

# Sòls, aigua i desertificació<sup>1</sup>

MARÍA JOSÉ MOLINA / VICENTE PONS

Centre d'Investigacions sobre Desertificació - CIDE (CSIC-GV-UV)

MARÍA DOLORES SORIANO

Escola Tècnica Superior del Medi Rural i Enologia - ETSMRE (UPV)

## Introducció

Durant el segle passat, una de les característiques més destacades de les societats desenvolupades ha estat el ràpid creixement de les activitats humanes en els sectors forestal, agrícola, urbà i industrial, amb la consegüent pressió excessiva i accelerada sobre els recursos naturals no renovables.

Com a resultat d'això, la societat actual reconeix i sofreix les conseqüències immediates d'una sèrie d'alteracions dels processos ambientals (les implicacions a mitjà i llarg termini es desconeixen) derivades de la interacció de l'aridificació del clima, l'alternança de períodes de sequera i inundacions difícilment predictibles, i la degradació i/o pèrdua de la quantitat i de la qualitat del sòl i de l'aigua, a causa de processos accelerats d'erosió, de contaminació de salinització i de degradació física, química i biològica.

En la lluita per aturar l'avanç d'aquest procés o, almenys, per pal·liar les seves conseqüències, pren força una nova orientació de l'estudi del sòl com un dels components prioritaris per a la resolució de problemes mediambientals.

Pel que fa als problemes mediambientals generats per l'ús i l'abús dels recursos naturals, el sòl té un paper fonamental no sols com a suport de les activitats humanes i com a substrat capaç de produir béns i serveis, sinó també per la diversitat i la importància de les funcions ambientals que exerceix (regulació hidrològica, producció biològica, biodiversitat, processos de transformació-intercanvi amb l'atmosfera, etc.).

Els sòls, com a éssers naturals capaços de produir béns i exercir funcions ambientals, necessiten llargs períodes de temps per completar la seua formació, encara que per degradar-se i desaparèixer, els períodes necessaris són relativament curts. Existeixen nombroses proves històriques i/o arqueològiques que permeten constatar que algunes civilitzacions pròsperes van desaparèixer com a conseqüència de la destrucció de la quantitat i de la qualitat dels sòls, i de la consegüent pèrdua de la capacitat del sòl per assegurar el desenvolupament òptim de les activitats humanes. Per tant, sembla evident que si volem garantir la prosperitat de les generacions futures, és necessari conservar els sòls en un estat òptim de quantitat i qualitat.

---

<sup>1</sup> Traducció del castellà de Gloria Broch Arnau (Universitat Jaume I)

## El sòl com a recurs natural multifuncional

La figura 1 mostra un diagrama simplificat del concepte del sòl considerant-ne els components i les proporcions. Al contrari del que a primera vista pot suggerir l'elevada proporció de components minerals, el sòl no és un medi inert, sinó reactiu i viu, ja que conté la matèria orgànica (energia), l'aire i l'aigua necessaris per al desenvolupament dels éssers vius. La figura 2 mostra un concepte més abstracte i global de la constitució dels sòls (edafosfera) com un nivell d'organització més del planeta i que actua a manera d'interfase entre l'atmosfera, la litosfera, la hidrosfera i la biosfera. El terme atmosfera no inclou sols aquella que està sobre la superfície del sòl, sinó també la que està continguda en l'espai porós de l'interior del sòl; a l'igual que el conjunt d'éssers vius, ja que considerarem els que habiten damunt i dins del sòl. El terme litosfera inclou les roques i els sediments, que en alterar-los originen els minerals que constitueixen el sòl. Dins de la hidrosfera incloem tant l'aigua que entra com aquella que ix del sòl mitjançant l'evaporació i el drenatge.

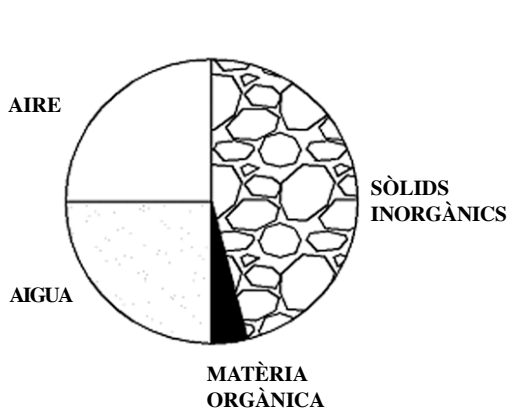


Figura 1. Components del sòl.

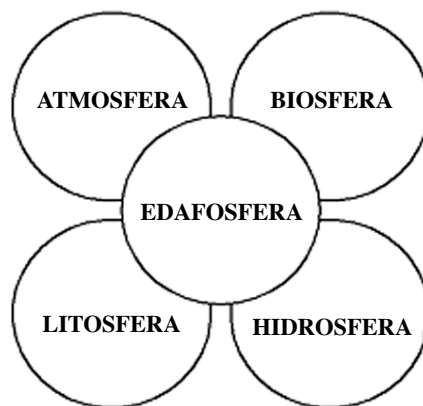


Figura 2. Concepte de sòls (edafosfera) a manera d'interfase entre diferents medis biòtics i abiòtics.

Segons la situació de convergència i interacció de les fases de diferent natura on els sòls se situen a l'esquema de la figura 2, podem preveure que aquests constituïran un sistema complex, amb trets d'organització interna i externa que seran característics de l'equilibri entre els diferents medis que convergeixen al sòl. Existeix un conjunt de característiques i propietats del sòl (la majoria quantificables) que representen aquest estat d'equilibri i que constitueixen el que podríem denominar-se *sòl representatiu* de cada zona en condicions d'equilibri natural. Alguns components o trets dels sòls són molt sensibles i dinàmics, i es poden utilitzar com a *indicadors*, que permeten informar-nos tant de les causes d'alteració de l'esmentat equilibri, induït per la disfunció d'un o d'alguns dels medis que hi convergeixen, com de la intensitat d'aquest procés.

Un dels trets d'organització interna més característics dels sòls és que aquests exhibeixen les seues propietats en forma de capes o horitzons que es distribueixen en vertical, amb profunditats, límits, seqüències d'horitzons i atributs quantificables que són propis de les

seues condicions de formació i del seu estat d'equilibri respecte als agents biòtics o abiòtics externs. En els sistemes de classificació i caracterització dels sòls s'utilitzen les lletres majúscules A, B, C i R per denominar els horitzons superficials (A), subsuperficial o intermedis (B) i profunds (C, quan es tracta de material originari no consolidat, com les margues, o R, si la roca és dura i compacta, com és el cas de les calcàries o el gres).

Aquesta disposició vertical de capes o *horitzons* constitueix el que es denomina *perfil del sòl*. Segons les característiques dels *factors formadors*, és a dir, el clima, el material originari, la topografia, la vegetació, els organismes vius i el temps, els sòls presenten una seqüència d'horitzons que es repeteix en tots els llocs on convergeix la mateixa combinació de factors formadors. Per exemple, en un clima mediterrani sec amb material originari calcari barrejat amb gres, els sistemes de vessant-vall es caracteritzen per un conjunt de sòls com el que veiem a les fotografies de la figura 3 (pàgina 142).

Als vessants, el pendent és el factor que condiciona la profunditat i la diferenciació dels sòls en horitzons, ja que aquests estan sotmesos a un constant rejuveniment (equilibri inestable) mitjançant processos d'erosió natural i/o antròpica. Per això, els sòls més característics dels nostres vessants (a i b, figura 3) tenen una seqüència d'horitzons AR i AC, és a dir, un horitzó superficial (A) poc profund (amb major o menor proporció de matèria orgànica segons el tipus i la quantitat de vegetació) directament sobre la roca (R) o entre fragments de roca (C). Si el material originari és calcari, els processos d'alteració química de la roca condueixen a l'alliberament i la reorganització dels seus components primaris; una de les característiques més comunes que presenten els sòls formats sobre aquest tipus de material litològic és la *textura fina* (major proporció de llims i argiles que de sorra). Si el material originari és gres, els sòls presenten *textures grosses* (major proporció de sorra que de llims i argiles). Les proporcions de sorra, llim i argila (textura del sòl) varien segons el tipus de roca sobre la qual es forma el sòl, i també segons el microclima i la intensitat del procés d'erosió (les partícules fines són més transportables); de manera que en els microclimes més afavorits aquests sòls acostumen a tindre textures més fines i més vegetació, i no estan tan erosionats. Mentre que les parts elevades dels vessants són netament zones d'erosió, les parts intermèdies dels vessants són zones de transport i els piemonts (c, figura 3) i les valls (glacis, d, figura 3, i planes al·luvials, e i f, figura 3) són zones d'acumulació de sediments, d'aigua i de sals, o d'altres contaminants.

Com a resultat d'aquests processos, els sòls adquireixen les propietats que s'indiquen a la taula que forma part de la figura 3 (pàgina 142).

## Qualitat del sòl

A partir de les fotografies i de les dades de la figura 3 resulta evident que, lluny de ser estàtic, el sòl és un medi dinàmic en l'espai, és a dir, la seqüència d'horitzons i les seues propietats canvien espacialment. A més, també canvien temporalment. Per exemple, en hivern la concentració de sals és menor que en estiu o, després de pluges intenses i erosives, es poden observar aportacions d'aigua i sediments als sòls de la plana i pèrdues als sòls dels vessants.

Aquest dinamisme espacial i temporal confereix al sòl un paper important en els ecosistemes terrestres. Les seues característiques, propietats i funcions regulen i són regulats

per la interacció, positiva o negativa, de processos individuals i simultanis de caràcter físic, químic i biològic entre els components minerals procedents de les roques i la topografia, els agents atmosfèrics, les plantes i altres organismes vius (bacteris, artròpodes, l'ésser humà, etc.) en tot l'espai i temps.

El resultat de la interacció entre els factors biòtics i abiòtics esmentats, i el resultat dels processos químics, físics i biològics consegüents a aquesta interacció defineixen el que actualment s'entén per *qualitat del sòl* (Doran i Parkin, 1994): «la capacitat del sòl per exercir les funcions específiques, dins dels límits de l'ecosistema natural o antròpic, que permeten la productivitat biològica, el manteniment de la qualitat mediambiental i la salut de les plantes i dels animals».

Els paràmetres que defineixen la qualitat del sòl depenen o estan relacionats amb la funció específica que se'n pretén extraure. La taula 1 resumeix les diferents funcions genèriques del sòl i il·lustra el caràcter multifuncional i multiusuari dels sòls en les societats actuals. Sembla evident que els paràmetres de qualitat del sòl no es poden definir de manera genèrica, ja que depenen del tipus específic de sòl, de les característiques d'ús i de manipulació, i de les limitacions imposades per un seguit de condicionaments ambientals, socials o econòmics; malgrat això, es tracta d'un concepte útil, el major valor del qual és intentar *adaptar* les condicions d'ús i de manipulació del sòl a les propietats de cadascun, amb la finalitat que aquest sòl exercisca simultàniament una funció específica i una funció genèrica mediambiental de manera sostenible.

Usuaris diferents tenen conceptes diferents de qualitat del sòl, ja que cada usuari necessita el sòl per a una funció específica. A l'agricultor li interessa el sòl per la seua funció genèrica de *producció agrícola*, i els paràmetres de qualitat per a la productivitat agrícola seran tots aquells que estiguen implicats en les subfuncions i en els processos indicats a la taula 2. En canvi, un hidròleg mostrarà interès pels paràmetres de qualitat del sòl implicats en la funcionalitat del sòl com a filtre de l'aigua de pluja.

Per a la resolució de problemes mediambientals, el coneixement de les propietats i del funcionament del sòl ha de permetre definir els l·lindars de qualitat per damunt dels quals diferents tipus de sòls, en diferents condicions de contorn, poden exercir el seu paper multifuncional a mitjà i llarg termini.

*Taula 1. Funcions genèriques del sòl en les societats actuals (adaptat de Blum, 2002).*

|  |
|--|
| Productivitat biològica (agrícola i forestal) i biodiversitat.   |
| Substrat on es donen processos de transformació-intercanvi entre atmosfera, organismes vius i aigua (pluja, reg, superficial, subterrània...). |
| Filtre depurador de residus i protector de la cadena alimentària i de l'aigua subterrània enfront de la contaminació.                          |
| Reserva de nutrients i lloc on es produeix el cicle d'aquests nutrients.   |
| Suport per al desenvolupament d'infraestructures (indústria, vivenda, transport, esbarjo, abocaments, pedreres).                               |
| Suport de tresors arqueològics que formen part de la nostra herència historicocultural.  |

## Funcionalitat hidrològica del sòl

Pel que fa a la qualitat i a les funcions del sòl, a l'expectativa de canvi climàtic, i als canvis d'ús, el paper del sòl, com a element d'emmagatzematge, regulació i redistribució d'aigua i de soluts, és d'una importància crucial per les seues implicacions quant a la disponibilitat d'aigua i nutrients per a les plantes, i quant al transport de soluts (llims, nutrients, sals, contaminants) cap als sòls d'unes altres posicions, les aigües superficials o subterrànies.

*Taula 2. Subfuncions del sòl i processos implicats en la funció genèrica del sòl com a suport de la producció agrícola (Carter i altres, 1999)*

| Funcions del sòl en el context de la productivitat agrícola | Característiques del sòl i processos implicats  |
|---|---|
| Creixement de les plantes                                   | Substrat de germinació i arrelament, absència d'acidesa i de salinitat, disponibilitat de nutrients, condicions adequades per als microorganismes facilitació del creixement i desenvolupament de les arrels    |
| Regulació de l'aigua  | Entrada, emmagatzematge i alliberament d'aigua per a la planta, retenció suficient per regular i reduir els efectes de la sequera, capacitat d'emmagatzematge i d'infiltració adequada per reduir l'escorriment |
| Regulació de l'aire   | Entrada, emmagatzematge i alliberament de gasos, permeable per facilitar el moviment de l'aire i l'intercanvi amb l'atmosfera   |
| Regulació d'energia   | Emmagatzematge, reciclatge, mineralització i descomposició de matèria orgànica, alliberament de nutrients i d'energia   |
| Manteniment de l'agregació                                  | Facilitació del moviment d'aire i d'aigua, resistència a l'erosió   |
| Tampó i filtre  | Acceptació, retenció y alliberament de nutrients, emmagatzematge d'energia, de composts i d'elements biotòxics, biodegradació de substàncies nocives per a la planta  |

Existeixen una sèrie de factors fonamentals que intervenen en la fragilitat dels nostres ecosistemes agraris i agroforestals seminaturals o antròpics. El principal és el clima: hiverns suaus i plujosos, i estius càlids i secs, amb elevades taxes de radiació solar i d'evaporació, i plujes d'estiu que representen menys de la tercera part de les d'hivern, amb pautes espacials i temporals de variabilitat molt pronunciades i amb una gran variabilitat interanual difícil de predir. Com a conseqüència de les característiques climàtiques, la taxa de mineralització de la matèria orgànica del sòl és alta, per la qual cosa, en general, i particularment quan el sòl l'utilitza l'ésser humà, la proporció de carboni orgànic acostuma a ser molt menor que la de carboni inorgànic (Molina i altres, 1999). Per això, als sòls mediterranis, les funcions i el desenvolupament dels processos al sòl induïts per la quantitat i el tipus de matèria orgànica es troben limitats, de manera natural, pels processos de mineralització a causa del clima, i, especialment, a causa de l'acceleració d'aquest procés que produeix l'utilització del sòl.

Un altre dels factors que influeix en la fragilitat dels nostres ecosistemes naturals i antròpics és la complexitat orogràfica i litològica. Muntanyes altes, joves, amb calcàries, margues, argiles i sauló alternants per plegaments o que estan espacialment barrejades. Complexos sistemes de fractures i falles, relleus amb moles, escarpaments i vessants soscauades i inestables amb forts pendents i diferents formes (perfils de vessant còncavoconvex, rectilini...) interromputs sovint per terrasses o altres infraestructures fins arribar a la zona de la vall on es concentren un major nombre d'activitats agrícoles, urbanes i industrials. Aquests factors originen un complex sistema de sòls moltes vegades difícil de caracteritzar espacialment en els aspectes més bàsics, que serien, per exemple, la seua classificació i inclusió dins dels grans grups de sòls del món (veure per exemple FAO-UNESCO, 1988) o la representació espacial de la seua distribució en documents cartogràfics (Mapa de sòls de la Comunitat Valenciana, Escala 1:100.000). La complexitat de la caracterització no és sinó una de les manifestacions de la complexitat de processos que hi tenen lloc. Entre aquests processos, la infiltració de l'aigua en el sòl, la generació d'escorriments i la mobilització del sòl i dels soluts són els que han sofert les alteracions més dràstiques des de la segona meitat del segle xx. La intensificació i l'ampliació de zones de conreu, l'abandó de conreus en zones marginals, la deforestació i l'asfaltatge a gran escala han provocat, per una banda, una gran alteració espacial i temporal dels fluxos hídrics i, per una altra banda, una gran minva en la quantitat i en la qualitat del sistema sòl-aigua (pèrdua de nutrients, encrostament i compactació, contaminació i acumulació de sals, etc.).

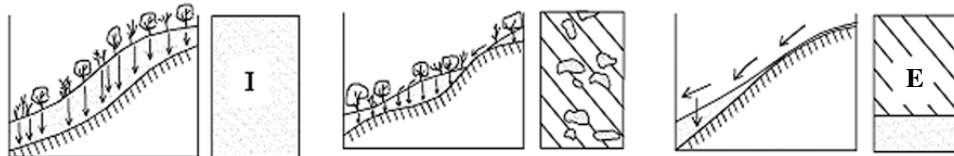


Figura 4. Redistribució de la pluja i paper del sòl com a regulador en diferents condicions climàtiques (esquerra: subhúmid; centre: sec-subhúmid; dreta: sec). I: infiltració. E: escorriment (adaptat de Lavee i altres, 1998).

En la figura 4 s'indica de manera esquemàtica com varien els processos de redistribució d'aigua quan canvia la profunditat del sòl i la quantitat de vegetació d'un vessant mediterrani idealitzat en un gradient climàtic de menor a major aridesa. Aquest grau d'aridesa al vessant pot ser el resultat de perturbacions de diferent tipus i intensitat causades per l'acció humana (incendis, pastoreig, deforestació, etc.).

Es pot observar en la figura 4 que la quantitat de sòl capaç d'emmagatzemar aigua és cada volta menor i, a més, la superfície de sòl que produeix escurriments i s'erosiona és cada volta major. Les parts altes i intermèdies del vessant esdevenen zones àrides per manca de sòl i vegetació, i els piemonts i les planes esdevenen zones receptors d'aigua, partícules de sòl i totes aquelles substàncies (sals, contaminants, etc.) que s'hi troben unides, o bé en suspensió o dissoltes en l'aigua de l'escurriments.

La degradació del sòl i de l'aigua a causa de la deforestació, els canvis d'usos al medi rural i el creixement agrícola, urbà i industrial originen problemes mediambientals que afecten directa o indirectament totes les activitats humanes que depenen del fet que els sòls i l'aigua es mantinguin al lloc adequat, en la quantitat i la qualitat adequada. Els processos de degradació del sòl i de l'aigua estan íntimament units a les alteracions en els processos hidrològics que determinen el balanç d'aigua al sòl i el seu règim hídric. Aquesta alteració està condicionada pel tipus de clima, però sobretot per l'ús i la forma de gestionar els recursos sòl i aigua.

Els sòls exerceixen un paper molt important en el cicle hidrològic. Actuen com a magatzem d'aigua i com a element de transformació d'entrades d'aigua de pluja, discontinües i erràtiques, dins d'un sistema continu d'aprovisionament d'aigua per a les arrels de les plantes, les aigües superficials i subterrànies. La constant reducció de la qualitat d'aigua per a diferents usos (consum, reg, etc.) augmenta la importància de la seua conservació. Intrínsecament unida a la conservació de l'aigua es troba la conservació del sòl.

Del tipus de sòl depèn el règim d'humitat, és a dir, la característica que determina els canvis temporals en el contingut d'aigua i que constitueix el factor individual primari que condiciona el creixement i la producció de les plantes (naturals o cultivades). Que la planta pugui utilitzar o no l'aigua emmagatzemada al sòl depèn de les possibilitats d'accés de les arrels a la profunditat on es troba l'aigua disponible durant els diferents períodes vegetatius. Això estarà condicionat, en primer lloc, pel clima i, en segon lloc, per les propietats del sòl que afecten la seua capacitat d'infiltració, retenció i drenatge. En l'agricultura, aquestes condicions poden veure's modificades per les pràctiques d'ús i de manipulació del sòl (conreu, adobat, reg, drenatge, data de sembra, etc.).

La funció del sòl com a regulador del cicle de l'aigua i com a filtre ambiental també es veu afectada pel règim d'humitat del sòl. Els processos hidrològics que tenen lloc a la superfície i a l'interior del sòl determinen els transports de soluts naturals (per exemple, matèria orgànica o nutrients del sòl) o antròpics (fertilitzants, plaguicides, etc.). Els constituents solubles del sòl són mobilitzats i transportats com a resultat de la infiltració de l'aigua de pluja i de reg. Els contaminants es retenen, s'alliberen i es transformen parcialment al sòl abans d'accedir a les aigües superficials o subterrànies. Per tant, la qualitat de l'aigua està influïda per les característiques de la infiltració de l'aigua en els sòls.

## **Degradació del sòl, alteració de l'estructura i del procés d'infiltració**

Les propietats del sòl, especialment les propietats físiques, presenten una gran variabilitat horitzontal i vertical, i estan sotmeses a canvis continus en condicions naturals, i, per descomptat, sota condicions antròpiques. Quan aquests canvis afecten de manera adversa les condicions de creixement i de producció de conreus, o altres formes d'ús o funcions, o quan és necessari augmentar la quantitat d'inputs per mantenir-ne l'ús o la producció, es parla de processos de degradació. Quan la degradació del sòl és tal que fa insostenible la quantitat d'inputs per mantenir la seua funció, es parla de desertificació. Els processos de desertificació en àrees de clima àrid i semiàrid estan íntimament units a l'alteració de la funcionalitat hidrològica dels sòls.

La conservació de la quantitat i de la qualitat del sòl i de l'aigua, segons l'aspecte més bàsic, depèn de com es produeixen els processos d'entrada i d'eixida de l'aigua al sòl. La infiltració de l'aigua en el sòl es pot definir com el moviment de l'aigua cap a l'interior del sòl o també com el pas de l'aigua per la superfície, a través de porus i obertures menudes, cap a la massa del sòl. Existeix una quantitat màxima d'aigua que cada sòl pot absorbir i que es coneix com capacitat d'infiltració. Si la intensitat de la pluja és menor o igual que la capacitat d'infiltració, el sòl absorbeix tota l'aigua i no es produeix cap entollament ni cap escorriment. Si la intensitat de la pluja augmenta o es redueix la capacitat d'infiltració, l'aigua sobrant forma l'escorriment, el qual fa referència al flux, superficial o subsuperficial, de l'aigua que no ha pogut infiltrar-se en el sòl. Quan els fluxos d'escorriment es fan molt grans i/o es concentren, adquireixen una gran energia cinètica i, per tant, gran capacitat de transport de sòl, nutrients, sals i contaminants. En la mesura que els sòls siguin més o menys resistents a la mobilització, els efectes de l'escorriment seran més o menys greus.

Entre els factors que determinen la capacitat d'infiltració del sòl i la generació d'escorriment destaquen les característiques de la pluja, les propietats del sòl, la densitat i el tipus de coberta vegetal, i el tipus d'ús.

Les pluges de gran densitat exerceixen una influència negativa sobre la capacitat d'infiltració, ja que compacten la superfície i destrueixen els agregats del sòl. Tanmateix, pluges menys intenses i prolongades poden exercir un efecte similar.

Algunes propietats del sòl, com la textura, tenen gran influència en el procés d'infiltració. Els sòls de textura grossa, amb alta proporció de sorra, tenen porus grans, per la qual cosa l'aigua s'infiltra fàcilment. Malgrat això, tenen poca capacitat per retenir l'aigua, perquè l'espai porós no està ben distribuït i falten porus d'una mida mitjana i menuda. Als sòls argilosos (com e i f de la figura 3), els porus són menuts, la velocitat d'infiltració és baixa i tarden a drenar-se. Ara bé, si les partícules d'argila d'aquests sòls s'uneixen a la matèria orgànica i formen agregats, es formen porus estructurals que augmenten la porositat total i, sobretot, milloren la distribució dels porus en mides diferents, de manera que creix la capacitat d'infiltració i, també, la capacitat de retenció. Uns altres aspectes importants són la profunditat del sòl i les seues condicions inicials d'humitat, ja que açò determinarà la quantitat total d'aigua que el sòl podrà emmagatzemar. Els sòls profunds, de textura grossa i amb un contingut elevat de matèria orgànica tendiran a tindre taxes d'infiltració elevades, mentre que els sòls prims, argilosos i amb poca matèria orgànica tendiran a tindre taxes d'infiltració baixes.



La vegetació i les restes vegetals sobre la superfície del sòl (fullaraca, restes de poda, adob verd, etc.) protegeixen el sòl de l'impacte directe de les gotes d'aigua. Açò implica una menor compactació del sòl durant la pluja i la conservació dels agregats del sòl. Alhora permet, en cas de tempestes intenses, una millor distribució temporal de l'aigua, la qual cosa dóna més temps al procés d'infiltració.

La incorporació de matèria orgànica a la fracció mineral del sòl produeix la formació d'agregats (veure figura 5, pàgina 143), i la fauna, que viu d'aquesta matèria orgànica, és l'encarregada de combinar la matèria orgànica amb la matèria mineral. Aquesta fauna també té un paper molt important, ja que obre conductes pels quals penetra més ràpidament l'aigua.

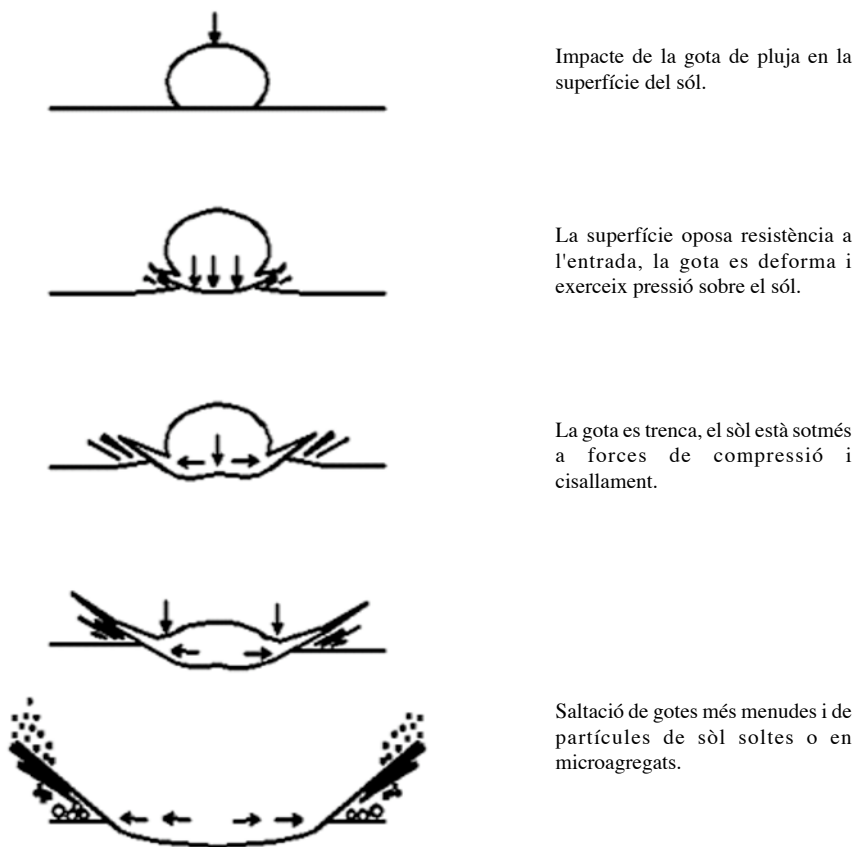
La manipulació de la vegetació i dels conreus amb l'ús i l'aprofitament dels sòls ocasiona una gran variació dels valors d'infiltració de l'aigua. Així doncs, la substitució d'una vegetació natural per conreus, que suposen un menor percentatge de protecció i que aporten una menor quantitat de matèria orgànica, causa sovint una reducció de la capacitat d'infiltració.

De tota manera, la situació més extrema de reducció de la capacitat d'infiltració és la substitució de la vegetació per una coberta d'asfalt o ciment a les zones urbanes. Aquestes reduccions, provocades per l'ésser humà, tenen repercussions en l'augment de l'escorriment superficial i, per tant, en l'erosió dels sòls i en la freqüència i magnitud de les crescudes i de les inundacions.

El procés d'infiltració s'inicia quan les gotes de pluja arriben a la superfície del sòl i s'introdueixen, parcial o totalment, en porus i forats del sòl. La infiltració implica tres subprocessos: l'entrada d'aigua a través de la superfície del sòl, l'emmagatzematge d'aigua al sòl i la transmissió de l'aigua a través del sòl. Aquests tres subprocessos estan íntimament interrelacionats i qualsevol limitació d'algun d'ells redueix les taxes d'infiltració.

Les limitacions en els tres processos anteriors s'inicien amb la degradació de l'*estructura del sòl*. S'anomena estructura del sòl a la reorganització dels components minerals (sorra, llims i argiles) amb la fracció orgànica del sòl per formar *estructures* complexes, anomenades agregats. Els components i els mecanismes que intervenen en la formació d'agregats al sòl s'indiquen a la figura 5 (pàgina 143). La matèria orgànica del sòl és el component fonamental de l'estructura i és responsable d'un nombre molt important de processos i de funcions al sòl (taula 3).

La incorporació de la matèria orgànica al sòl per formar agregats produeix l'estabilització i la cohesió de les partícules minerals, i aquests generen el sistema de porus del sòl i tenen capacitat per transmetre i retindre aigua, facilitar l'intercanvi de gasos i el desenvolupament d'arrels i d'altres organismes vius del sòl. Les primeres conseqüències de la degradació de l'estructura del sòl a causa de la pluja s'indiquen a la figura 6.



*Figura 6. Esquema de l'inici del procés d'erosió per impacte de les gotes de pluja quan l'estructura de la superfície del sòl es degrada (adaptat de Terry, 1998).*

Si el sòl està en pendent, les partícules de sòl que queden soltes són fàcilment transportables. Si no es produeix escorriment, les partícules més menudes poden obstruir els porus i disminuir la infiltració en episodis de pluja posteriors. Quan la quantitat de pluja supera la capacitat d'infiltració del sòl es produeix escorriment. Les partícules sòlides soltes i les sals solubles són arrossegades per aquest, i així disminueix el gruix de l'horitzó superficial i la seua fertilitat química i física, la qual cosa afectarà, a més, els sòls, els embassaments o altres estructures que els sòlids i les aigües que han estat arrossegades trobaran durant la fase de transport i sedimentació.

Taula 3. Funcions de la matèria orgànica al sòl i processos edàfics implicats (Carter, 2002).

| Localització de la matèria orgànica | Funció i processos implicats   | Condicions edàfiques resultants  |
|-------------------------------------|--|--|
| En el conjunt del sòl               | Cohesió i resistència mecànica, capacitat per retindre aigua, facilita que el sòl estiga solt, facilita el conreu. | Augmenta la resistència del sòl a la compactació, augmenta la disponibilitat hídrica per a la planta, disminueix el nombre de llaurades necessàries.   |
| Incorporada als agregats            | Conservació de nutrients i energia, processos de fertilitat física.  | Redueix el temps de degradació de la matèria orgànica i augmenta la retenció de nutrients, assegura la distribució de porus de diferents grandàries, millora la infiltració i la ventilació. |
|                                     | Resistència a l'erosió   | Afavoreix l'estabilitat dels agregats i impedeix la pèrdua de la fracció fina i fèrtil (argiles i llims)   |

Manifestacions externes de la degradació de la estructura del sòl són la formació de superfícies segellades i encrostades, la compactació, l'impediment de l'arrelament, la dificultat de drenatge, l'excessiu assecament i enduriment, l'alteració dels llimars de temperatura al sòl i l'augment de l'evaporació, la generació d'excés d'escorriment, i l'erosió accelerada del sòl. L'aigua, que és el principal factor en la limitació del creixement vegetal, també és el principal factor responsable, directament o indirectament, dels processos de degradació del sòl.

La degradació de l'estructura del sòl modifica la velocitat de l'aigua per infiltrar-se en el sòl, la seua capacitat d'emmagatzematge i les pautes d'alliberament i de redistribució d'aquesta en l'espai i en el temps. L'esmentada alteració repercuteix directament en la productivitat dels conreus o de les espècies vegetals naturals, a més de modificar indirectament l'equilibri dels organismes vius que habiten els voltants o l'interior del sòl. El lloc on es produeix la degradació sofreix repercussions importants, però les conseqüències en llocs més o menys distants a aquest són de major dimensió: riscs d'inundació, sedimentació, lliscament, processos de redistribució difusa o acumulació puntual de

contaminants. Indubtablement, la magnitud de la degradació depèn de la susceptibilitat del sòl i de l'entorn climàtic, però la manera d'utilitzar i de gestionar el sòl n'és el factor més important. Per exemple, l'alteració de l'estructura del sòl per conreu o mecanització i la mineralització de la matèria orgànica (Six i altres, 1999) provoca inestabilitat en l'estructura superficial i subsuperficial del sòl, compactació i formació d'horitzons superficials i subsuperficials endurits i impermeables. La infiltració es redueix i, per tant, les sals del sòl es renten menys i s'acumulen als horitzons. L'augment de sals dificulta la captació d'aigua mitjançant les arrels i els conreus tindran major necessitat de reg. Tanmateix, les aigües de reg amb un contingut elevat en sals augmentaran els nivells de sals al sòl i/o l'aigua de drenatge contindrà també sals que podran augmentar la concentració d'aquestes als aqüífers.

A curt termini, la magnitud dels efectes derivats de l'alteració dels processos hidrològics del sòl depèn dels esdeveniments climàtics, però, a llarg termini, la utilització, els canvis d'ús i l'alteració de la dinàmica dels agroecosistemes són els que exerceixen el control. Per tant, la conservació de la quantitat i de la qualitat del sòl i de l'aigua depèn indirectament de les interrelacions del complex sistema sòl-aigua-vegetació. Aquestes depenen, originàriament, d'un factor clau: la matèria orgànica, a través del seu important paper per generar i mantindre l'estructura del sòl, i la capacitat d'aquest per regular espacialment i temporalment la dinàmica de l'aigua.

## BIBLIOGRAFIA

- BLUM, W.E.H. (2002): «Soil quality indicators based on soil functions», dins RUBIO, J.L. i altres (eds.): *Proceedings of the Third International Congress of the European Society for Soil Conservation "Man and Soil at the Third Millennium"*, 1, Logroño, Geoforma Ediciones/CIDE, 149-151.
- CARTER, M.R. i altres (1999): «Interpretation of microbial measurements for soil quality assessment in humid regions», *Canadian Journal of Soil Science*, 79, 507-520.
- (2002): «Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions», *Agronomy Journal*, 94, 38-47.
- DORAN, J.W. i T.B. PARKIN (1994): «Defining and assessing soil quality», dins DORAN, J.W. i altres (eds.): *Defining soil quality for sustainable environment*, Madison, Soil Science Society of America - American Society of Agronomy, Spec. Publi. 35, 3-21.
- FAO-UNESCO (1988): «Soil map of de world. Revised legend. 1:5.000.000», Roma, FAO.
- MAPA DE SUELOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA ESCALA 1:100.000, Projecte LUCDEME. CAPA-ICONA-CIDE, València, Generalitat Valenciana.
- MOLINA, M.J. i altres (1999): «La degradación de las propiedades del suelo en dos sistemas agroforestales de la Comunidad Valenciana. Implicaciones ecológicas ante el cambio climático y argumentos para la planificación», Logroño, Geoforma Ediciones.
- (inèd.): «Base de datos de las propiedades hidrofísicas de los suelos de la Comunidad Valenciana. Proyecto GV00-44-6», València, Generalitat Valenciana.
- SIX, J. i altres (1999): «Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems», *Soil Science Society of America Journal*, 63, 1350-1358.
- TERRY, J.P. (1998): «A rainsplash component analysis to define mechanisms of soil detachment and transportation», *Australian Journal of Soil Research*, 36, 525-542.