària dura i sota un règim d'humitat que permeti el rentat.

Quan el sòl diagnòstic presenta un horitzó diagnòstic carbonatat (Sca) es defineixen els Calcosols.

Quan els sòls estan dominats per la presència d'un horitzó K o Km (es troba a menys de 20 cm de profunditat) es defineixen els Calcarosols, amb una seqüència del sòl diagnòstic del tipus Aca / (Sca) / K o Km. Aquests sòls es caracteritzen sobretot per l'acúmul secundari de carbonats, més que per l'alteració mineral dels seus horitzons.

A l'Alta Garrotxa trobem que existeixen sòls que definim com Calcosols, però que també presenten un horitzó càlcic. Segons el *Référentiel Pedologique*, en aquests sòls és més important la presència d'un horitzó carbonatat (Sca) que l'horitzó càlcic, ja que denoten processos diferents en cada tipus de sòl.

Els Tipus de cada una de les referències, varia molt ja que són qualificatius de cada un dels perfils, que serveixen per caracteritzar els horitzons, precisar la naturalesa de la roca mare i de l'epipedió humífer.

Taula 10 - Classificació dels sòls segons el Sistema Americà (1990)

Horitzó diagnòstic	Ordre	Gran grup	Subgrup
Ochric i Cambic i Calcic	INCEPTISOLS	Xerochrepts Eutrochrepts Dystrochrept Haplumbrepts	-Calcixerollic -Dystric -Lithic -Typic
Mollic i/o Cambic	MOLLISOLS	Palexerolls Hapludoll	-Petrocalcic -lithic -Entic

Taula 11- Classificació dels sòls segons el Sistma F.A.O. (1989)

Horitzó diagnòstic	Grup de sòl	Unitat de sòl
A Mollic	Leptosols	-Rendzic Leptosol (LPk)
A Mollic	Phaeozems	-Haplic Phaeozem (PHh)
A Mollic i Calcic	Kastanozems	-Calcic Kastanozem (KCK)
A Ochric i B Cambic i Calcic	Calcisols	-Haplic Calcisol (CLh)
A Ochric o A Mollic o A uimbric i B Cambic	Cambisols	-Eutric Cambisol (CMe) -Dystric Cambisol (CMd) -Humic Cambisol (CMu)

Taula 12- Classificació dels sòls segons el Sisema de la AFES (1990)

Horitzó diagnòstic	Gran grup de referència	Referència
Horitzó S estructural	BRUNISOLS	-SATURATS -DESATURATS
Horitzó A càlcic (Aci) o A carbonatat (Aca) i/o S carbonatat (Sca) i/o horitzò calcàric (K) o Petrocalcàric (Km)	SOLS CALCIMAGNÈSICS	{ -RENDISOL -CALCOSOL -CALCAROSOL

7- PROCESSOS FORMADORS:

Des de que un material mineral aflora a la superfície és progressivament colonitzat per la vegetació herbàcia, arbustiva i finalment l'arbòria. Al mateix temps i ha un desenvolupament del perfil edàfic, formant-se en primer lloc un horitzó orgànic sobre el material disgregat que evoluciona cap a sòls que presenten horitzons incipients d'alteració mineral, fins a un estat final més complexe. Es pot dir que la formació del sòl té lloc quan es produeix aquesta diferenciació vertical dels horitzons.

Per entendre la formació del sòl és necessari saber quins són els processos edàfics que han tingut lloc i que han permès la diferenciació d'uns determinats horitzons i no d'uns altres.

Cada ambient poseeix una combinació de *factores formadors* (mediambientals) que controlen les condicions en les quals actuaran els *processos edafogenètics* que es manifestaran com una *resposta* (característica morfològica) en els sòl.

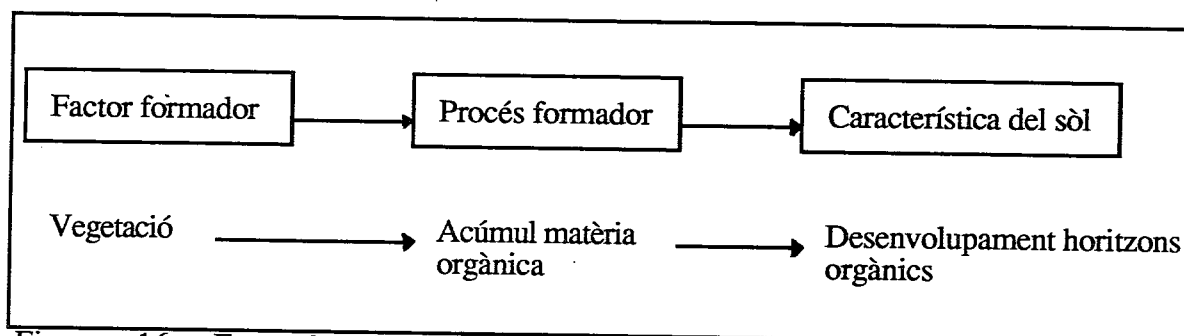


Figura 16 - Exemples de les relacions entre els factors formadors, processos i característiques del sòl.

El conjunt dels processos que actuen en un sòl es poden agrupar segons:

Transformacions (orgàniques i inorgàniques): conjunt de processos que comporten canvis de composició i forma dels compostos orgànics i/o inorgànics i que poden afectar al material del sòl.

Translocacions o transferències: moviment de substàncies tant de forma ascendent com descendent dins del perfil.

Enriquiments: aports externs de materials, repercutiran en l'engruiximent del sòl i en la seva evolució.

Pèrdues: inclouen els processos erosius (de la dinàmica del sòl) i la pèrdua de components fora del perfil (lixiviació).

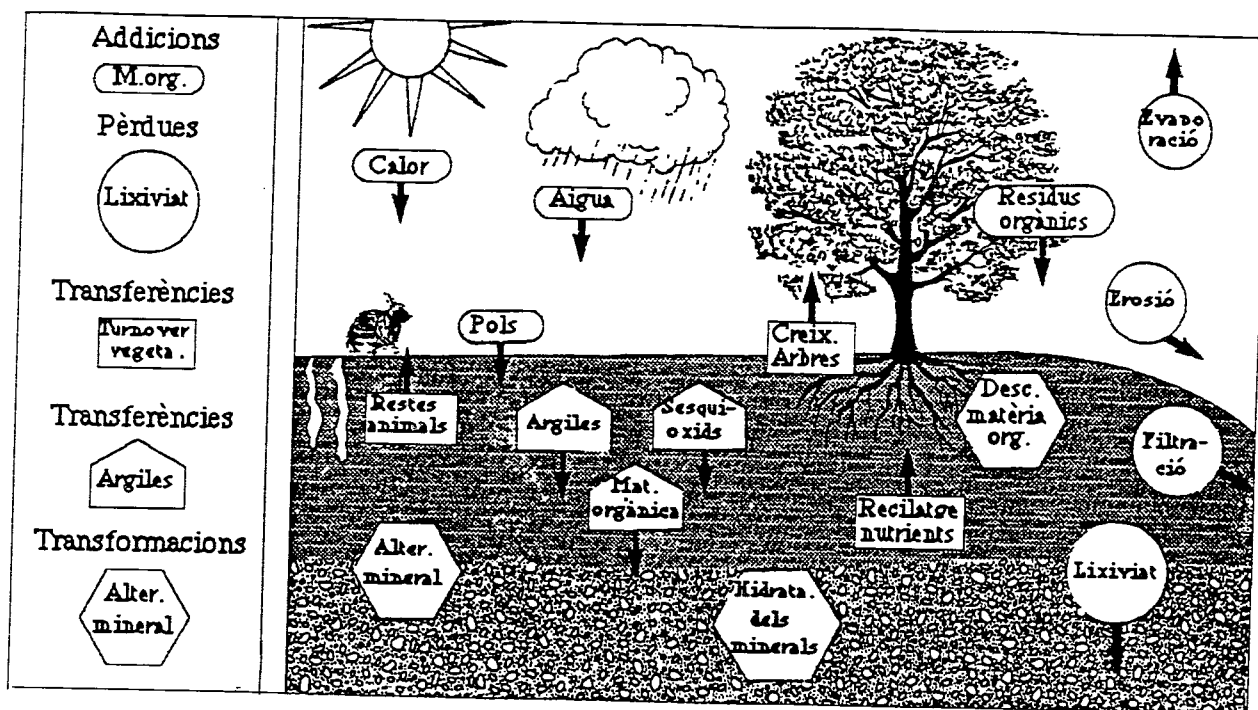


Fig. 17 - Esquematització dels processos de formació dels sòls.

Un procés previ o coetani a la diferenciació dels horitzons és la **meteorització**; alteració del material mineral del sòl o de la roca mare, pels diferents agents meteòrics.

És un procés condicionat pel tipus de material original, les condicions climàtiques (temperatura i humitat) i l'activitat biològica.

Cal diferenciar entre una meteorització de tipus físic; produïda per canvis acusats de temperatura i fenòmens de gel/desgel que conduiran a la fragmentació de la roca, i la meteorització química que provoca una transformació dels materials originals.

Transformacions orgàniques:

Dins d'aquest grup de processos s'inclouen tots aquells que influeixen en l'evolució de la matèria orgànica en el perfil. Es consideren doncs, *l'acumulació*, la *mineralització*, la *humificació* i la *melanització*.

A l'Alta Garrotxa es poden diferenciar dos tipus d'acumulació: en els perfils de la toposequència carbonatada trobem sòls que presenten una acumulació de matèria orgànica en superfície poc important donant lloc a perfils amb una capa superficial de virosta de poc gruix i uns horitzons de descomposició i fermentació vegetal molt poc aparents (predominen sota vegetació escleròfila) i els sòls que no presenten acumulació superficial (predominen sota vegetació hebàcia).

En els sòls àcids trobem poca acumulació de matèria orgànica tant en els perfils de les cotes altes sota una vegetació predominant de landa (*Calluna*), perfils A3 i A4, com en

els perfils de cotes baixes i sota vegetació de ribera (perfil A1). El perfil A2 tot i trobar-se sota aquest mateix tipus de vegetació presenta capes de virosta superficials d'aproximadament 0,5 cm i unes capes H+L de 1 cm.

La mineralització, oxidació dels compostos orgànics donant lloc a components minerals senzills, en tots els sòls de les dues toposeqüències és força ràpida.

Els processos d'humificació quasibé sempre donen lloc a un humus de tipus Mull, exeptuant el perfil A2 en el que trobem un humus Moder on la unió entre la matèria mineral i la matèria orgànica no és tant alta, presentant horitzons superficials amb més acumulació de restes vegetals identificables i que a nivell analític es tradueix amb valors de la relació C/N elevats.

Com a conseqüència d'aquesta evolució de la matèria orgànica, els horitzons superiors mostren un esfosquiment: la melanització.

Aquest procés és molt evident a les zones culminals d'ambdues toposeqüències. En aquestes posicions topogràfiques el perfil tenen un contingut orgànic més elevat, generant epipedions de coloracions fosques (cromes baixos) permetent classificar els perfils com Xerolls i Udolls, a la toposeqüència carbonatada i Umbrepts en la silícica.

A les cotes baixes, també es produeix la melanització però en menor grau. Cal diferenciar en aquest cas la toposeqüència silícica de la carbonatada. A la primera, la coloració clara pot ser deguda a la menor quantitat de matèria orgànica del perfil (A1) o bé al menor grau d'humificació (perfil A2). A la toposeqüència carbonatada, en canvi, el que no permet una coloració fosca és l'abundància del carbonat càlcic, que fa disminuir la coloració i alhora genera colors ocres.

Transformacions inorgàniques:

Dins d'aquest grup cal diferenciar entre:

- *Carbonatació / descarbonatació*: Aquests processos són importants en els sòls calcimagnèsics en una climatologia seca però amb dues èpoques a l'any on es produeix un augment de la pluviometria per sobre de l'evapotranspiració real. En aquestes situacions el règim d'humitat del sòl passa a ser de tipus percolant i permet una solubilització dels carbonats (descarbonatació). Els bicarbonats formats poden ser traslocats dins del propi perfil (carbonatació) o bé ser eliminats del sòl.

A l'Alta Garrotxa trobem zones d'activitat biològica elevada i pertant hi ha una alta concentració de diòxid de carboni en el sòl, produint-se un fenòmen de descarbonatació del substrate alliberant-se bicarbonats.

Quan el règim d'humitat és xèric i la fondària del sòl supera els 100 cm, les formes solubles produïdes circulen en l'aigua de drenatge subsuperficial i precipiten quan els sòls es

veu empobrit en els nivells de diòxid de carboni i augmenta el pH. En aquest punt es dona una acumulació de carbonats generant horitzons càlcics i petrocàlcics.

Les morfologies d'aquests horitzons observades a l'Alta Garrotxa són en formes pulverulentes (perfil B1) o nodulars (perfil B2). En moltes ocasions també es poden trobar format part dels elements grollers del perfil, de formació externa a aquest i que per fenòmens d'erosió i acumulació hi formen part.

- *Transformacions argiloses*: La formació d'argiles deriva de l'alteració dels minerals primaris silicatats, biotita, feldspats i minerals ferromagnesiàns, influenciada per les condicions climàtiques de la zona.

A l'Alta Garrotxa, hi predomina un tipus de clima que comporta condicions d'alteració mínimes (poca humitat o poca temperatura). Sota aquestes condicions predominarà la via de formació de materials argilosos anomenada herència.

En un medi bàsic i climatologia mediterrània (Mare de Déu del Mont) es pot pensar que es conserven argiles micàcies o il·líticaes de tipus heretat. La CIC de les argiles dels perfils analitzats presenten valors força baixos, al voltant dels $40 \text{ meq} \cdot 100 \text{ gr}^{-1}$, que permet pensar en el predomini d'aquest tipus d'argiles.

En medi silícic, tot i que la climatologia és més humida, també hi ha un predomini de l'herència. Les argiles formades són fonamentalment il·lites, malgrat puguin haver-hi clorites heretades de la composició dels micaesquistos. Aquest tipus d'argila és dioctaèdrica de tipus 1:1 sense substitucions isomòrfiques que li confereixen molt poca capacitat d'intercanvi catiònic (valors entre els 5 i els $20 \text{ meq} \cdot 100 \text{ gr}^{-1}$), que ajudarien a explicar el valors del la CIC total dels perfils A3 i A4, compresos entre els 8 i els $24 \text{ meq} \cdot 100 \text{ gr}^{-1}$. Tot i ser un medi àcid i ben drenat no existeixen processos de neoformació de les argiles per la manca d'una meteorització intensa que permeti l'alteració quasi total de les parts meteoritzables dels minerals primaris i la solubilització de la sílice, quedant només restes d'alumini.

- *Transformacions fèrriques*: La coloració dels horitzons d'alteració fonamentalment, és controlada per la natura i la quantitat de compostos de ferro que presenten.

Dins dels sòls estudiats a l'Alta Garrotxa, el procés dominant és la brunificació, evident sobretot en els perfils de la toposeqüència silícica A3 i A4. Un medi àcid, humit i ben drenat de clima poc contrastat (no hi ha sequera estiuenca) permet una hidratació permanent dels òxids de ferro. L'alt contingut orgànic dels horitzons possibilita la formació de complexes ferro-húmics que proporcionen la coloració bruna a l'horitzó.

En medi bàsic, on existeix el contrast estacional necessari per donar-se processos de rubefacció, el que n'és limitant és la litologia. L'existència del substrate margós impedeix des d'un principi la mobilitat del ferro donat l'elevat pH del perfil.

Translocacions o transferències:

És un conjunt de processos en els que s'hi inclouen tant migracions internes com l'edafoturbació.

A l'Alta Garrotxa, en els sòls analitzats no s'ha evidenciat cap procés important de migració interna, ni de matèria orgànica (queluviació) ni de fins (il.limerització).

En el medi silícic només s'ha pogut determinar en els perfils A1 i A2, per mitjà de la micromorfologia, un incipient moviment de fins que es presenten com a revestiments molt poc importants (amb un gruix al voltant de 0,01 mm) al voltant de les parets dels porus.

En medi carbonatat, la gran quantitat de calci impedeix la movilització de les argiles, ja que es presenten floculades i per tant no existeix movilització d'aquestes en el perfil.

Un procés molt important és la bioedafoturbació: l'activitat de la fauna en el sòl produeix barreja i homogeneïtzació del perfil edàfic. Com a conseqüència d'aquesta activitat en resulta un enriquiment dels horitzons subsuperficials en matèria orgànica. A l'Alta Garrotxa els organismes que produeixen aquesta barreja es poden diferenciar segons el pH dels sòls. S'ha observat activitat de macrofauna, (lombrícs i formícs) en els horitzons dels perfils carbonatats, on el pH no limita la seva activitat. Aquesta és molt aparent en els horitzons superficials i subsuperficials dels perfils desenvolupats sobre margues i en els epipedions dels perfils culminals, desenvolupats sobre calcàries dures.

En els perfils amb un grau d'aciesa elevat (toposeqüència silícica), s'ha constatat activitat de la mesofauna (evidenciada en micromorfologia). En aquestes condicions no s'ha observat activitat de la macrofauna.

En ambdues toposeqüències, però, hi ha un enriquiment orgànic dels horitzons subsuperficials i un augment de la porositat del perfil. A nivell dels epipedions, afavoreix una més bona integració de la matèria orgànica amb la matèria mineral (molt important en els sòls més àcids).

Cumulització:

La geomorfologia de l'Alta Garrotxa, abrupte i amb pendents acusats, afavoreix els processos d'enriquiment dels horitzons superficials dels perfils de les cotes baixes, amb material provinent de l'erosió de sòls de nivells superiors.

A la toposeqüència carbonatada aquest procés es pot observar en el perfil B3 que està format sobre succesius aportos, amb un caràcter col.luvial. A la toposeqüència silícica es manifesta en menor grau en els perfils A1 i A2, per la presència en els horitzons, d'elements grollers de litologia diferent a la roca mare però igual a la de les posicions topogràfiques superiors.

Altres formes d'enriquiment és l'engruiximent dels horitzons superficials. En el perfil B5, l'horitzó A presenta un gruix de 60 cm que permet pensar en una tendència a ser pàquic, malgrat no presenta els requeriments de gruix necessari. No es pot considerar que tendeix a cumúlic donat que disminució en el contingut de C org en el perfil es fa d'una manera regular.

Pèrdues:

En els sòls calcimagnèsics existeixen un tipus de pèrdues lligades als processos de descarbonatació. Els sòls culminals sota un règim d'humitat és údic, i limitats en fondària per la roca dura (perfils B4 i B5) els carbonats s'eliminen del perfil en forma de bicarbonat dissolt en les aigües de drenatge (lixiviació), donant lloc a horitzons superfícies amb absència de carbonats.

8- SÍNTESI

El conjunt de sòls analitzats mostren un grau de desenvolupament lleu però suficient per produir una diferenciació vertical del perfil que ja presenta horitzons B d'alteració.

A l'Alta Garrotxa el factor formador que té més importància és la litologia, degut a que en trobem davant de sòls joves (Entisols, Inceptisols i Mollisols fonamentalment - segons la STS-), on els processos de formació encara no són prou importants per desdibuixar aquest efecte.

Per intentar exposar l'evolució i la gènesi dels sòls estudiats, utilitzem la sistemàtica francesa (Référentiel Pédologique) que es caracteritza per la importància que confereix a aquests dos aspectes.

Segons aquest sistema podem agrupar els sòls estudiats en dos grans grups de referència en funció de la litologia, els BRUNISOLS i els SOLS CALCIMAGNESICS, aquests últims dividits en dues referències entre sòls carbonatats i sòls càlcics.

Els factors vegetació i clima també són molt importants. Es pot observar que al llarg de les dues toposequències el clima varia de forma evident manifestant els seus canvis en la distribució de les comunitats vegetals. La temperatura mitja anual disminueix i la precipitació augmenta, fets que permeten esperar que també hi hagi un increment de l'índex de lixiviació segons el gradient altitudinal. El tipus de vegetació canvia amb l'alçada, essent més importants en les cotes altes les comunitats predominantment herbàcies. La combinació de l'augment tant de l'índex de lixiviació com de la vegetació amb l'alçada provoquen canvis en el contingut orgànic i la distribució de carbonats, si és que n'hi ha, dels sòls segons les posicions topogràfiques.

També s'ha pogut observar l'efecte de la geomorfologia. Trobem sòls primers en zones on els pendents són acusats i inestables i sòls més profunds i fins i tot col·luvials quan la geomorfologia és més estable o es produeix un canvi de pendent que permet que hi hagi una acumulació de material erosionat.

En funció de la combinació d'aquests factors formadors trobem cada tipus de sòl en una posició determinada en el paisatge:

Sòls càlcics (RENDISOLS CALCICS):

Aquest grup de sòls queden restringits a zones de litologia calcària que permetin un percolat ràpid (calcàries dures) i/o amb un alt nivell de precipitació.

La primera restricció limita la seva presència a zones on hi predominen les calcàries dures i la segona a les zones N de l'Alta Garrotxa (Comanegra) o bé a posicions geomorfològiques culminals (Mare de Déu del Mont), on es produeixen les dues condicions esmentades.

La gènesi dels **RENDISOLS** es relaciona amb una descarbonatació dels horitzons malgrat no es produeix una desaturació del perfil i per un aport i transformació de la matèria orgànica important, de tal manera que presenten un procés de melanització important donant lloc a sòls d'epipedions foscos.

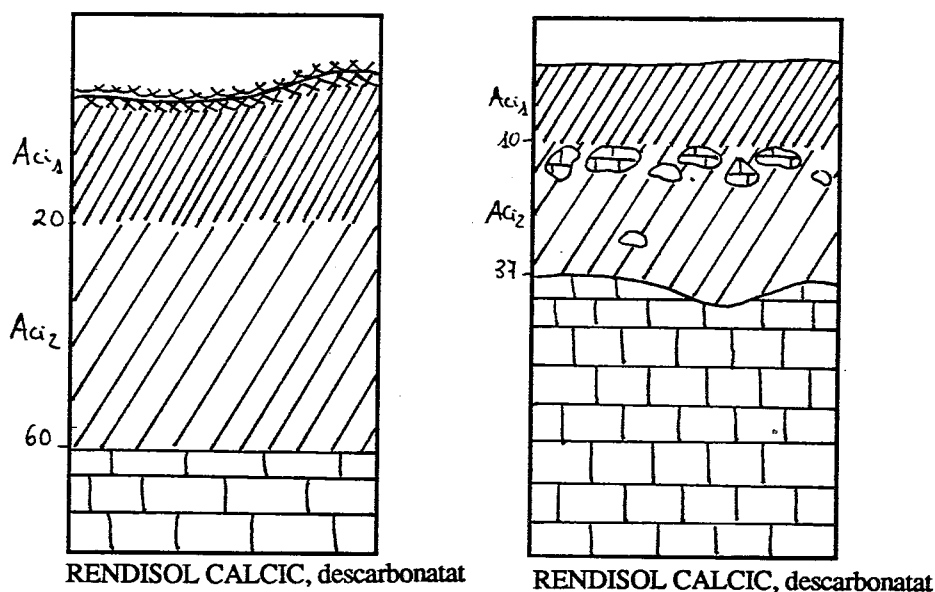


Fig. 19 - Diferents tipus de **RENDISOLS** sobre calcàries dures a l'Alta Garrotxa.

Sòls carbonatats (CALCOSOLS i CALCAROSOLS):

És un grup de sòls molt ampli on s'hi inclouen els sòls que no presenten descarbonatació ni rubefacció.

A l'Alta Garrotxa els trobem fonamentalment sobre margues i roques carbonatades de gra fi que no permetin la percolació de l'aigua amb facilitat i també sobre col·luvis.

La distribució d'aquests sòls està molt relacionada amb el material litològic. A l'Alta Garrotxa són els sòls que dominaran, ja que també és la litologia que es presenta amb més freqüència.

La gènesi dels sòls carbonatats es caracteritza per la poca transformació del sòl respecte al material originari donant lloc a sòls amb poc grau d'evolució que presenten moltes característiques heretades de la litologia (granulometria, argiles, carbonats...).

En els sòls desenvolupats sobre margues, existeix una disgregació mecànica ràpida de la roca, l'aigua queda neutralitzada amb molta velocitat i la dissolució progressa poc en profunditat (Bottner, 1972), generant sòls molt carbonatats. Quan les condicions climàtiques presenten un grau d'humitat una mica més elevat es pot produir un rentat més elevat dels carbonats que no es lixiviaran del perfil, sinó que s'acumularan en els horitzons subsuperficials donant lloc als horitzons calcàrics o petrocalcàrics.

En aquests sòls els procés formador més important és la dissolució i redistribució dels carbonats i en segon terme l'alteració mineral per a donar lloc a horitzons B d'alteració.

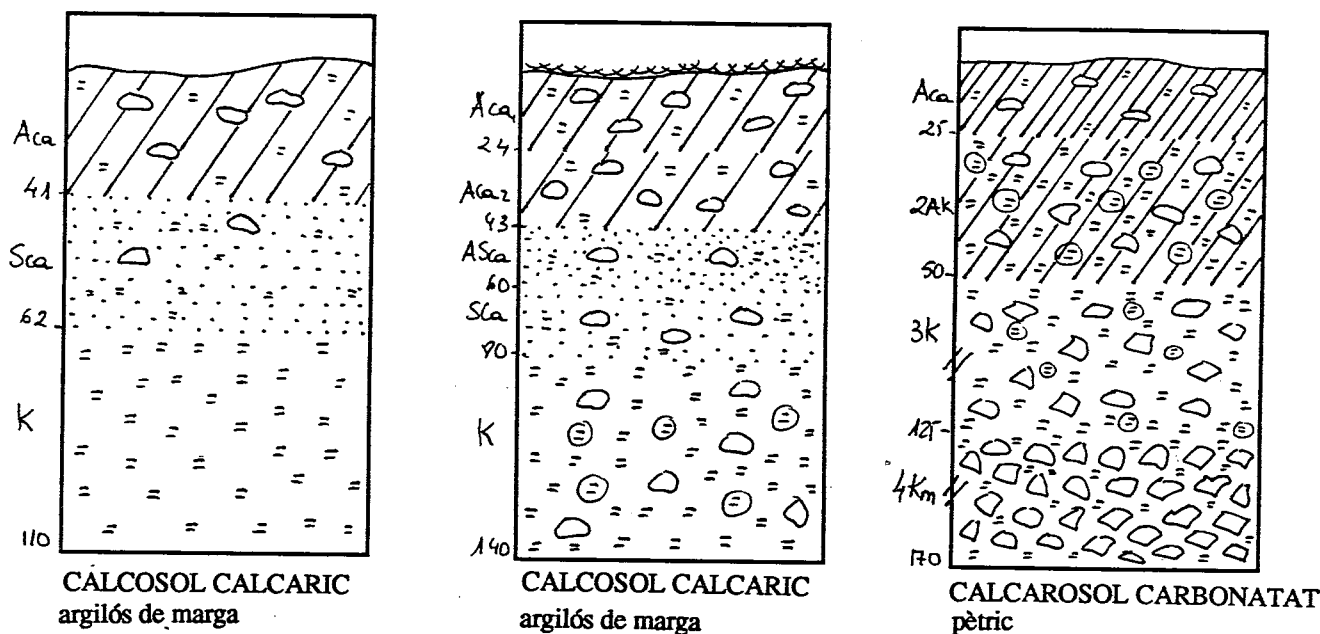


Fig 20 - Diferents tipologies dels sòls carbonatats a l'Alta Garrotxa.

Sòls àcids (BRUNISOLS):

Aquest grup de sòls també inclou una gran varietat de tipologies. En el cas de l'Alta Garrotxa queden limitats i separats dels altres sòls per la litologia, ja que no presenten carbonats.

La seva distribució queda limitada a la part NO de la zona on existeix un domini de litologia silícica.

La gènesi dels BRUNISOLS està caracteritzada per un domini dels processos d'alteració mineral per formar un horitzó d'alteració (B), i per l'absència de carbonats dins del perfil, malgrat que no s'exclouen aquells sòls que presenten un complex de bases saturat.

Els sòls de la toposeqüència silícica són desaturats i humífers a les cotes més altes, mentre que quan canvia la litologia, i el pendent augmenta apareixen sòls prims saturats totalment o en superfície, amb lleus processos d'il·luviació de compostos fèrrics microcristal·lins i fins i tot d'argiles.

Aquestes diferències es podrien explicar, ja que un canvi de litologia comporta també una permeabilitat diferent dels sòls, amb una dinàmica hídrica determinada. Les acumulacions de ferro presenten una distribució que permet pensar que són fruit de períodes d'anegament (es troben desordenadament damunt de la massa basal del sòl) i es

podria relacionar amb un dipòsit per el canvi de la circulació de l'aigua subsuperficial al llarg de la vessant. La saturació del complex dels perfils de les cotes baixes també es podria explicar d'una manera semblant. L'aigua de lixiviat de les cotes superiors, va produint un rentat dels ions de canvi dels sòls situats a les parts altes de la vessant, quan aquesta arriba a un material diferent i amb un canvi de la forma del pendent, es pot produir una "reprecipitació" dels ions lixiviat anteriorment.

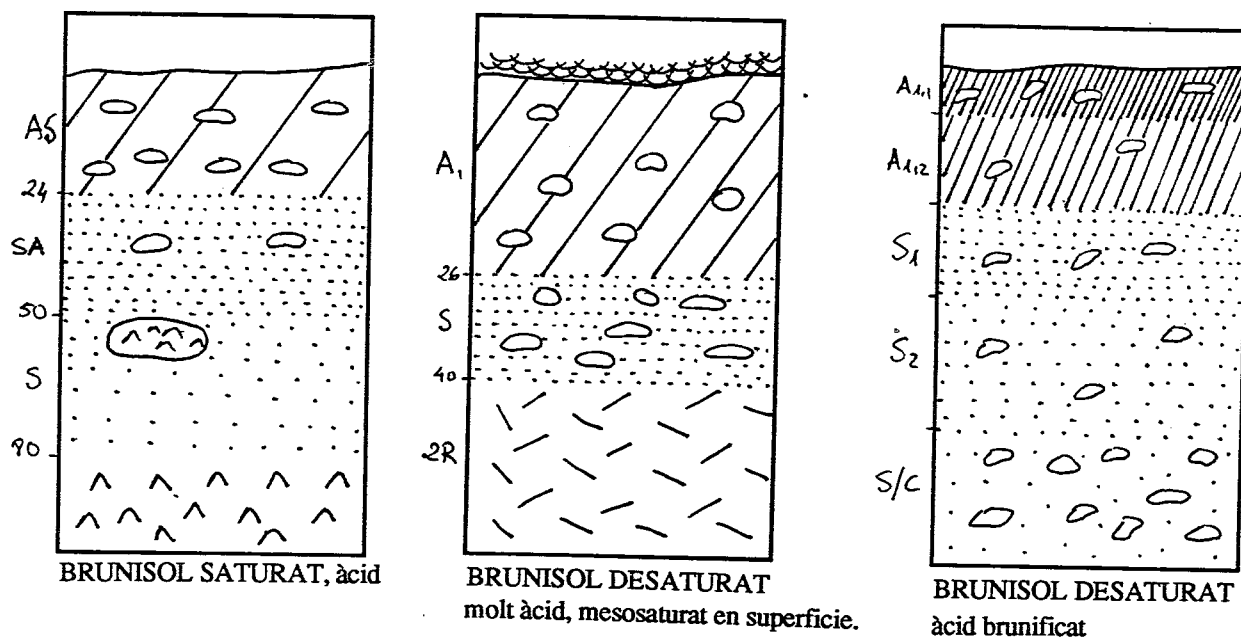


Fig. 21- Diferents tipus de BRUNISOLS a l'Alta Garrotxa.

Dinàmica evolutiva:

Amb les característiques morfològiques i físico-químiques dels perfils analitzats es pot establir una seqüència evolutiva dels mateixos.

Els BRUNISOLS ocupen una situació intermitja dins dels sòls temperats entre els sòls poc evolucionats i els calcimagnèsics d'una part i els tipus més diferenciats (SÒLS FERSIALÍTICS, LUVISOLS...) de l'altre.

Una seqüència teòrica, vindria donada per l'evolució dels CALCOSOLS CALCARICS i CALCAROSOLS CARBONATATS cap a BRUNISOLS SATURATS per una pèrdua dels carbonats del perfil mitjançant el rentat del mateixos.

Els RENDISOLS CALCICS, també tendrien cap a aquest grup de sòls, però com que la seva característica és la manca de carbonats, en aquest cas caldria que es produís un desenvolupament en fondària, donant lloc a horitzons B d'alteració.

En el cas dels sòls àcids l'evolució dels sòls vindria donada per el pas dels BRUNISOLS SATURATS a BRUNISOLS DESATURATS, per un augment del lixiviat de les bases de canvi.

Una seqüència conjunta d'evolució dels sòls podria ser la següent.(Fig. 22)

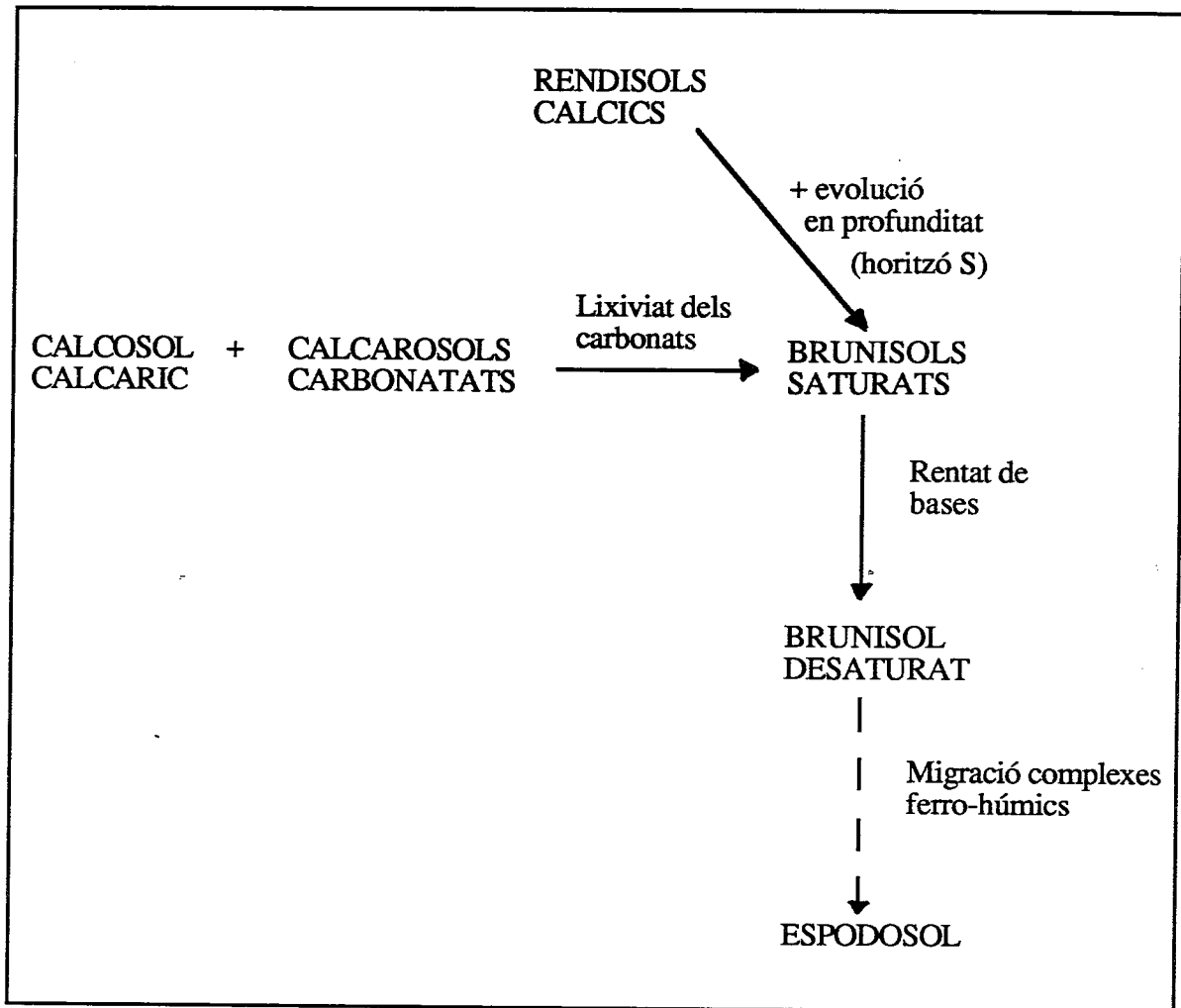


Fig. 22 - Evolució teòrica dels sòls de l'Alta Garrotxa.

9- BIBLIOGRAFIA

- Agbu, P.A; Olson, K.R. 1990. *Spatial variability of soil properties in selected Illinois Mollisols*. Soil Science. Vol. 150 n°5. USA.
- Amundson, R.G; Chadwich, O. A; Sowers, J. M; Doner, H.E. 1989. *Soil evolution along an altitudinal transect in the estern Mojave desert of Nevada, U.S.A.* Geoderma, 43: 349-371. Amsterdam.
- Asadu, C.L.A. 1990. *A comparative characterizaton of two foot-slope soils in the Nsukka area of eastern Nigeria*. Soil Science. Vol.150. n°2. USA.
- Association Française pour l'Etude du Sol. 1990. *Référentiel Pédologique Français*. 3ème propositon. Paris.
- Binkley, D; Richter, D. 1987. *Nutrient cycles and H^+ budgets of forest ecosystems*. Advances in Ecological Research, 16: 1-51.
- Birkelang, P.W.1984. *Pedology, weathering and geomorphological research*. 4a. edició. Oxford University Press.
- Boardman, J. 1985. *Soils and quaternari ladscape evolution*. Jonnh Wiley and sons Ed, N.Y.
- Bolós, O; Vigo. 1990. *Flora dels Països Catalans*. 2a. ed.Ed. Barcino. Barcelona.
- Bolt, G.H; Bruggenwert, M.G.M.(Ed). 1978. *Soil chemistry. A basic elements*. 2a. ed. Elsevier. Amsterdam.
- Bonneau, M; Souchier, B. 1987. *Edafologia. Vol II. Constituyentes y propiedades del suelo*. Ed. masson. Barcelona.
- Buold, S.W; Hole, F.D; McCracken, R,J. 1983. *Génesis y clasificación de suelos*. Ed Trillas. Mèxic.
- Bullock, P; Federof, N; Jongerius, A; Stoops, G; Tursina, T; Babel, U. 1985. *Handboock for soil thin secton description*. Waine Research Publications. Wolverhampton.
- Comisión de métodos oficiales de suelos y aguas. 1975. *Métodos oficiales de análisis*. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Dijkerman, J.C; Miedema, R. 1988. *An Ustult-Aqult-Tropept Catena in Sierra Leone, west Africa, I. Characteristics, genesis and classification*. Geoderma, 42: 1-27. Amsterdam.
- Duchaufour, Ph. 1984. *Pédologie.. Col. Abreges*. Ed Masson. Paris.
- Duchafour, Ph. 1984. *Edafologia. Vol, I. Edafogénesis y clasificación*. Ed. Masson. Barcelona.
- Dudal, R.; Tavernier, R; Osmand, D. 1967. *Mapa de los suelos de Europa I: 2.500.500*. FAO. Roma.

- Estevez, A. 1973. *La vertiente meridional del Pirineo Catalan al norte del curso medio del rio Fluvià*. Publicacioes Universidad de Granada.
- FAO. 1988. *FAO/UNESCO Soil map of the world, Revised legend*. World Resources. Report 60, FAO. Roma.
- FitzPatrick, E. A. 1980. *The micromorphology of soils. A manual for preparation and description of thin sections of soils*. Dpt. Soil Science. University of Aberdeen.
- Folch, R. 1987. *La vegetació dels Països Catalans*. Ed. Barcino. Barcelona.
- Hereter Quintana, A. 1990. *Els sòls forestals del massís del Montseny*. Tesi Doctoral. U.Barcelona.
- Jongerius, P. D. 1985. *Soils and geomorphology*. Catena supplement 6. W. Germany.
- Johnson, D.L; Watson-Stegner, D. 1987. *Evolution model of pedogenesis*. Soil Science. Vol. 143 nº5. USA.
- Lopez Ritas, J; Lopez Melida, J. 1978. *Diagnóstico de suelos y plantas*. 3a ed. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- M. J. Editors. *European Training course on soil micromorphology. II Application to soil micormorphology*. Wageringen. The Netherlands.
- McDaniel, P.A; Munn, L.C. 1985. *Effect of temperature on organic carbon-texture relationships in Mollisols and Aridisols*. Soil. Scientific Society American Journal. Vol. 49. USA.
- O'Hare, G. 1992. *Soils, vegetation, ecosystems. Conceptual framework in Geography*. Sena. Ed. Logman House. U.K.
- Page, A.L; Miller, R.H; Keeney, D.R. 1982. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbial proprieties*. 2a ed. American Society of Agronomy Inc. Soil Science of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. USA.
- Pennock, D.J; Jong, E. de. 1990. *Spatial pattern of soil redistribution in boroll landscapes, southern Saskatchewan, Canada*. Soil science. vol. 150. nº6. USA.
- Pennock, D.J; Zebart, B.J; Jong, E.de. 1987. *Landorm classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada*. Geoderma, 40: 297-315. Amsterdam.
- Porta Casanelles, J.;et al. 1987. *Introducció al coneixement dels sòls dels Països Catalans*. Història natural dels Païsis Catalans. vol. 3. Barcelona.
- Pouget, M. 1980. *Les relations sol-vegetation dans les steppes sud-algéroises*. Trav. et doc. ORSTOM, 116. Paris.
- Righi, D; Bravard, S; Chauvel, A; Ranger, J; Robert, M. 1990. *In situ study of soil processes in an oxisol-spodosol sequence of Amazonia (Brazil)*. Soil Science vol. 150 nº1. USA.

- Riva Arderiu, O; Bolós Capdevila, O; et al. 1979. *Geografia física dels Països Catalans*. Ketres editora. Barcelona.
- Soil Survei Staff. 1990. *Keys to Soil taxonomy*. 4th Ed, SMSS technical monograph n 6. Blacksburg. Virginia.
- Thompson, L.M. 1980. *Suelos y Fertilidad*. 4a.edició. Ed. Reverté. Barcelona.
- Vallejo Calzada, R. 1983. *Estudio de los suelos forestales de la Depresión Central Catalana*. Resum tesi Doctoral. U. Barcelona.
- Walter, H. 1976. *Vegetació i climes del món*. 2a. Ed. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Wilding, L.P.; Smeck, N.E.; Hall, G.F. Ed. 1283. *Pedogenesis and soil taxonomy. I. Concepts ants interactions*. Development in Soil science 11A. Elsevier science publishers, B.V. Amsterdam.
- Wilding, L.P.; Smeck, N.E.; Hall, G.F. Ed. 1283. *Pedogenesis and soil taxonomy. I. Soil Orders*. Development in Soil science 11A. Elsevier science publishers, B.V. Amsterdam.
- Woerner, M. 1991. *Soils of a catena on alluvial / colluvial fans in the semiarid Northeast of Mexico and their possible use*. Arid soil research and rehabilitation. Vol. 5 211-224. U.K.

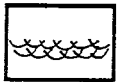
10- GLOSSARI

Brunisol	(AFES) Sòl caracteritzat per la presència d'un horitzó estructural molt ben desenvolupat. No calcari. Es troba en climes temperats, atlàntics o semicontinental.
Calcàri	Presència de carbonats al menys en forma d'elements grollers.
Calcarosol	(AFES) Sòls caracteritzats per la presència d'un endopedió calcàric (k) o petrocalcàric (Km).
Càlcic	Saturació del complex de canvi amb més d'un 80% de calci. No existeix efervescència, o només localment o puntulament.
Calcisol	(FAO). Grup de sòls que es troben sobre material originari molt rics en carbonats, caracteritzats per presentar un horitzó Càlcic.
Calcosol	(AFES) Sòls amb empipedió carbonatats o càlcics de color molt clar. Amb o sense endopedió estructural.
Cambisol	(FAO). Sòl que present un endopedió Cambic associat eventualment a un epipedió Ochric, Umbric, Càlcic o Gypsic.
Carbonatat	Sòl enriquit amb carbonat càlcic. Presència de carbonats de calci i/o de magnesi primaris o secundaris a la terra fina. Efervescència generalitzada.
Entisol	(STS). Ordre de sòls minerals que no presenten horitzons de diagnòstic caracteritzats, o com a màxim tenen un epipedió Ochric.
Epipedió Mollic	Horitzó superficial diagnòstic de sòls minerals de color fosc (lluïdor i cromament menor de 3 en humit), relativament gruixut, amb una taxa de saturació major al 50%.
Epipedió Ochric	Horitzó superficial diagnòstic de sòls minerals, amb un valor de cromament molt elevat, que conté poca matèria orgànica i/o que és molt prim.
Epipedió Umbric	Epipedió que satisfà totes les condicions per a un Mollic, menys pel que fa referència a la saturació de bases que és inferior al 50%.

- Inceptisol (STS). Ordre de sòls minerals que presenta un o més horitzons edafogenètics en els que els minerals han estat alterats o desplaçats, però sense que hi hagi una acumulació significativa.
- Kastanozem (FAO). Sòl que presenta un epipedió A Mollic de croma superior a 2 amb un endopedió Calcic o Gypsic que es troben a menys de 125 cm de profunditat.
- Leptosol (FAO). Sòl limitat en profunditat per una roca dura contínua, per una capa cimentada a menys de 30 cm superficials. Sense altres horitzons diagnòstic que un A Mollic, Umbric o Ochric.
- Mollisol (STS). Ordre de sòls minerals que presenten un epipedió Mollic, amb una saturació de bases de més del 50%. Mai poden presentar endopedions Oxics ni Espodics.
- Phaeozem (FAO). Sòl que presenta un epipedió A Mollic i que no presenta endopedió Calcic, Gypsic ni acumulació de calcària pulveulenta.
- Rendisol (AFES) Sòl descarbonatat. Existeix en tots els climes menys en els molt àrids i desèrtics calents.

11- ANEXE

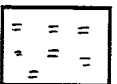
Per representar gràficament els perfils s'hsn utilitzat un conjunt de signes, cada un indicatiu d'un caràcter del sòl. Són els següents:



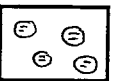
Capa orgànica poc descomposada



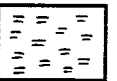
Matèria orgànica ben descomposada i integrada



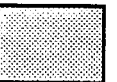
Carbonat càlcic



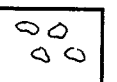
Nòduls de carbonat càlcic



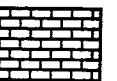
Acúmul de carbonat càlcic



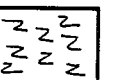
Horitzó d'alteració mineral



Elements grollers



Material original calcari



Material original esquistós



Material original conglomeràtic



Material original permotriàsic vermell

Descripció dels perfils:

PERFIL: B1

Coordenades: 31TDG 782 803.

Alçada: 730 m.

Localitat: Mare de Déu del Mont

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil situat en una vessant cóncava

Pendent: 35°

Dinamica de la forma: Estable

Situació en el Pendent: Vessant mitja.

Morfologia local: Pendent complexa.

Règim hídric/tèrmic: Xèric/Mèsic

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Margo-calcàries brunes.

Vegetació: Alzinar amb roure.

Ús: Forestal i ramader.

DESCRIPCIÓ:

A _{1,1} 0-24 cm	Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 10 YR 6/3. Elements grollers molt freqüents. Grava fina i mitja, arrodonits esferoidals calcaris; alterats. Distribució regular sense orientació. Estructura moderada en blocs subangulars fins. Matèria orgànica molt abundant, amb restes vegetals identificables i descomposats units a la matriu mineral. Humus Mull-Moder. Activitat de la fauna evidenciada per galeries reomplertes. Arrels fines freqüents. Efervescència al HCl 1:1 molt intensa. Límit inferior gradual. Epipedió: Ochric
A _{1,2} 24-43 cm	Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 10 YR 7/3. Elements grollers freqüents, homomètrics esferoidals, grava fina i mitja amb alguns còdols. Calcaris alterats. Sense orientació definida. Estructura moderada en blocs subangulars mitjans. Matèria orgànica abundant ben incorporada a la matriu mineral. Activitat de la fauna produïda per llombrius. Arrels fines i molt fines a la base de l'horitzó. Efervescència al HCl 1:1 molt intensa. Límit inferior pla.
BA	Horitzó de transició. Sec. Color de la matriu 10 YR 7/4. Molt pocs

43-60 cm	elements grollers, heteromètrics, grava grossa o bloc angular pla. Calcaris alterats. Estructura moderada en blocs subangulars fins. Molt poca matèria orgànica ben incorporada. Poques arrels, tamany fi. Efervescència davant el HCl 1:1 molt intensa. Límit inferior pla.
Bw	Horitzó d'alteració mineral. Sec. Color de la matriu 2'5 Y 8/3. Pocs
60-80 cm	elements grollers arrodonits tabulars, calcàris i molt alterats. Distribució irregular. Estructura moderada en blocs subangulars fins. Activitat de la fauna evidenciada per galeries reomplertes. Arrels mitjanes. Efervescència al HCl 1:1 molt intensa. Límit inferior pla.
	Endopedió: Calcic.
Bk	Horitzó d'acumulació de calci. Sec. Color de la matriu 2'5 Y 8/4. Pocs
80-140 cm	elements grollers, heteromètrics subarrodonits tabulars. Calcaris molt alterats. Distribuïts irregularment. Estructura moderada en blocs subangulars fins. Pseudomicel·lis i nòduls grossos de carbonat càlcic. Activitat de la fauna i de la flora. Efervescència al HCl 1:1 molt intensa.
	Endopedió: Calcic.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A11	A12	BA	Bw	Bk
Profunditat (cm)	24	43	60	80	140
Color Munsell, en sec	10 YR 6/3	10 YR 7/3	10 YR 7/4	2'5 Y 8/3	2'5 Y 8/4
Elements grollers (%)	38,5	43,9	25,7	19,25	58,31
Sorra grollera (%)	3,85	11,95	10,58	11,8	22,7
Sorra fina (%)	31,15	28,4	25,6	24,1	42,9
Llim(%)	30,0	29,17	30,77	12,95	27,61
Argila (%)	35,0	30,4	32,98	51,5	6,79
Classe textural (ISSS)	Arg.gr.	Arg.gr.	Arg.gr.	Arg.	Fr. Arg.
pH (1:2,5) en aigua	7,58	7,94	7,97	8,0	8,0
pH (1:2,5) en ClK	6,47	6,13	6,90	6,65	7,06
Carbonats (%)	14,14	19,21	28,47	49,69	51,84
C orgànic (%)	2,45	1,03	0,52	0,24	0,23
Matèria orgànica (%)	4,22	1,77	0,89	0,41	0,39
Nitrogen total (%)	0,237	0,122	0,083	0,039	0,035
Relació C/N	10,32	8,43	6,22	5,92	6,51
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	20,58	16,02	13,53	8,14	7,46
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	47,17	46,51	41,91	40,64	39,73
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	1,92	1,93	5,30	1,48	1,09
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,66	0,58	0,57	0,56	0,51
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,64	0,45	0,38	0,21	0,20
Saturació de bases	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.

Classificació: *Calcixerollic xerochrept, franc fi sobre argilós, mixte cacàri..*

PERFIL: B2

Coordenades: 31TDG 776 781

Alçada: 850 m.

Localitat: Mare de Déu del Mont

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil situat a mitja vessant

Pendent: 22°

Dinamica de la forma: Estable

Morfologia local: Pendent rectilini lleugerament deprimit

Règim hídric/tèrmic: Xèric/Mèsic

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Margues-sorrenques de color bru.

Vegetació: Alzinar amb roure.

Ús: Ramader i forestal.

DESCRIPCIÓ:

A ₁ 0-41 cm	Horitzó organo-mineral. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 5/4. Elements grollers freqüents subangular tabulars i angulars esferoidals, grava fina i grossa amb alguns còdols. Calcàries dures i altres de gra més gruixut. Distribuïts irregularment. Estructura grumollosa. Bona incorporació de la matèria orgànica. Humus Mull. Activitat faunística i florística. Efervescència davant del HCl 1:1 alta. límit inferior gradual. Epipedió: Òchric.
Bw 41-62 cm	Horitzó d'alteració mineral. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 7/4. Pocs elements grollers (10,29% en pes), grava fina i mitja subarrodonits esferoidals de material granític intrusiu molt deteriorat i impregnat per carbonat càlcic. Distribució a la línia superior de l'horitzó. Estructura grumollosa. Matèria orgànica ben incorporada. Pèrdua d'activitat faunística però no florística. Efervescència davant del HCl 1:1 molt alta. Límit inferior net i pla. Endopedió: Càmbic.
Bk 62-+110cm	Horitzó d'acumulació. Sec. Color de la matriu 2'5 Y 8/3. Absència d'elements grollers. Estructura granular pulverulenta. Acúmulo de carbonat càlcic pulverulent. Inexistència d'activitat de la fauna. Arrels fines. Efervescència davant del HCl 1:1 molt alta. Endopedió: Càlcic.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A1	B w	Bk
Profunditat (cm)	41	62	+110
Color Munsell, en sec	7.5 YR 5/4	7.5 YR 7/4	2.5 Y 8/3
Elements grollers (%)	32,05	10,29	-
Sorra grollera (%)	8,81	10,31	-
Sorra fina (%)	24,08	27,17	-
Llim(%)	20,73	26,40	-
Argila (%)	46,38	36,12	-
Classe textural (ISSS)	Arg. fi	Arg. gr.	-
pH (1:2,5) en aigua	7,9	8,2	-
pH (1:2,5) en ClK	6,3	6,4	-
Carbonats (%)	5,05	21,91	44,41
C orgànic (%)	1,91	0,96	-
Matèria orgànica (%)	3,29	1,65	-
Nitrogen total (%)	0,196	0,118	-
Relació C/N	9,74	8,14	-
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	23,71	18,85	-
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	47,30	49,59	-
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	4,09	1,91	-
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,65	0,63	-
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,76	0,35	-
Saturació de bases	Sat.	Sat.	-

Classificació: *Calcixerollic Xerochrept, argilós fi, illitic, calcari.*

PERFIL: B3

Coordenades: 31TDG 771 784

Alçada: 800 m.

Localitat: Mare de Déu del Mont

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil situat en una vessant.

Pendent: 15°

Dinamica de la forma: Estable

Situació en el Pendent: Part mitja.

Morfologia local: Zona d'antic acúmul.

Règim hídric/tèrmic: Xèric/Mèsic

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Antic aport col.luvial més o menys cimentat.

Vegetació: Alzinar amb roure.

Ús: Antiga carbonera.

DESCRIPCIÓ:

- | | |
|-----------------|---|
| A1
0-20 cm | Horitzó organo-mineral. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 4/4. Elements grollers freqüents subangular esferoidals i angulars tabulars, grava mitja i grossa. Calcàris o bé nòduls de carbonat. Sense ciment geopital. Distribuïts irregularment. Estructura granular. Bona incorporació de la matèria orgànica. Humus Mull. Activitat faunística poc intensa. Arrels freqüents, fines sense orientació definida. Efervescència davant del HCl 1:1 alta. límit inferior gdifús.
Epipedió: Mòllic. |
| 2Ak
25-50 cm | Horitzó organo-mineral. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 4'5/6. Elements grollers molt freqüents, grava mitja i grossa angular esferoidals i angular tabulars Calcaris amb ciment geopital a la part superior i inferior. Formació de nòduls per cimentació dels elements grollers mes petits. Sense distribució. Manca d'estructura degul a l'elevat nombre d'elements grollers. Poca matèria orgànica ben incorporada. Pèrdua d'activitat faunística i florística. Efervescència davant del HCl 1:1 molt alta. Límit inferior difús
Endopedió: Càlcic. |

3Bk
50-125 cm Horitzó d'alteració mineral. Sec. Color de la matruï 7'5 YR 7/6 Elements grollers molt freqüents grava mitja i grossa subangulars, calcàris. Ciment geopital a la cara inferior de l'element groller. Manca d'estructura degut a la gran quantitat d'elements grollers. Inexistència d'activitat de la fauna i de la flora. Efervescència davant del HCl 1:1 molt alta. Límit inferior difús.

Endopedió: Càlcic.

4Ckm
+125 cm Horitzó format quasi exclusivament per elements grollers cimentats, disposats irregularment. Inexistència d'activitat tant faunística com florística. Efervescència davant del HCl 1:1 molt alta.

Endopedió: Petrocàlcic.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A1	2Ak	3Bk	4Ckm
Profunditat (cm)	25	50	125	+125
Color Munsell, en sec	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4.5/6	7.5 YR 7/6	-
Elements grollers (%)	57,14	63,40	69,97	-
Sorra grollera (%)	12,81	21,84	24,06	-
Sorra fina (%)	15,59	18,26	19,76	-
Llim (%)	19,08	27,05	21,68	-
Argila (%)	52,52	32,85	34,50	-
Classe textural (ISSS)	Arg. fi	Arg. gr.	Arg. gr.	-
pH (1:2,5) en aigua	7,8	8,3	8,4	-
pH (1:2,5) en CIK	6,5	6,5	6,1	-
Carbonats (%)	14,29	20,23	26,53	-
C orgànic (%)	2,96	1,00	0,30	-
Matèria orgànica (%)	5,09	1,73	0,51	-
Nitrogen total (%)	0,29	0,13	0,06	-
Relació C/N	10,06	7,78	5,23	-
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	27,77	16,87	13,58	-
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	49,48	42,66	42,10	-
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	3,70	4,10	3,94	-
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,58	0,52	0,53	-
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,89	0,51	0,37	-
Saturació de bases	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.

Classificació: Petrocàlcic palexeroll, esqueletic argilós, illitic, calcari.

PERFIL: B4

Coordenades: 31TDG 759 784

Alçada: 953 m.

Localitat: Mare de Déu del Mont

Localització: Pla de Solls

Factors formadors:

Gemorfologia: Perfil situat en un replà

Pendent: 0°

Dinamica de la forma: Estable

Situació en el Pendent: Part alta

Morfologia local: Zona d'acúmul.de les vessants del voltant

Règim hídric/tèrmic: Údic/Mèsic

Drenatge: Anegament ocasional

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Calcàries amb assilines.

Vegetació: Prat amb bosc de pi riog.

Ús: Lleure.

DESCRIPCIÓ:

A _{1,1} 0-10 cm	Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 7,5 YR 4/3. Inexistència d'elements grollers. Ben estructurat, blocs angulars i grumolls. Matèria orgànica ben incorporada. Humus Mull. Activitat de la fauna molt intensa, generada principalment per llombrius. Arrels molt freqüents fines i gruixudes vives i mortes sense distribució definida. Efervescència al HCl 1:1 nul.la. Límit inferior difús.
A _{1,2} 10-37 cm	Horitzó organomineral de fondària molt variable. Sec. Color de la matriu 7,5 YR 4/4. Molt pocs elements grollers, grava fina i mitja subarrodonits plans. Calcàries amb assilines disposats a la part superior de l'horitzó. Estructura grumollosa i en blocs angulars. Matèria orgànica ben incorporada. Activitat de la fauna molt intensa. Arrels molt freqüents generalment fines, sense distribució definida. Efervescència la HCl 1:1 nul.la. Epipedió: Mòllic.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A11	A12
Profunditat (cm)	10	37
Color Munsell, en sec	7.5YR 4/3	7.5YR 4/4
Elements grollers (%)	0	10,71
Sorra grollera (%)	0,38	15,74
Sorra fina (%)	12,47	14,38
Llim(%)	21,20	21,38
Argila (%)	65,96	62,67
Classe textural (ISSS)	Arg. fi	Arg. fi
pH (1:2,5) en aigua	7,3	7,5
pH (1:2,5) en CIK	5,6	6,1
Carbonats (%)	0	0,44
C orgànic (%)	4,42	2,72
Matèria orgànica (%)	7,62	4,68
Nitrogen total (%)	0,446	0,317
Relació C/N	9,91	8,58
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	35,26	32,37
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	35,51	40,17
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	5,20	4,41
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,53	0,55
K int. (cmol.kg ⁻¹)	1,07	0,86
Saturació de bases	Sat.	Sat.

Classificació: *Lithic hapludoll, argilós fi, illitic, no calcari, superficial.*

PERFIL: B5

Coordenades: 31TDG

Alçada: 1500 m.

Localitat: Beget.

Localització: Vessant meridional del Comanegre

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil desenvolupat en una vessant

Pendent: 24°

Dinamica de la forma: Estable

Situació en el Pendent: Part alta

Morfologia local: Pendent rectilínia irregular

Règim hídric/tèrmic: Údic/Mèsic.

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia:: Margues esquistoses

Vegetació: Prat de dall amb la presència d'algunes taques de *Pteridium aquilinum* i algun roure aïllat

Ús:: Ramader

DESCRIPCIÓ:

A1,1 0-20 cm	Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 7,5 YR 4/3. Elements grollers molt escassos Calcàris, heteromètrics amb distribució irregular. Estructura granular-grumollosa. Humus Mull. Activitat de la fauna generada principalment per llombrius. presència de gran quantitat d'arrels, fines sense distribució definida. Efervescència al HCl 1:1 nul.la. Transició a l'horitzó inferior gradual.
A1,2 20-60 cm	Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 7,5 YR 5/3. Absència d'elements grollers. Estructura en blocs angulars fins. Presència d'activitat faunística i florística. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la. Epipedió: Mollic.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A11	A12
Profunditat (cm)	20	60
Color Munsell, en sec	7.5 YR4/3	7.5 YR5/3
Elements grollers (%)	1,16	0
Sorra grollera (%)	0,15	0,46
Sorra fina (%)	38,40	35,58
Llim(%)	25,55	26,60
Argila (%)	39,90	38,35
Classe textural (ISSS)	Arg. gr.	Arg. gr.
pH (1:2,5) en aigua	6,4	7,1
pH (1:2,5) en ClK	4,7	5,2
Carbonats (%)	0	0
C orgànic (%)	4,69	1,70
Matèria orgànica (%)	8,09	2,93
Nitrogen total (%)	0,51	0,22
Relació C/N	9,28	7,66
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	22,39	15,81
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	17,84	16,92
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	3,96	2,80
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,31	0,28
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,59	0,16
Saturació de bases	Sat.	Sat.

Classificació: *Entic hapludoll, fanc fi, mixte, no calcari.*

PERFIL: A1

Coordenades: 31TDG551878

Alçada: 1020 m.

Localitat: Rocabruna. Terme municipal de Camprodon.

Localització: Pista forestal direcció Les Ferreres

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil desenvolupat en una vessant

Pendent: 17°

Dinamica de la forma: Erosió superficial lleu

Situació en el Pendent: Part baixa.

Morfologia local: Pendent lleugerament cóncava.

Règim hídric/tèrmic: Údic/Mèsic

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Limolites del Pemotries amb bandes d'argila intercalada.

Vegetació: Bosc mitxe. Roureda i bosc de ribera.

Ús: Forestal.

DESCRIPCIÓ:

AB 0-24 cm	Horitzó de transició. Sec. Color de la matriu 2'5 YR 5/6. Elements grollers freqüents i poc alterats, angular plans orientats horitzontalment. Distribució irregular. Estructura granular fina (fràgil). Matèria orgànica ben incorporada. Humus Mull. Activitat de la fauna, principalment per llombrius. Presència d'arrels gruixudes i primes que disminueixen en fondària. Efervescència davant el HCl 1:1 nul·la. Límit inferior difús. Epipedió: Ochric.
BA 24-50 cm	Horitzó de transició. Sec. Color de la matriu 2'5 YR 5/6. Elements grollers freqüents, no orientats. Estructura primària molt poc desenvolupada en blocs angulars fins i mitjans. Poca matèria orgànica. Activitat de llombrius. Arrels fines no orientades. Efervescència davant el HCl 1:1 nul·la. Límit inferior difús.
Bw 50-80 cm	Horitzó d'alteració mineral. Sec. Color de la matriu 10 YR 5/6. Elements grollers freqüents, grava fina i grossa, subangulars esferoidals i angular plans. Esquistos. Estructura primària poc desenvolupada en blocs angulars fràgils. Activitat faunística deguda a llombrius. Efervescència davant el HCl 1:1 nul·la. Endopedió: Càmbic

Caracterització físico-química:

Horitzons	A B	B A	B _w
Profunditat (cm)	24	50	80
Color Munsell, en sec	2.5 YR 5/6	2.5 YR 5/6	10 YR 5/6
Elements grollers (%)	15,82	12,64	28,65
Sorra grollera (%)	30,09	22,22	29,77
Sorra fina (%)	24,26	34,55	29,79
Llim(%)	21,33	18,63	29,97
Argila (%)	24,32	24,60	10,50
Classe textural (ISSS)	Fr- Arg.	Fr-Arg.-Ar	Fr.
pH (1:2,5) en aigua	6,4	6,2	6,6
pH (1:2,5) en ClK	5,1	4,5	4,8
Carbonats (%)	0	0	0
C orgànic (%)	0,93	0,41	0,25
Matèria orgànica (%)	1,59	0,70	0,43
Nitrogen total (%)	0,099	0,056	0,038
Relació C/N	9,34	8,33	6,55
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	8,71	8,16	7,10
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	7,52	7,23	6,81
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	1,86	1,81	2,09
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,25	0,18	0,20
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,23	0,25	0,25
Saturació de bases	Sat.	Sat.	Sat.

Classificació: *Dystric Eutrochrept., franc fi, mixte, no calcari.*

PERFIL: A2

Coordenades: 31TDG 552882

Alçada: 1130 m.

Localitat: Rocabruna. Terme municipal de Camprodon.

Localització: Pista forestal direcció Les Ferreres

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil situat en una vessant

Pendent: 17°

Dinamica de la forma: Erosió moderada.

Situació en el Pendent: Part mitja.

Morfologia local: Pendent rectilini, lleugerament cóncav.

Règim hídric/tèrmic: Údic/Mèsic

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Material conglomeràtic del Permotries.

Vegetació: Bosc mixte. Roureda i bosc de ribera.

Ús: Forestal.

DESCRIPCIÓ:

A ₁ 0-26 cm	Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 6/4. Elements grollers freqüents, angular plans i angular tabulars. Grava fina i grossa. Esquistos amb grau d'alteració variable. Estructura primària moderada, granular grossa simple. Matèria orgànica lleument integrada. Humus Moder. Activitat de la fauna, de la flora i fongs. Presència d'arrels gruixudes i primes que disminueixen en fondària. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la. Límit inferior difús. Epipedió: Ochric.
B/C 20-40 cm	Horitzó incipient d'alteració amb molta roca disgregada. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 7/4. Elements grollers molt freqüents. Subarrodonits plans i esferoidals. Grava fina i mitja. Esquistos i quars amb diferent grau d'alteració. Distribució irregular. Estructura primària moderada granular molt grossa simple. Activitat de la fauna. Arrels fines no orientades. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la. Endopedió: Cámbic

Caractrització físico-química:

Horitzons	A1	B/C
Profunditat (cm)	26	40
Color Munsell, en sec	7.5YR 6/4	7.5YR 7/4
Elements grollers (%)	57,73	41,02
Sorra grollera (%)	38,09	41,29
Sorra fina (%)	26,51	16,56
Llim (%)	16,80	16,95
Argila (%)	18,60	25,20
Classe textural (ISSS)	Fr-Arg.-Ar.	Arg.-Ar.
pH (1:2,5) en aigua	4,8	4,7
pH (1:2,5) en ClK	3,4	3,6
Carbonats (%)	0	0
C orgànic (%)	2,51	0,64
Matèria orgànica (%)	4,34	1,11
Nitrogen total (%)	0,17	0,068
Relació C/N	14,45	9,37
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	9,22	6,73
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	4,76	1,64
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	0,40	0,90
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,23	0,12
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,51	0,24
Saturació de bases	64,30	43,21

Classificació: *Lithic dystrochrept, franc fi, mixte, molt àcid, superficial.*

PERFIL: A3

Coordenades: 31TDG31T DG 559 559

Alçada: 1320 m

Localitat: Mina de Les Ferreres. Terme municipal de Camprodon.

Factors formadors:

Geomorfologia: Perfil desenvolupat en una vessant còncava.

Pendent: 5° local.

Dinàmica de la forma: estable.

Situació en el pendent: Vessant mitja alta.

Morfologia local: Pendent cóncav.

Règim hídric/tèrmic: Údic/Mèsic.

Drenatge: Ben drenat.

Nivell freàtic: Inaccessible.

Geologia: Pissarres quarcítics del primari.

Ús: Prat de dall i pasturatges per bestiar boví.

DESCRIPCIÓ:

- | | |
|------------------------------|---|
| A _{1,1}
0-11 cm | Horitzó organo-mineral amb freqüents elements grollers, heteromètrics, de tamany comprès entre 0,2-2 cm, angular plans, de distribució irregular i sense orientació. La litologia d'aquests elements és de pissarra poc alterada. Grau moderat-fort de desenvolupament estructural generant formes granular-grumolloses molt fines. Gran quantitat de matèria orgànica. Mull àcid. Activitat biològica lligada a la fauna (cambres) i a la flora amb un sistema radicular amb gran nombre d'arrels. No hi ha acumulacions. Reacció davant el HCl nul·la. Límit inferior gradual. Epipedió umbric. |
| A _{1,2}
11-30 cm | Horitzó organo-mineral amb pocs elements grollers heteromètrics de tamany comprès entre 0,2-6 cm subarrodonits plans i de litologia esquistosa. Grau de desenvolupament estructural moderat-fort amb formes granulars-grumolloses fi. Activitat biològica lligada a cambres de fauna i a la flora per un sistema radicular distribuït irregularment. Presència d'activitat humana degut al carbó vegetal. Acumulacions inexistents. Àcid. Límit inferior gradual. Epipedió umbric. |
| B _{w,1}
30-50 cm | Horitzó d'alteració mineral amb pocs elements grollers heteromètrics compresos entre 0,6-6 cm, subarrodonits plans, sense orientació definida. La seva litologia és esquistosa-quarcítica alterada. Grau de desenvolupament estructural moderat en forma cúbica prismàtica molt |

fina. Sense cimentacions. Activitat biològica lligada a la flora amb un sistema radicular amb poques arrels. Àcid. Límit inferior gradual.

Endopedió: cambic.

B_{w,2}
50-80 cm

Horitzó d'alteració mineral amb pocs elements grollers heteromètrics de tamany comprès entre 0,2-6 cm angular-plans. Presència de taques de reducció i oxid-reduccó molt escasses però de gran tamany (diàmetre superior a 3-4 cm), de límit net i forma arrodonida, associades al elements groller i sense relació visible a altres caràcters. Possibles cutans argilosos poc nombrosos, associats als elements grollers. Grau de desenvolupament estructural moderat en forma prismàtica-cúbica fina. No hi ha evidències d'activitat biològica. Àcid. Límit inferior gradual. Endopedió cambic.

B/C
80-110 cm

Horitzó de transició amb elements grollers freqüents heteromètrics compresos entre 2-6 cm, angular plans orientats en un pla horitzontal però amb distribució irregular. Litologia esquistosa poc alterada. Grau de desenvolupament dèbil-moderat en forma prismàtica-cúbica mitjana, sense cimentacions. No hi ha activitat biològica aparent. Acúmul·s inexistents.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A11	A12	B _{w,1}	B _{w,2}	B/C
Profunditat (cm)	11	30	50	80	110
Color Munsell, en sec	7,5YR 5/3	7,5YR 6/2	2,5Y 7/4	2,5Y 7/3	2,5Y 7/3
Elements grollers (%)	60,18	36,13	48,08	41,87	42,10
Sorra grollera (%)	28,37	21,07	34,96	36,04	39,33
Sorra fina (%)	16,31	15,58	10,04	17,69	13,68
Llim(%)	28,27	33,80	33,50	29,12	29,77
Argila (%)	27,05	29,55	21,50	17,15	17,22
Classe textural (ISSS)	Ar. Gr	Ar. Gr	F-Arg.	F-Arg.	F-Arg.
pH (1:2,5) en aigua	5,39	5,09	5,17	5,35	5,49
pH (1:2,5) en ClK	3,90	3,80	4,10	4,26	4,22
Carbonats (%)	0	0	0	0	0
C orgànic (%)	4,20	3,11	1,45	0,91	0,53
Matèria orgànica (%)	8,40	6,22	2,90	1,82	1,06
Nitrogen total (%)	0,45	0,33	0,16	0,12	0,09
Relació C/N	9,33	9,42	9,06	7,78	6,24
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	14,75	12,52	9,33	5,68	4,46
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	-	-	-	-	-
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	-	-	-	-	-
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,22	0,25	0,11	0,17	0,14
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,24	0,16	0,10	0,09	0,06
Saturació de bases					

Classificació: *Tipic Haplumbrept, franc fi, mixte, àcid.*

PERFIL: A4

Coordenades: 31TDG 553 904

Alçada: 1605 m.

Localitat: Montalgars.

Localització: Vessant del cim de Montfalgars.

Factors formadors:

Geomorfologia : Perfil desenvolupat en una vessant.

Pendent: 10°

Dinamica de la forma: Estable.

Situació en el Pendent: Part alta.

Morfologia local: Pendent lleugerament cóncava.

Règim hídric/tèrmic: Údic/Frígid

Drenatge: Ben drenat

Nivell freàtic: Inaccessible

Geologia: Esquistos del Cambro-ordovisi.

Vegetació: Repoblació de *Pinus sylvestris* amb sotabosc de Calluna.

Ús: Ramader.

DESCRIPCIÓ:

- | | |
|------------------|--|
| A1,1
0-18 cm | Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 7'5 YR 3/3. Elements grollers freqüents subangulars tabulars i plans. Grava fina i mitja. Esquistos amb diferent grau d'alteració i alguns fragments de quars però molt minoritaris. Estructura primària molt ben desenvolupada. Granular fina. Matèria orgànica abundant, ben incorporada. Humus Mull àcid. Activitat de la fauna. Presència d'arrels primes i molt primes molt abundants. Distribució irregular i orientació vertical. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la. Límit inferior difús.
Epipedió: Umbric. |
| A1,2
18-33 cm | Horitzó organomineral. Sec. Color de la matriu 10 YR 4/4. Elements grollers freqüents, subangular tabulars i plans. Grava fina i mitja. Estructura primària ben desenvolupada. Granular fina. Matèria orgànica abundant, ben incorporada a la matriu mineral. Activitat de la fauna. Arrels fines i molt fines abundants amb distribució irregular i orientació vertical. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la. Límit inferior pla.
Endopedió: Umbric. |

Bw	Horitzó d'alteració mineral. Sec. Color de la matriu 2'5 YR 7/4
33-70 cm	Elements grollers molt freqüents, grava mitja i grossa, subangulars esferoidals i subangular plans. Esquistos amb diferent grau d'alteració. Estructura primària ben desenvolupada en blocs angulars fins. Activitat faunística. Poques arrels. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la. Endopedió: Càmbic
B/C	Horitzó de transició amb la roca disgregada. Sec. Color de la matriu 2'5 Y 7/3. Elements grollers abundants. Angulars i subangulars plans. Grava fina i mitja. alguns còdols. Esquistos més o menys alterats. Estructura primària condicionada a la presència dels elements grollers. Forma cúbica fina. Activitat de la fauna. Molt poca activitat florística. Efervescència davant el HCl 1:1 nul.la.

Caracterització físico-química:

Horitzons	A 1,1	A 1,2	B w	B/C
Profunditat (cm)	18	33	70	100
Color Munsell, en sec	7.5 YR 3/3	10 YR 4/4	2.5 YR 7/4	2.5 Y 7/3
Elements grollers (%)	36,90	37,19	54,21	74,75
Sorra grollera (%)	19,11	17,07	41,62	39,03
Sorra fina (%)	20,11	20,50	16,11	21,57
Llim (%)	26,73	30,02	28,63	27,20
Argila (%)	34,04	32,50	13,64	12,20
Classe textural (ISSS)	Arg. gr.	Arg. gr.	Fr.	Fr.
pH (1:2,5) en aigua	4,6	4,8	5,5	5,3
pH (1:2,5) en ClK	3,4	3,6	3,9	4,0
Carbonats (%)	0	0	0	0
C orgànic (%)	10,87	6,21	1,915	1,42
Matèria orgànica (%)	21,74	12,43	3,30	2,46
Nitrogen total (%)	0,81	0,51	0,185	0,16
Relació C/N	13,42	12,18	10,35	8,92
C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)	29,61	27,47	8,67	7,87
Ca int. (cmol.kg ⁻¹)/2	7,72	3,69	1,45	1,43
Mg int. (cmol.kg ⁻¹)/2	2,19	0,26	0,76	0,23
Na int. (cmol.kg ⁻¹)	0,375	0,31	0,20	0,21
K int. (cmol.kg ⁻¹)	0,725	0,26	0,034	0,039
Saturació de bases	37,18	16,45	28,09	24,26

Classificació: *Typic haplumbrept, franc fi, mixte, molt àcid.*