

EL SÒL I L'AGRICULTURA A LES TERRES DE L'EBRE



Alvaro Arasa Tuliesa
aarasa@colgeocat.org
Tortosa

ESTUDI DELS SÒLS: ASPECTES EDAFOLÒGICS

1.- INTRODUCCIÓ

El sòl, fina pel·lícula que envolta l'escorça de la Terra, és molt important per a la vida, suport de conreus agrícoles, de boscos, d'edificis i pobles... Les plantes a més, extreuen del sòl l'aigua i les substàncies nutricionals per al seu creixement.

Els sòls s'originen a partir de les roques i poden evolucionar molt, envellir, degradar-se, contaminar-se, fins i tot, perdre's per erosió...

Els sòls constitueixen un recurs molt important de la humanitat, però a la vegada poc conegut.

Entre les roques inertes, sense vida, i els animals, les plantes, l'home, els sòls constitueixen un mitjà de transmissió d'elements químics necessaris per a la vida. Segons el substracte rocós hi haurà diferents sòls formats sobre roques volcàniques que seran ben diferents dels de les calcàries... Hi viuran plantes diferents i, en definitiva, donaran lloc a paisatges diferents.

Els estudis edafològics venen a ésser un pont imprescindible per a entendre les relacions entre el roqueram i la vegetació de la comarca.

2.- QUÈ ÉS EL SÒL?

És la capa externa de l'escorça terrestre, originada per l'alteració de les roques sota la influència dels agents atmosfèrics i dels éssers vius. És un cos natural complex i dinàmic en el temps i en l'espai, que sorgeix de la interacció de la biosfera, l'atmosfera i la hidrosfera amb la litosfera. L'àmbit ocupat pel sòl és anomenat pedosfera. El sòl no és estàtic, ans evoluciona amb el temps i, bé que no és un ens viu, es forma gràcies a la vida i alhora n'és suport. Les plantes troben en el sòl l'aliment, la fixació i l'energia per al seu desenvolupament. La ciència que estudia el sòl és la pedologia, i la unitat bàsica de descripció dels sòls és el perfil, successió d'horitzons que es fan visibles en practicar un tall vertical en el terreny fins a uns dos metres de profunditat, des de la superfície (horitzó A) fins a la part superior de la roca mare a partir de la qual s'ha desenvolupat el sòl (horitzó C). Hom considera horitzó R la roca inalterada i compacta, suport de l'horitzó C, eventualment la roca mare (totalment o parcial) dels horitzons superiors.

3.- CONSTITUCIÓ DEL SÒL

Un sòl equilibrat conté un 50% en volum de matèria sòlida (que consta d'un 45% de matèria mineral i un 5% de matèria orgànica), un 25% d'aigua i un 25% d'aire. Aquests dos fluids ocupen d'una manera aproximada la porositat fina i grollera, respectivament, i varien molt, l'un a expenses de l'altre, segons l'estat de sequedat. Els aspectes que cal destacar dels components sòlids són les dimensions, la natura i l'organització. Bé que en un sentit genèric hom considera graves les partícules de mida superior a 2mm i terra fina la fracció inferior, són anomenats blocs els fragments de roca de més de 20 cm., pedres els compresos entre 20 cm i 2 cm., graves entre 2 cm i 2 mm., arena (o sorra) grossa entre 2 mm i 0,2 mm., arena fina entre 0,2 mm i 0,02 mm., llim entre 0,02 mm i 0,002 mm., argila la fracció inferior a 0,002 mm.



Diferència entre sòl argilos i arenos

La composició centesimal de les diverses fraccions de la terra fina és determinada per granulometria, i la seva composició mecànica és determinada al laboratori, mitjançant l'anàlisi mecànica, que consisteix en

separar quantitativament les fraccions grosses per tamisatges i les fines per sedimentació. Hom sol representar els resultats en un diagrama triangular, de manera que cada costat d'un triangle equilàter és dividit en cent divisions, i correspon al contingut d'argila, de llim i d'arena. La natura de qualsevol partícula pot ésser mineral, orgànica o orgànico-mineral, bé que les dues últimes predominen en les argiles.

Pel que fa a la matèria mineral, les arenas i els llims constitueixen l'esquelet del sistema edàfic, són poc actius i, com les graves i les pedres, malgrat ésser inerts, contribueixen, per llur massa, a establir el sòl. Mentre que els blocs, les pedres i les graves solen ésser roques, les arenas i els llims són silicats (quars, feldspats, etc) o òxids (rútil, ilmenita, magnetita). La fracció argila, anomenada així perquè hi predominen els minerals argilosos, bé que també inclou òxids (gibsit, goetit, oligist) i sals (calcària, guix i halita), presenta molta activitat físico-química, en especial d'absorció i de bescanvi iònic i retenció d'aigua, a causa de la seva mida col·loidal. Aquesta fracció, juntament amb l'humus, actua com a ciment, unint grans d'esquelet en l'organització edàfica. La matèria orgànica és un component essencial i característic dels sòls, i hom inclou en aquesta denominació des dels organismes vius del sòl (èdafa), llurs productes metabòlics, les restes d'aquests éssers i de la fullaraca recent (anomenades matèria orgànica fresca) i les restes en procés de descomposició i d'humificació, fins a l'humus. Els complexos orgànico-minerals són, per ordre d'importància, els insolubles, que afavoreixen una bona estructura i inclouen els complexos d'argila de triplett i humus mull i els complexos a base d'al·lofana; els pseudosolubles, a base d'humus àcid del tipus moder i mor, que inclouen els complexos aniónics i els catiónics; i els complexos d'argila i àcid fúlvic, dispersos. Els dels últims grups tenen un paper important en la mobilització de substàncies en el perfil.

4.- ESTRUCTURA DEL SÒL

És la disposició mútua que adopten les partícules d'esquelets solades pel ciment. Així, es formen grumolls que donen, per unió mútua, terrossos i terrossos naturals. Les estructures més freqüents són la laminar, l'escatosa, la granular, la grumolosa, la cuboide, la polièdrica, la prismàtica i la columnar, i són classificades per la morfologia i les dimensions. L'estructura, apreciable a primera vista, juntament amb el tipus de microestructura, visible al microscopi, és molt important per a la descripció dels horitzons i per al diagnòstic tipològic del sòl. Ultra les macroestructures esmentades, anomenades estructures fragmentàries, perquè d'una manera natural tendeixen a donar agregats o fragments, hi ha l'estructura particular o monoparticular i la massissa. De fet, són dos casos de manca d'estructura, en el primer dels quals les partícules elementals romanen aïllades (sorres de dunes o platges), mentre que en el segon l'horitzó o perfil es mostra sense divisions espontànies en fragments i apareixen com un tot massís (certs horitzons de crosta calcària).

5.- POROSITAT DEL SÒL

És conseqüència de la seva estructura i es manté si aquesta és estable, permet una bona circulació de l'aigua i un aireig adient. L'atmosfera del sòl és constituïda per l'aire que ocupa la porositat grollera, i serveix per a la respiració de l'èdafa i de la rizosfera. La seva composició és quasi igual a l'aire de l'atmosfera lliure, però amb la profunditat augmenta la concentració de CO_2 . L'aigua del sòl ocupa permanentment la porositat fina o capil·lar, i temporalment la porositat grollera o macroporositat. Si l'aigua abunda en excés, ocupa tota la porositat i impedeix la presència i la circulació d'aire, i això provoca l'asfíxia dels éssers vius del sòl. És el primer factor de pedogènesi, perquè no intervé només en la meteorització de la roca mare, sinó que també actua pel seu dinamisme fent migrar substàncies dissoltes o en suspensió d'uns horitzons a d'altres, i així col·labora en la diferenciació del perfil. En actuar com a dissolvent, constitueix, juntament amb els elements nutritius, la solució del sòl, necessària tant per al creixement dels vegetals superiors com per a la vida de l'èdafa.

El moviment d'aigua en els sòls pot tenir lloc en estat líquid de vapor. En l'estat líquid, circula lliurement a través de la macroporositat, essencialment per raó de la força de la gravetat. Això té lloc quan l'aigua s'infiltra després d'una pluja o d'un regatge i és fonamentalment descendent.

L'aigua en fase de vapor es mou per difusió, des d'una zona més calenta a una zona més freda.

6.- COLORS DELS SÒLS

Permet de caracteritzar-los i de diferenciar els horitzons del perfil, és degut a la presència de substàncies cromògenes, com ara òxids i hidròxids de ferro (causa dels colors roig, bru o groguenc els de Fe^{3+} , i del color blavós o gris verd els de Fe^{2+}). Mentre el biòxid de manganès confereix al sòl el seu color negre i l'humus és la causa de colors foscs, les sals (calcària, guix o clorurs) tendeixen a aclarir el color. L'aparició de color pot ésser simple, com la persistència del color de la roca mare, i en aquests cas hom parla de sòls litocroms, o bé complex, com la brunificació, a causa de la gènesi de complexos de ferro, argila i humus. La intensitat de la coloració depèn de la quantitat de substàncies cromògenes, de la textura (com més argilós, més fosc, i com més sorrenc, més clar), de la humitat, de l'estructuració (que tendeix a aclarir el color) i de l'angle d'incidència i la tonalitat de la llum solar. El color del sòl no apareix sempre repartit d'una manera uniforme, i es pot presentar en vetes, ratlles i clapes.



Diferents colors per al sòl del Port. Rojos associats a òxids de ferro. Negres associats a matèria orgànica

El color és determinant per comparació amb un codi patró de colors, generalment acceptat internacionalment, com el codi Munsell, que consisteix en uns petits rectangles acolorits, disposats d'una manera sistemàtica en targetes de la manera dels fulls d'un llibre, i hom té en compte tres variables: la tinta o color (hue), la lluminositat o claredat (value) i la intensitat (chroma).

7.- ESTUDI DEL PERFIL D'UN SÒL

El sòl és un elements del paisatge o, dit en altres paraules, el sòl ve definit no tan sols pel seu perfil, sinó, a més, per un paisatge. De manera abreujada pot esquematitzar-se:

$$\text{sòl} = \text{perfil} + \text{paisatge}$$

Per això es parla de la fisografia del perfil i de la morfologia, entenent pel que pertoca al primer terme tot, allò que és visible en la superfície del terreny: pendent, pedregositat, vegetació, etc. i pel que fa referència a la morfologia del perfil, ja és quelcom que pressuposa la visió interna del sòl, després de fer una fossa o escandall.

Per tant l'estudi morfològic d'un perfil del sòl comprèn dues parts, la que és visible en la superfície del terreny, que podem denominar Fisiografia del perfil, i la que es podrà veure després d'obrir la fossa o perfil pròpiament dit. I s'estudia en aquest ordre. S'aprofita també per indicar localització, climatologia del lloc, roca mare, etc.

8.- DESIGNACIÓ D'HORIZONS

Se'ls designa per una lletra majúscula i, des de la superfície vers l'interior, els principals horitzons possibles són l'A, B, C i R. Molts pocs sòls els presenten tots; els més corrents és que només en presentin alguns.

Horitzó A: Ocupa la part superior del sòl i és de color fosc degut a què presenta un enriquiment en matèria orgànica i pot estar empobrit en argila, ferro i altres components minerals.

A_{00} , horitzó de superfície format per restes vegetals no descomposades; altres autors utilitzen les lletres O_1 (d'orgànic) o L (de litter o litlière, virosta, llit de fullaraca al sotabosc).

A_0 , horitzó orgànic amb restes totalment o parcial descompostes; equival a l' O_2 ; alguns el subdivideixen en F (o capa de fermentació), i H o capa totalment humificada; aquests horitzó conté normalment més d'un 30% de matèria orgànica.

A_1 o A_n , horitzó mineral de color fosc, amb menys de 30% de matèria orgànica, però ben humificada i íntimament unida a la matèria mineral.

A_2 (o A_e o E) horitzó eluvial (de o o ex, fora i luv. rentat) de color més clar. Està descolorit degut a l'empobriment, tant en matèria orgànica com en argiles i sesquioxids, queda relativament enriquit en quars i altres minerals resistents de les fraccions arena i llim.

A_3 , horitzó de transició més pròxim a A que a B.

AB, horitzó de transició poc definit a favor de A o B.

AC, horitzó de transició en sòls poc evolucionats, en els què falta el B.

Horitzó B: Es presenta només si hi ha un cert grau de desenvolupament edàfic. Està situat sota de l'A i posseeix més argila, sesquioxids i/o humus que A o C. Si l'enriquiment es deu a alteració de minerals preexistents en C, es simbolitza per (B) o B i es denomina B estructural. Si l'enriquiment té lloc per il·luviació (acumulació per descens de materials provinents d'A) es representa per B o B_t i es parla d'un B testural. Els subhoritzons possibles són:

B_1 , horitzó de transició entre A i B, però més pròxim a B que a A; sovint no existeix.

B_2 , part més típica de l'horitzó B, on la diferenciació o l'acumulació és màxima; sovint especialment en els podzols es distingeix el B_{2h} , acumulació d'huma del B_{2s} (o B_s o B_{2Fe} o B_{Fe}) - acumulació de sesquioxids, preferentment de ferro.

Es disposen en bandes de color fosc i bru-roigenc, respectivament; poden coexistir o trobar-se sols l'un o l'altre.

B_3 , horitzó de transició amb C, però més pròxim a B que a C.

BC, quan la transició és poc definida a favor de B o C.

Horitzó C: horitzó de caràcter mineral corresponent al material parental no consolidat o roca en descomposició de la qual deriven A i B.

Horitzó R (o D): Es tracta de la roca no alterada, compacta, situada en la part inferior del perfil. No té perquè ser necessàriament roca mare dels horitzons superiors, o pot ésser-ho parcialment.

Horitzons amb caràcters particulars: Se simbolitzen amb un sufix (generalment amb una lletra minúscula) afegida a la majúscula que expressa l'horitzó principal. Així els camps de cultiu en què l'horitzó A s'ha pertorbat per llaurar i altres pràctiques agrícoles, aquests es designa per A_p (horitzó A pertorbat). Una acumulació de calcari se simbolitza per C o K i una de sals per Na (de Natrium). Un horitzó reduït per g o G (de glei). Una forta cimentació per m, etc.

Perfils trucats o perfils complexos: Els primers es deuen a l'erosió que pot decapitar perfils fent desaparèixer els horitzons A, o A i B. Poden trobar-se a vessants d'altiplans i muntanyes.

És fàcil trobar perfils complexos en els fons dels valls, dipòsits de pedemonts i terrasses fluvials. Els seus horitzons es designen amb les xifres romanes II, III, etc. És sabut que I no s'indica mai. Per exemple: A IIB IIC, indica que l'horitzó A s'ha edificat sobre un perfil trucat IIB IIC més antic que hauria perdut per erosió el seu horitzó inicial A.



ELS SÒLS DE LES TERRES DE L'EBRE

El medi físic ha estat interpretat per alguns autors com l'escenari damunt el que es desenvolupa l'home, però també, com en el cas que ens ocupa, com a medi d'on obté un cert nombre de necessitats. El conjunt d'elements físics no representen res passiu, sinó que, a través d'actuacions, principalment econòmiques, s'integren en la pròpia vida dels homes com un conjunt de recursos, entre els que els sòls ocupen un lloc molt important ja que constitueixen la base de la producció d'aliments. Per altra banda, el grup humà, organitzat socialment, apareix com la expressió formal de la capacitat de l'home per a transformar el medi físic, en aquest cas uns sòls transformats, per a obtenir una major productivitat. Per tant, el món físic i el socio-econòmic no són dos móns aïllats, sinó que conjuntament representen aspectes parcials d'una realitat única: l'espai geogràfic.

Partint d'uns sòls naturals, originats a expenses d'un substracte rocós, amb una morfologia, pendents, clima, escolament superficial i subterrani, així com una coberta vegetal, s'integra l'acció més o menys profunda de l'home, en uns casos positiva i en altres negativa. Però l'acció d'aquest segon grup de factors arriba a ser tan important, que en el ric mosaic que forma la pel·lícula edàfica de l'àrea d'estudi no es representen sòls clímax.

Sembla evident que els sòls cultivats presentin una sèrie de caràcters que deriven dels sòls naturals i, en general, de les condicions naturals de l'àrea. De manera que, ens preocupa conèixer els aspectes que han condicionat la seva formació: naturalesa dels materials i caràcters dels relleus, condicions climàtiques i signes d'escolament, aspecte de la vegetació, etc. Tenint present que, alguns d'aquests fets incideixen en la productivitat dels sòls transformats o cultivats. Per altra banda, no hi ha dubte de que l'home és capaç de transformar els caràcters d'aquests sòls i, per tant, aquests últims resulten de la confluència de dos grups de factors: els de caràcter físic i els relacionats amb l'actuació humana.

1.- El relleu i els materials originaris

El relleu és senzill i les terres altes tenen un escàs desenvolupament, però les zones muntanyoses són importants, tot formant part del sistema prelitoral entre el que s'han desenvolupat cubetes terciàries que són utilitzades per al conreu. La major part del territori es troba a escassa altura: per baix dels 600 m i una bona part ho estan per sota dels 200 m. Encara que, sembla evident que l'altura no constitueix un factor limitant no succeeix així com en el pendent, amb freqüència forta, com a conseqüència de la disposició de les línies fonamentals del relleu.

En la configuració general del relleu es distingeixen tres unitats: 1a.) Les serres ocupen una bona part de la superfície i presenten pendents superiors al 20 %, que condicionarà el caràcter torrencial dels barrancs que

descendeixen des de les parts altes i, per tant, explica els forts processos d'erosió. 2a) les planes litorals, estan formades per rebliment terciari. Presenten pendents suaus de 2-4 %. El del ta de l'Ebre presentna pendents encara més suaus, que s'extenen riu amunt per la vall fluvial de l'Ebre. 3a.) Les àrees extenses interiors, de relleu lleugerament ondulat, amb pendents suaus -entre 3 i 10%- i amb freqüència per damunt del 20%. Per tant, encara es cert que el relleu es senzill i la Serralada Prelitoral mai compren grans dimensions, directa o indirectament afecta al conjunt de la regió, estimulament els processos erosius, el que explica l'aspectes descarnat dels pendents i peus de muntanya.



Però, si l'estructura i configuració del relleu es comporten com factors negatius, aquests es veuen accentuats al considerar la naturalesa de les roques. En aquests sentit cal destacar tres grans grups de formacions: 1r.) La banda que constitueix la Serralada Prelitoral està formada per materials compactes, poc sensibles a la meteorització baix les condicions climàtiques actuals, el que explica la poca importància dels dipòsits de materials. A la base apareixen pissarres paleozoiques i els granits, que afloren en sectors discontinus originant, en els dos casos, dipòsits superficials, en part pel violent rentat de les ocasionals pluges de temporal. Sobre el sòcol es succeeixen les calcàries, gresos i conglomeracions, en els que es troben els pendents forts; 2n.) Les planícies costeres, que són les que ofereixen les condicions més òptimes des del punt de vista topogràfic i, en principi, també, des del punt de vista lític en estar constituïdes per formacions de materials poc compactes, presenten igualment greus problemes, sobretot referents a la presència d'importants formacions de crostes carbonatades (anomenades comunment "taperot"). Per altra banda, el delta de l'Ebre, que per la seva topografia i origen reuneix unes condicions òptimes, es veu sotmès a un procés de salinització degut a la ruptura de l'equilibri de les aigües dolces i salades, i 3r.) Les depressions interiors, constituïdes sobre materials terciaris, poc compactes -argiles i marges- coberts en bona part per dipòsits quaternaris, apareixien profundament excavats pel treball erosiu dels rius que les travessen, de manera que es conserva un fort contrast entre els fons de les petites cubetes i els forts pendents.

Per tant, podríem dir que, tant les condicions topogràfiques com els caràcter físics del rocam de la zona d'estudi no són favorables al desenvolupament d'importants dipòsits de materials solts, condició fonamental per a la formació dels sòls.

2.- El clima i les aigües

No són massa favorables, en general, les condicions climàtiques, tant com factors de meteorització, com en la funció de contribuir a la fertilitat dels sòls. En aquests sentit sembla que l'únic element positiu és la temperatura. Aquesta es manté suau durant l'hivern, amb valors mitjans estacionals mai inferiors als 7°C, excepte a la muntanya, per damunt dels 600 m, i amb gelades poc freqüents -entre 4 i 8 dies, d'octubre a abril- i quasi mai rigoroses; sens dubte l'onada de fred de 1956 va provocar importants canvis en el paisatge de molts sectors, al ser substituïdes les oliveres gelades per ametllers. Pel contrari, les temperatures estivals són altes, les mitjanes superen els 21-22°C i no es estrany que les màximes absolutes superen els 30°C a la costa, i s'aproximen o inclòs superin els 35°C a les depressions interiors. Des del punt de vista tèrmic, s'aprecien, des de la costa fins a l'interior, tres tipus de règim: el marítim càlid -estació Tortosa- el

subtropical semicàlid -estació de Ginestar i el temperat càlid -Flix, Mora d'Ebre-. L'índex tèrmic és elevat, el que té una notable importància per la seva incidència en la ràpida mineralització de la fracció orgànica dels sòls.

Les precipitacions són poques i distribuïdes de manera irregular. En general, les precipitacions mitges anuals estan entre els 450 i 600 mm., disminuït cap a les terres de l'interior -Flix, 380mm.- i augmentant amb l'altura - el Port, 850-900 mm.- L'estació més plujosa es la tardor, que recull prop del 40% del total anual, mentre que la primavera encara no supera el 25%. El període de l'any més sec és l'estiu, que rep només el 16% dels totals, anuals. A més, aquests valors es concentren un curt nombre de dies de pluja, en ocasions de caràcter borrascós, principalment en els mesos de Setembre i d'Octubre, aquest fet té una notable importància al incidir sobre els terrenys secs, amb el que augmenta la capacitat erosiva dels mateixos.

La manca de precipitacions, unida als elevats valors de temperatura, determina que els índex de evapotranspiració -elevats-, originen importants dèficits d'aigua durant tot l'any. Des d'aquí que, excepte les terres altes, el conjunt de la regió pugui englobar-se en el règim de la humitat denominat mediterrani sec (Me). Aquest problema té una gran importància en quan que origina ascensos per capilaritat de les sals, augment de l'índex de salinització dels sòls. Aquest procés es particularment greu al Delta de l'Ebre.

El dèficit d'aigua es veu compensat pel cabdal de les aigües superficials i pels aqüífers, que comencen a mostrar signes de contaminació agrícola, posada de manifest per increments considerables de nitrats. De la mateixa manera sembla rellevant l'increment relatiu de la salinitat pròpia del riu Ebre ja que comença a presentar índex que no s'haurien de tolerar

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANYS
ROQUETES	25.4	32.2	38.2	42.9	63.8	45.4	18.3	30.5	77.7	77.2	48.5	48.5	548.6mm
	9.3	10.5	12.5	14.9	18.2	21.9	24.8	24.8	22.1	17.6	13.0	10.0	16.6°C
FLIX	23.2	18.0	34.0	36.9	52.3	26.8	12.9	19.4	47.6	44.9	43.0	40.5	399.5mm
	6.7	8.5	11.9	15.1	18.8	22.9	26.1	25.8	22.5	17.9	11.5	7.6	16.3°C
FRAGA	19.4	21.3	27.5	34.5	45.7	30.2	14.7	19.2	32.1	38.4	31.4	27.3	341.3mm
	4.4	7.7	11.5	14.7	16.8	22.6	25.7	25.2	21.6	16.4	10.0	5.6	15.2°C

Construir diagrames ombrotèrmics per observar les diferències entre les estacions termopluiomètriques

3.- Els sòls naturals i la seva evolució

Les característiques topogràfiques, morfològiques, lítiques i, de manera principal, climàtiques determinaren, en el passat, l'evolució d'uns sòls que en l'actualitat es presenten molt modificats per l'acció antròpica. Des del punt de vista zonal podria aventurar-se que les formacions edàfiques de les comarques tarragonines, en el passat, haurien arribat a consolidar-se com sòls bruns de perfil A₀₀, A₀, A₁, A₁, A₂, B, C, es a dir completament evolucionats. Les variacions locals, en funció de les diferències climàtiques, conseqüència a la seva vegada del canvi d'altitud, serien poc importants: sòls bruns en cotes baixes com a suport d'alzinars amb Viburnum - amb percentatges de matèria orgànica a A₁ no superior a un 15%-; i sòls bruns amb superior contingut orgànic en el sòl de l'alzinar montanum i a la roureda fins uns 1.000 m. d'altitud. A part de que l'evolució edàfica va produir, en temps passats, una uniformitat en funció del clima, no tenim que oblidar les característiques de la roca mare en quan a que la seva naturalesa ha influït notablement en la involució posterior. Apareixen materials originaris calcaris i silícis que es presenten poc meteoritzats, donant origen a situacions de degradació edàfica per acció antròpica molt diferent, segons la naturalesa dels materials.

3.1 - Els sòls carbonatats

La roca mare calcària, o de materials carbonatats, ocupa la major part de la superfície exceptuant les formacions granítiques i les pissarres del Priorat. Es distingeixen, per la seva influència en el procés edàfic, dos tipus de materials carbonatats:

1r.) Roca mare de calcària compacta.

Les roques dolmiques i calcàries constitueixen, una gran part del substrat. Vandellòs, Llaberia, Batalla, Cavalls, Pàndols, Montsià, Port de Tortosa-Besseit, presenten materials d'aquest tipus, que es caracteritzen per una gran riquesa de carbonat de calç i magnesi.

El paleosòl era del grup bru amb un horitzó hùmic bru fosc -A₁- precedit de la capa de forma -A₀₀- i humus fruit -A₀-; l'horitzó -A₂-, més clar, en contacte amb un B d'acumulació, bru, ric en calci; transició bruna a un C compacte de roca calcària o dolomia. Aquest sòl es trobaria rentat relativament de bases en el seu horitzó A, amb valors de pH pròxims al neutre i riquesa en CO₃Ca total al voltant d'un 10%. La potència dels horitzons A i B conjuntament podria oscil·lar entre 0'60 i 1'50 m. Tenint en compte l'existència d'un considerable espessor de sòl i el seu contingut en nitrogen, fòsfor i potassi elevat, gràcies al rentat de calç amb un desbloqueig dels altres ions, la fertilitat d'aquest sòl bru sobre roca calcària compacta podria considerar-se que era molt elevada, sobre tot en els sectors amb pendent topogràfica inferior al 20%. A més en les muntanyes indicades, aquests sòls bruns, al nostre entendre, es desenvolupen en els sectors plans de substrat calcari compacte situats en l'actual plana, al sud de Vandellòs; i en l'àrea de Tortosa-Ulldecona. Es poden considerar les mateixes característiques per als sòls que es van formar a expenses dels conglomeracions calcaris del Montsant.

En l'actualitat es detecta una certa involució negativa dels sòls bruns inicials, les causes que s'han de buscar en qüestions agrícoles fonamentalment. Fins a finals del segle passat l'agricultura havia respectat els sectors de major altitud quan la topografia era agrupada. Però en les àrees planes la desforestació va produir una pèrdua del sòl bru i una involució, per erosió amb truncament del perfil, fins l'aparició de veritables litosòls, amb la roca mare a la superfície o un únic perfil A d'uns 20 cm.

Litosòls: En sectors on el pendent és molt pronunciat o el cultiu agrícola fou portat fins a una explotació excessiva amb posterior abandonament, l'aparició de roca mare en la superfície ha portat al procés d'involució edàfica al seu origen, a l'inici de l'edafogènesis.

Xerorendzines: Representen un estat més avançat de la involució anterior i el seu origen és el litosòl antròpic. Es representen en els sectors muntanyosos de més humitat -amb respecte als litosòls en pla- i estan en evolució fins a sòls bruns. Presenten un horitzó A₁, sobre la roca mare carbonatada. També s'ha contrastat, al Perelló. Terra rossa del mateix origen.

Sòls bruns truncats. Poden confondre's amb els anteriors, ja que presenten un únic horitzó A de poca potència sobre la roca caliza, es a dir restes d'antics sòls bruns decapitats per l'erosió.

Sòls bruns: A més dels sòls bruns relictos, molt escassos, es poden constatar sòls bruns resultants d'una evolució a partir de la desforestació atropica. Aquests sòls, que es situen en els sectors més elevats i plans de les muntanyes, encara no estan completament evolucionats, la seva potència no passa d'1m. i el seu horitzó (B) és estructural.

Sòls bruns i bruns rogencs cultivats. Encara es conserven àrees en les que la erosió no ha trencat els sòls i sols s'ha produït un canvi químic i estructural degut a la substitució del bosc pel cultiu. Sens dubte sobre material compacte són poc abundants i sols poden observar-se en pendents abancalades amb cultiu actual en explotació. La col·laboració s'ha aclarit en tots els horitzons i, com s'ha indicat anteriorment, presenten menor fertilitat que els antics sòls, per augment del bloqueig calcari.

2n.) Roca mare de materials no compactes de naturalesa carbonatada.

Les argiles i margo calcàries s'han acumulat al peu de muntanya. A la Vall de l'Ebre, tant al nord d'Ascó -sediments terciaris- com a la Cubeta de Mora i sector de Tortosa -quaternaris. Es troben també aquests materials a la Terra Alta i en general als peus dels vessants, valls, etc. dels sistemes muntanyosos calcaris. El sòl format haurà de ser bru, de característiques semblants al descrit sobre material compacte, sens dubte les conseqüències de la desforestació han estat aquí molt diferents. En efecte, el trencament dels perfils superiors, si ha succeït, només ha tingut efectes en la pèrdua de fertilitat per mineralització, però la roca mare ha permès un cultiu agrícola viable. En conseqüència, els sòls modificats per l'acció humana són més

abundants sobre materials calcaris no compactes que sobre els compactes, havent-se constatat quatre grups diferents:

Sòls bruns. Ocupen les àrees cultivades de la Plana del Camp, Cubeta de Mora i Vall de l'Ebre pròxim a Tortosa. Presenten un perfil A, A₁, A₁, A₂, (B), C amb percentatges de matèria orgànica a A₁, , al voltant del 2%. Són rics en CO₃Ca actiu -sobrepassen el 7%, el que determina una limitació a la fertilitat en espècies calcifugues: presseguers, avellaners-. El contingut de fòsfor actiu és baix -insuficient- i tot això suposa que per al seu aprofitament agrícola és precís recórrer a l'abonament químic.

Sòls bruns amb crosta carbonatada. A la Plana del Camp es presenten fenòmens de formació de crosta carbonatada, que en algunes àrees són simplement petits nòduls que no representen problema per al cultiu, mentre que en altres l'amplada de la crosta compacta es superior a 1 m. En qualsevol cas la crosta compacta es troba en general a menys de 40 cm. de la superfície, representant una seria limitació per a la explotació agrícola.

Sòls bruns rogencs. A la Terra Alta els materials terciaris i la posterior desforestació han donat lloc a sòls rogencs de constitució carbonatada, de fertilitat molt baixa degut al seu baix contingut -1 al 1'50% en A₁, - i al bloqueig dels fòsfor. Estan cultivats, però existeixen taques als cims dels turons testinoni que, per presentar horitzons de margues bastant compactes, han estat abandonats i s'ha recuperat un bosc de Pinus Halepensis amb formació d'horitzons A₁, i A₂, enriquits en humus.

Sòls al·luvials. Els materials de al·luvió calcari - llims- són abundants a la ribera del Francolí i sobre tot a les terrasses més recents de l'Ebre. Com veurem al llarg de l'obra, són els sòls més fèrtils, encara que presenten, des del punt de vista edàfic, un perfil desenvolupat. Desgraciadament quasi la totalitat dels sòls d'aquest tipus, a la terrassa del Francolí, han estat ocupats per la indústria.

3.2- Els sòls silicis

La roca mare silicica es situa en afloraments granítics i metamòrfics del Priorat. Per la seva diferent evolució i materials es distingeixen dos tipus:

1r.) Roca mare de granit.

L'antic sòl bru fou semblant al format sobre les calcàries. Tanmateix presenten evolucions diferents, de manera que, en pendents forts, el truncament del perfil edàfic ha transformat els sòls bruns en sòls bruns lixiviats de perfil Ap, A₂, i C, de poca potència -20 a 40 cm.- rentats de bases i de matèria orgànica, pel que la seva fertilitat es escassa. En les àrees de muntanya, en abandonar-se les pràctiques del carboneig, s'ha recuperat el bosc, però de coníferes, amb el que s'ha format una successió de sòls tipus rankers i xerofítics, bruns lixiviats, bruns d'aport lateral, o fins i tot, d'hidromorfisme en el fons d'alguns barrancs de mal drenatge.

2n.) Roca mare de pissarra o llicorrella.

L'evolució de l'antic sòl bru sobre pissarres presenta diferències en quan als anteriors. La quasi totalitat d'aquest sòls, coberts d'alzinar, es van degradar per les pràctiques agrícoles. Al Priorat tota la superfície de pissarres fou posada en cultiu amb truncament ràpid del horitzó A i B, al ser els pendents de més del 30%.

Sens dubte encara que els sòls resultants encara presenten l'horitzó A i la seva transició es bruna a C₁, la naturalesa de la roca mare -meteoritzable amb força facilitat- i les esclertes que presenta, fan aprofitable aquest tipus de sòls per al cultiu arbustiu -vinya i avellaner-. Per altra banda, la descomposició de les pissarres amb l'aparició de llims i argiles té l'efecte d'evitar l'excessiu rentat de bases, al contrari del que passa amb el granit. De poca importància quantitativa són els sòls de peu de pendent silícis, que en l'actualitat estan cultivats i són de tipus bru lixiviat, o terra bruna meridional.

3.3 - Els sòls salins i la torba.

Les particulars condicions dels sòls del delta de l'Ebre es deuen a ser un sector d'interacció entre els sistema fluvial i el marí, amb presència de sals solubles procedents dels medis deposicionals dels sediments. Els sòls salins van ser posats en cultiu a començaments d'aquest segle per a implantar arrossars. Les aportacions d'aigua dolça van suposar un descens estacional de la capa freàtica salobre, però, al no construir-se un sistema de drenatge, la concentració salina no va disminuir. Com a conseqüència es va produir un empobriment orgànic de l'horitzó A, i la seva evolució a un Ap; per altra banda encara que la concentració salina -sempre en Na absorbit- no va sofrir variacions, el cert és que l'establiment de l'arrossar va suposar una modificació de les estructures, tant per l'existència d'una capa d'aigua continua a la superfície com per l'acció compactadora de la maquinaria pesada utilitzada. Per altra banda, els antics sòls salins que es troben junt a la base del delta i pròxims a l'Ebre, en haver baixat la capa freàtica, amb un considerable augment de la capacitat de lexiviació, els sòls han evolucionat sistemes edàfics al·luvials de perfil Ap, A₂, C. Els sòls de torba, l'origen dels quals és palustre, són els més afavorits per a l'agricultor, ja que l'acció agrícola ha estat molt intensa, produint una diferenciació de l'horitzó A, amb comparació del subhoritzó antròpic (Ap) molt ric en matèria orgànica, en fòsfor i potassi. El seu origen es paral·lel a la dessecació natural de les llacunes deltaïques i va constituir un procés de transformació de la vegetació de bassa en torba, que posteriorment ha estat modificada per al cultiu.



Arrossars i calaixos al Delta. Foto satèl·lit del delta de l'Ebre

4.- La vegetació natural i la cultivada.

A l'àrea d'estudi els dominis climàtics de vegetació estan distribuïts d'acord amb l'altitud i latitud. Existeix una banda des de la línia de la costa fins una altitud d'uns 300 m. constituïda per vegetació que varia entre màquia i garriga, on destaca la presència de (*Chamaerops humilis*) margalló, (*Pistacia lentiscus*) llentiscle i (*Olea europea var. oleaster*) ullastre, ttambé hi trobem (*Quercus cocifera*) coscoll. Altres vegetals com pi (*Pinus sp*) amb presència de romé (*Rosmarinus officinalis*). Mentre que en zones humes com el delta de l'Ebre la vegetació és típica d'aiguamolls.

Entre 300 i 700 m d'altitud, podent arribar als 900 m, el domini climàtic corresponent està representat per un bosc d'alzines (*Quercus ilex*). Hom pot diferenciar dos subpisos: un inferior situat entre els 200 i 500m a l'orientació menys meridional, arribant fins als 700 m als sectors muntanyosos protegits o d'orientació sur,

es tracta de l'alzinar amb (*Vivurmun tinus*) marfull, que bàsicament ha desaparegut i el seu espai ha estat dedicat al conreu de l'olivera, vinya, ametller i avellaner; i un altre superior, d'alzinar sense marfull que arriba fins els 900 m, i conserva una major extensió que el primer, ja que no ocupa àrees interessants per al cultiu, tot i que en altres moments històrics, el carbó i l'explotació vitícola van destruir gran part d'aquest alzinars, i en l'actualitat són boscos de *Pinus halepensis* subjectes al risc d'incendi, que ja han destruït grans superfícies.

A partir dels 700-900 m. en els pendents més forts es presenten altres associacions amb predomini del (*Quercus pirenaicae*) roure reboll que moltes vegades ha estat substituït per (*Pinus silvestris*) pi roig; i en sector humits, d'orientació nord, entre el 600 i 1000 m. poden observar-se comunitats caducifòlies de Fagion, sobre tot en el Port de Besseit-Tortosa.

A part de la vegetació natural tenim que senyalar la importància de la cultivada. En aquest sentit pot dividir la zona d'estudi en dos grans sectors agrícoles: un de cultius de secà i un altre de regadiu. Les terres de secà ocupen quasi tota la superfície cultivada, exceptuant les terres del delta, la vall fluvial i les zones transformades a regadiu amb aigües subterrànies i amb infraestructures que utilitzen aigua del riu Ebre

L'agricultura de secà, que en altres moments va construir molts de bancals a les parts baixes de les muntanyes, avui pràcticament es concentra en lles planes, ja que les tècniques a utilitzar en els bancals encareixen desmesuradament els conreus. Tanmateix, en altres èpoques, la tècnica dels bancals, molt costosa, és la que va permetre el cultiu marginal d'una gran superfície que, d'altra manera seria improductiva a jutjar per la precarietat dels boscos actuals.

Dels conreus arbustius la superfície principal l'ocupa l'olivera, que és abundant al conjunt de les nostres contrades. En general les tècniques aplicades han estat durant molt de temps deficientes, encara que en els últims anys l'augment dels preus de l'oli d'oliva ha provocat una nova atenció a l'olivera, tractant-la contra la negra i abonant-la químicament. El cultiu, quasi sempre en bancals i aprofitant els sòls pedregosos i calcaris, presenta dos sectors importants en quant a l'adequació de les seves tècniques: un reduït al Baix Camp i Ribera d'Ebre i la seva prolongació fins Les Garrigues, en el que es cultiva oliva arbequina, i un altre molt extens en les planes del Baix Ebre i Montsià, on l'agricultor ha millorat al màxim els sòls que el sustenten. La vinya és important a la Terra Alta i Priorat, on s'apliquen tècniques adequades, però els factors físics negatius estan fent retrocedir els cultius. Pot considerar-se que la millor àrea vitícola, en quan a les tècniques aplicades és la que correspon al Baix Penedès. Sens dubte a Terra Alta, a pesar d'existir el mateix problema de rendibilitat, el cultiu té que continuar la seva rutina ancestral per a mantenir als agricultors que encara no han emigrat. Pitjor és la situació del Priorat on, degut a les fortes pendents i pedregositat, els rendiments són petits el que, a pesar de la fama dels seus vins, implica un semiabandonament del cultiu.

Un cultiu que va tenir una certa tendència a l'augment, en detriment dels anterior, va ser l'ametller, que es trobà associat als millors sòls de les àrees de l'oliverar i inclòs a les vinyes. No va subsistir del tot el problema de les gelades. L'avellaner tot i que és l'espècie tradicional del Baix Camp també el podem trobar al Priorat i Ribera d'Ebre. El garrofer és una espècie que està en clara regressió, que es patent per l'abandonament del cultiu. Degut a les seves qualitats rústiques el garrofer es conserva en el pitjors sòls de crosta carbonatada, verdaders litosòls que no tenen cap altra aplicació.

A les terres de regadiu es troben cultius i tècniques molt diverses. En termes generals i si les condicions físiques no ho dificulten, prop dels nuclis hi ha una part de la superfície dedicada a cultius d'hortalisses, principalment per a usos particulars.

Altres cultius de regadiu es situen en el marc del pagès-empresari, que dedica una superfície important de terreny per a produir productes vegetals i/o derivats. A la zona de Flix-Vinebre i Mora-Miravet el reg està localitzat als marges del riu Ebre. A la Ribera d'Ebre existeix, a més del reduït regadiu de la terrassa baixa de l'Ebre, un regadiu per elevació als municipis de Mora, Miravet, Benissanet i La Torre del Espanyol, que s'aprofita per al cultiu de presseguers amb tècniques més adequades com el reg localitzat.

Al Baix Ebre-Montsià, entre Tivenys i Amposta, hi ha cultiu de cítrics amb zones molt localitzades d'arrosar entre Vinallop i Amposta. A la desembocadura del riu Ebre es troba un ampli sector de regadiu dedicat en un 80% al cultiu d'arròs, ja que altres cultius com les hortalisses, no són possibles per l'elevada salinitat

d'una gran part dels seus sòls. Algunes finques al delta han estat transformades per a dedicar-se a la producció industrial d'hortalisses, tot i que aquestes són importants a les proximitats del riu entre Amposta, Deltebre i S. Jaume. En general les tècniques aplicades al cultiu d'arròs poden considerar-se adequades, el que es tradueix en una bona qualitat dels sòls, a pesar de la seva salinitat.

Altres zones de regadiu són les corresponents a les àrees de secà del Baix Ebre i Montsià que han estat transformades mitjançant la construcció de pous. En l'actualitat hi ha 7.000 ha. de cítrics.

5.- Les tècniques de cultiu, el tamany de les explotacions i la tinença de la terra.

L'agricultura de la zona d'estudi per la distribució dels seus cultius i tècniques, presenta quatre àrees ben definides:

1) Àrea d'agricultura amb dedicació a temps parcial, tant en el secà com en el regadiu. 2) Àrea d'agricultura de secà arbustiva amb tècniques que es van adequant a les necessitats dels conreus. 3) Àrea d'agricultura de secà dedicada a cereals d'hivern. 4) Àrea d'agricultura amb tècniques adequades tant en secà com en regadiu.



Marges del riu Sénia

L'àrea de **l'agricultura a temps parcial** ha condicionat unes tècniques deficientes que han impedit, sobre tot en regadiu, un augment de la fertilitat dels sòls. Degut fonamentalment pel reduït tamany de les explotacions -entre 0'5 i 3 Ha.-, que han impedit una bona rendibilitat; i per la distribució de la propietat agrària que, en un 95% correspon a un cultiu directe i personal. Per això l'agricultor busca treball en altres sectors productius per a completar els ingressos necessaris, de manera que no és precís millorar les tècniques ni conreus, però que no fa que, malgrat la seva baixa rendibilitat, l'agricultor no l'abandoni la propietat, amb això impedeix la racionalització de les explotacions mitjançant l'agrupació de varies d'aquestes per arrendament, o fins i tot compra.

A l'àrea **d'agricultura arbustiva de secà**, a les comarques que presenten greus problemes d'èxode rural i envelliment de la població, les situacions del tamany de l'explotació i de la pertinença de la terra són idèntiques a les del cas anterior, les explotacions són poc rendibles pel seu reduït tamany -entre 5 i 20 Ha. en secà-, el que obliga als joves a emigrar, però, degut a l'estatus de la propietat de la terra, encara continuen en marxa les explotacions en mans dels agricultors vells, amb el que no es milloren les tècniques i els sòls reflecteixen una falta de fertilitat cada cop major.

A l'àrea de la Baixa Segarra, dedicada al **cultiu de cereals d'hivern**, l'extensió de les explotacions és també entre 5 i 20 Ha. de secà i la pertinença de la terra correspon al cultivador, sens dubte els rendiments

guanyats amb cereal, gràcies a les pluges favorables, junt amb la total mecanització del cultiu, permeten una millora en la conservació d'una agricultura amb empresaris més joves, el que ha recabat, a la seva vegada, en una millora de les tècniques de cultiu.

Les àrees de **tècniques agrícoles adequades** tenen a més uns sòls fèrtils. En elles els factors econòmics i jurídics han influït en el procés. En el secà les dues àrees de tècniques adequades presenten característiques diferents, ja que, en els dos casos, el tamany de les explotacions més freqüents oscil·la entre 5 i 20 Ha.

Per a aconseguir aquesta situació els propietaris absentistes han donat en aparcelar les seves terres, amb el qual el tamany de les explotacions ha augmentat, fent a la seva vegada la rendibilitat i dedicació de les mateixes. En el cas de l'olivar del Montsià ha estat la necessitat de supervivència l'encarregada d'estimular als empresaris-propietaris, no escatimant ni l'adob als sòls de secà; a més unes característiques climàtiques -borrasques als estius- i el sòl -50% de grava a Ap-, han afavorit els rendiments. En el cas del regadiu presenta un gran esforç per part de l'agricultor que, des del punt de vista jurídic, presenta dues àrees diferents: per una banda, en primer lloc, els regadius de La Ribera que inclouen explotacions de 1 a 5 Ha. amb conreu directe dels seus propietaris, el seu esforç per aconseguir majors rendiments s'ha tancat amb la renovació de les tècniques de conreu, no sols per implantació d'espècies noves de fruiters, sinó inclòs com s'ha dit, amb reg d'aigües elevades, així aquests petits propietaris de 4 a 5 Ha. de regadiu poden viure suficientment bé amb la seva explotació.

Els regadius del delta que són, en aquest aspecte, l'altra cara de la moneda, ja que les explotacions, en un gran percentatge, són de més de 50 Ha., sent freqüents les majors de 100 Ha., indicant el seu règim de pertinença en un 90% del total cultivat, ho és pels seus propietaris directament -grans explotacions-, mentre que el 12% correspon a arrendaments i el grau de parcelació quasi no és significativa, és a dir es tracta d'una terra de grans propietats i explotacions, els que ha permès un desenvolupament de les tècniques de l'arròs amb un tractament dels sòls adequat; encara que aquesta situació jurídica dificulta el sanejament del delta, que suposaria l'increment de la fertilitat edàfica per la intensificació dels cultius.



De la garriga al delta de l'Ebre

6.- La població agrària

L'evolució demogràfica del territori i els caràcters que de la mateixa resulten no constitueixen un factor positiu per a la millors dels sòls cultivats. Ha tingut lloc un procés de despoblació de les àrees rurals, acompanyat d'una forta concentració a les comarques industrialitzades i terciaritzades. Aquest procés de concentració demogràfica ha estat paral·lel al de despoblació de les comarques interiors, dependents exclusivament de l'agricultura. Pensem que en el segle XIX, la major part de les comarques agrícoles, van registrar un continu moviment migratori, que només es va interrompre per un curt període d'euforia vitícola registrat a l'últim terç del segle passat. En els darrers temps s'experimenta una desconeguda accentuació, a partir dels anys seixanta, paral·lelament al creixement industrial dels nuclis de decisió.

Conseqüentment es detecta a les àrees rurals: i) envelliment de la població, amb reducció de la població activa i augment de les classes passives -a les comarques d'interior la partida d'ingressos corresponents a l'assistència social representen sempre percentatges pròxims a la meitat dels ingressos totals-; ii) l'envelliment de la població, entre naltres factors, ha motivat l'enfonsament dels índex de natalitat: iii) aquestes comarques han perdut bona part de la seva població jove, la més dinàmica, amb el que el procés de despoblació només es pot interrompre amb mitjans procedents de l'exterior. No obstant, l'actual regressió del sector industrial està produint un fre a l'exode rural encara irreversible en algunes àrees interiors.

Els fets demogràfics han tingut repercussions en el paisatge agrari. La despoblació ha vist afavorit, amb un cert retard, l'abandonament de les terres cultivades, fet que evidentment han reduït la renda d'aquestes comarques i, sobre tot, ha motivat un desequilibri important en les taxes de creixement econòmic respecte a poblacions costaneres, convertint-se en autèntiques bosses de "pobresa".

ALGUNES DADES DEMOGRÀFIQUES COMARCALS

Dades d'atur de la població activa segons l'INEM: "Estadística d'ocupació. Atur registrat per municipis" març de 1997.

COMARCA	població activa	març de 1997	%
BAIX EBRE	25.592	3.470	13.56
MONTSIÀ	21.069	1.703	8.08
RIBERA	8.512	676	7.94
TERRA ALTA	5.010	409	8.16

DISTRIBUCIÓ DE L'OCUPACIÓ PER COMARQUES I SECTORS Resultats d'enquesta

Comarca	Agrari		Indústria		Construcció		Serveis		N.C.
	%'86	%'91	%'86	%'91	%'86	%'91	%'86	%'91	
Baix Ebre	53.4	39.8	18.4	24.9	6.2	11.1	16.9	24.2	5.1
Montsià	26.3	18.0	22.7	23.3	8.6	12.6	39.3	46.1	3.1
Ribera	28.4	25.7	19.3	25.6	6.8	11.1	27.5	37.6	18.0
Terra Alta	20.0	18.2	37.4	36.8	7.2	9.9	25.8	35.1	6.9

BIBLIOGRAFIA

- ANDREU A, CARCELLER, F. & PARES JM. (1996). "Puntos de interés geológico en un espacio periurbano (Badalona). Una herramienta para la enseñanza de la Geología". *Geogaceta* 20(6):1453-1456.
- BADIA D., MARTI C. ,ANDREU C (1990). "El sòl com a eina didàctica". *Dovella*, XII: 7-13
- BADIA D., MARTI C. (1999). "Els sòls en l'agricultura i el medi ambient: una visió centrada en el Baix Cinca" *Cinga* 35-47
- BLAZQUEZ S., BOQUERES M., CARCELLER, F., LASCURAIN (1989). "Ecologia forestal al parc natural del Garraf." *II Simposi d'ensenyament de les ciències naturals.Tarragona. Eumo ed. tom I* 361-372.
- CARCELLER F. et al. (1991). "II Experiencia didáctica sobre ecología forestal: Luz y temperatura en el bosque." *I Simposio sobre la docencia de las ciencias experimentales en la enseñanza secundaria. Madrid:* 270-274.
- CARCELLER F., JIMENEZ J. , LEDESMA T. (1994). "Una classe- una hectàrea: Ecologia Forestal al Garraf." *I jornades de Didàctica de les Ciències naturals i Socials al Baix Llobregat. Pub. De l'Abadia de Montserrat.* 329-341.

CARCELLER F.; FERRAN A. , VALLEJO V.R. (1998). “Variació estacional de la caiguda de la fullaraca en diferents parcel·les experimentals després d’un incendi al Parc Natural del Garraf” II Trobada d’Estudiosos del Garraf. Monografies 26.: 129-135. Diputació de Barcelona

COBERTERA, E. (1986) Los suelos cultivados de Tarragona. Diput. Tarragona

FERRAN A., CARCELLER F. & LASCURAIN J. (1989). “Un modelo interactivo de cuatro componentes: Universidad, Museo, Parque natural e institutos de enseñanza media”. XVI Reunión de la Sociedad Española de las Ciencias del Suelo. Pon. y com. 79-80

IBAÑEZ JJ. & CARCELLER F. (2002). “Contribución al estudio ecologico del hayedo de los Puertos de Tortosa-Beceite.” I Encuentro Nacional de Estudios sobre la Cordillera Ibérica. Monasterio de Veruela y Tarazona. Dip Prov Zaragoza et al. 453-458.

<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos.html>

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/perfil.htm>

<http://edafologia.ugr.es/>

<http://webpages.ull.es/users/jnotario/CSCA/Index.htm>

http://www.mec.es/cide/jsp/plantilla.jsp?id=globe03b&contenido=/espanol/innovacion/globe/tutorial/atmosfera/globe03b_2.html

http://www.1000adomicilio.com/suelos estudio _prov.htm