

LA COMUNA DE BUNYOLA, UN TEMA D'EDUCACIÓ AMBIENTAL

per JOANA ESTELLA ESCUDERO
amb la col·laboració de l'alumna
MARGARIDA SALAMANCA PERELLO

L'interès per l'estudi de la Comuna de Bunyola se suscità a nivell d'Escola en un intent d'estudi del medi des d'un d'un enfocament interdisciplinar.

Aquest estudi del sòl partí de la iniciativa d'un grup concret d'alumnes de l'assignatura de Química del curs 1981-82: Margalida Bujosa, Magdalena Colom, Francesc Lirola, Carme Martorell, Joan Massot, Beneta Palao, Margalida Salamanca, Joan Sastre. El seu interès i el seu treball han estat un estímul en la realització d'aquest estudi.



INTRODUCCIÓ

L'objectiu primer d'aquest treball ha estat ajudar els alumnes en el seu procés d'aprenentatge de la Química i la seva Didàctica, a través d'aquest estudi del medi ambient, tenint com a horitzó els seus pròxims alumnes d'E. G. B.

L'Edafologia necessita la interdisciplinarietat. Les connexions de l'estudi del sòl amb altres ciències i, sobretot, amb les anomenades Ciències Naturals, són constants. Dins tot aquest complex entramat el nostre fil conductor ha estat la Química. I des d'aquest enclavament químic, ens obrim a un enfocament de Ciència Integrada que té en compte les interaccions entre els fenòmens químics, biològics, geològics, físics, geogràfics..., i les repercussions del sòl com a recurs econòmic en els aspectes socioculturals.

Partim del fet que les propietats físico-químiques de la matèria són expressió de la seva estructura, en darrer terme, de l'electronegativitat dels elements que la formen. La composició química d'un compost i la seva estructura determinen les seves propietats. Es a dir, en el cas del sòl, la seva fertilitat.

L'espai limitat d'aquesta publicació ha fet necessari sintetitzar l'estudi i esquematitzar les anàlisis físiques i químiques. Esperam oferir pròximament, en una publicació més àmplia, un estudi més complet del sòl, partint sempre d'experiments senzills i comprensibles, i explicar més detalladament els mètodes d'anàlisi.

*Agraesc al Centre d'Edafologia de Salamanca (IOATO)
que m'hagi permès treballar entre ells uns dies.*

DADES SOBRE LA COMUNA DE BUNYOLA

La Comuna de Bunyola, geogràficament i geològicament, pertany a la Serra de Tramuntana, encara que es diferencia perfectament de les muntanyes veïnes per accidents naturals. Al nord la vall d'Orient, a l'oest la vall d'Honor i el poble de Bunyola, a l'est el torrent de Coa Negra de Santa Maria, al sud, el Pla de l'illa.

Segons informes facilitats per ICONA, l'altitud màxima és de 840 m. i la mínima de 240 m. La configuració del terreny és un pla inclinat de nord a sud, d'aspecte compacte, ja que les altures no estan gaire diferenciades.

La vegetació a les valls és d'alzines, i pins halepensis a les parts altes. La garriga és formada per les espècies d'arbusts més destacats de Mallorca, estepes, ciprells, murtes, romaní, mates i gran abundància d'arboceres.

El clima és el típic mediterrani, un poc més fred que la mitjana de Mallorca. Les temperatures extremes són: màxima 30° C en l'estiu, mínima de 2° C sota zero a l'hivern. Les pluges anuals arriben a 700 mm/m². La humitat relativa: màxima 90°/o i mínima de 65°/o.

Com la majoria dels sòls de Mallorca, són sediments de terra rossa sobre roques calisses mesozoïques. El clima exerceix un paper important en l'evolució recent del sòl. El sòl és argilós, pobre en humus (en aquesta zona la quantitat d'humus és més gran, degut a la humitat de l'aire marítim), risc en òxids de ferro i carbonats. La terra argilosa omple totes les cavitats i fisures de les roques calisses, eixamplades per fenòmens càrstics.

Les anàlisis són fetes sobre mostres de sòl recollit en el torrent "Coma Gran", format per abundants sediments. És una terra negra, molt rica en matèria orgànica. És valorada per la gent com a terra molt fèrtil.

ORIGEN I EVOLUCIÓ DEL SÒL

Consideram el sòl com a resultat d'un procés dinàmic, molt complex, que esquematitzam:

- roca mare que s'erosiona i s'ataca químicament.
- matèria orgànica que s'humifica i mineralitza
- sals solubles i col·loïdes, resultat de les alteracions dels minerals i l'humus, que se desplacen per processos d'erosió física, reaccions químiques i activitat biològica,

ens els quals influeixen múltiples factors: roca mare, topografia, flora i fauna, clima, economia de l'aigua...

Tot això, en interacció i amb mutu condicionament, originarà un tipus de sòl amb una composició química que, al mateix temps, determinarà les seves característiques físiques i el seu microclima. És a dir, la fertilitat del sòl: nutrients i bona estructura, de manera que la planta en pugui disposar.

En aquest procés es formen els horitzons, des del més profund, constituït per la roca mare, fins al més extern, on abunda la matèria orgànica.

El sòl correspon als horitzons superiors. I la part activa del sòl és constituïda per les partícules de mida inferior a 2 mm.

PROPIETATS FÍSQUES

Al final del procés de formació del sòl les partícules han arribat a unes mides condicionades per la composició química dels materials inicials i pels processos d'erosió i d'alteració soferts.

La textura es refereix a aquestes mides o composició granulomètrica. Aquestes partícules s'uneixen formant agregats. L'estructura del sòl es refereix a la forma d'agrupar-se les partícules.

Totes les altres propietats físiques i mecàniques dels sòls van lligades a la textura i a l'estructura. El comportament de l'aigua en el sòl, la permeabilitat, l'aïreig, la lixivació, la resistència a la penetració de les arrels, la capacitat de retenció de nutrients, la superfície més gran de contacte amb les llavors... és a dir, la fertilitat del sòl.

El sòl analitzat és franco-arenós. La seva impermeabilitat *in situ* és de 2 litres/3 minuts.

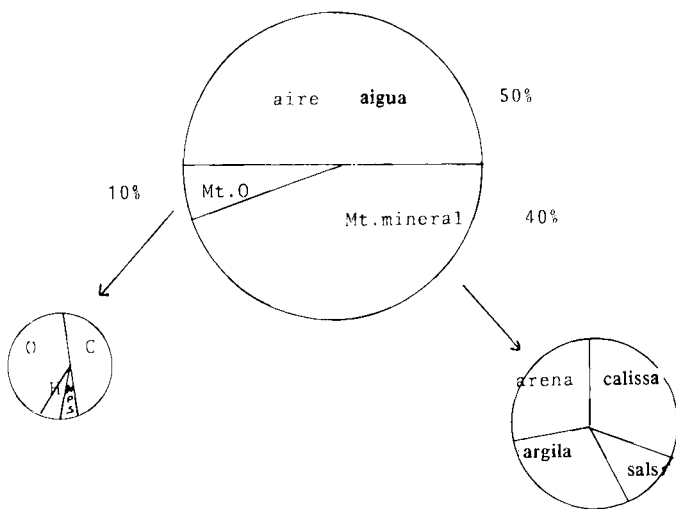
COMPOSICIÓ QUÍMICA DEL SÒL

El sòl es una dispersió trifàsica. La distribució aproximada de cada fase és indicada a la fig. 1.

Els elements que entren a formar part de la biomassa han d'estar disponibles en el sòl. L'oxigen i el nitrogen poden ésser presos directament de l'atmosfera.

¿Per què aquests elements? La resposta s'embrancha amb els mateixos orígens de la vida, fins i tot en els orígens de la terra i del cosmos.

Recurrent la taula periòdica, les propietats químiques d'aquests elements són a la base de les seves funcions biològiques.



1. El sòl és una dispersió trifàsica. La part sòlida del sòl forma una estructura els pors de la qual ocupen l'aigua i/o l'aire.

Sis elements: C, O, H, N, P, S, constitueixen les macromolècules bàsiques de la vida: aminoàcids, sucres, àcids grassos i àcids nucleics. Són elements capaços de formar enllaços covalents molt estables. El carboni és la peça clau en les macromolècules, enfront del Bor, Nitrogen o Silici, per mor de la seva tetravalència i de la seva capacitat de formar enllaços amb ell mateix.

La diferència entre el diòxid de carboni i el diòxid de silici és crucial per al metabolisme. El diòxid de silici forma una xarxa sòlida i establíssima. El diòxid de carboni és un gas soluble en aigua i làbil en els processos redox.

La resta dels elements essencials per a la vida està relacionada amb una densitat de càrrega alta.

Els cations del bloc "s" formen sals solubles; els principals anions són el clorur, sulfat i fosfat. Les propietats electroquímiques d'aquests ions serveix per mantenir la pressió osmòtica i la distribució de càrrega a les dues cares de la membrana cel·lular.

Els cations del bloc "d" són elements vestigials. Per les seves propietats redox i la seva capacitat de formar complexos i quelats són essencials en la formació dels enzims i la seva funció és clau en l'activitat enzimàtica.

A mesura que avança la sensibilitat de les anàlisis químiques se van descobrint nous elements essencials per a la vida. Sempre en quedaran exclosos els tòxics, els radioactius i els gasos inerts.

ANÀLISI QUÍMICA

S'han cercat tècniques, operacions i reaccions que no exigeixen ni molta habilitat manipulativa ni un excessiu control de les condicions de reacció. Les reaccions han d'esser ràpides i fàcilment observables. Per això ens centram en l'anàlisi qualitativa.

Ja que el sòl conté gran proporció de carbonats, és possible realitzar mesures semiquantitatives senzilles. En el maneig d'aquestes tècniques l'alumne va adquirint habilitat 4 manipulativa i sobretot s'enfronta realment amb el con-

cepte de mol, d'equivalent i amb els problemes clàssics d'un programa de química general.

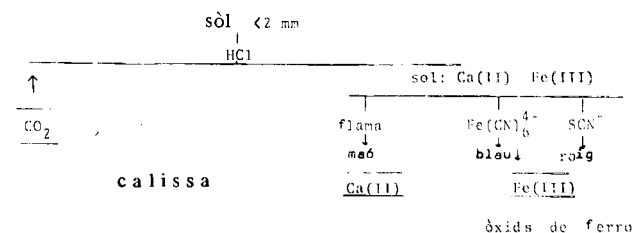
Sempre que ha estat possible, ens hem estimat més utilitzar materials i reactius casolans. Són de més fàcil adquisició i més didàctics.

A. Anàlisi inorgànica

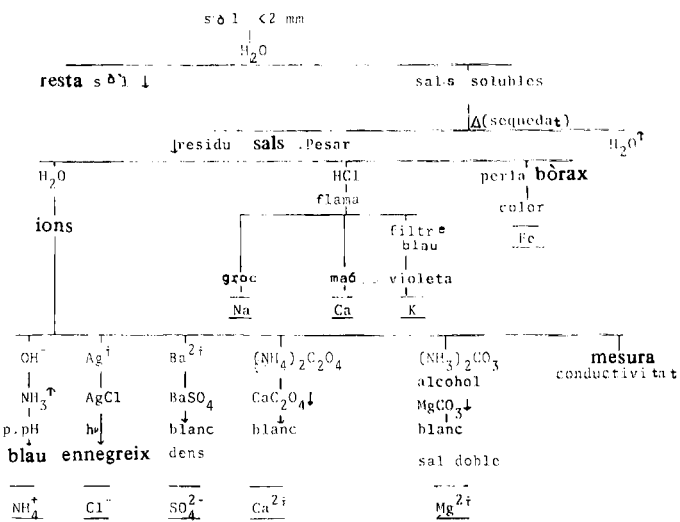
Les anàlisis es realitzen sobre la fracció pròpiament sòl, partícules amb diàmetre menor de 2 mm.

- Observació de la mostra. Totes les propietats físiques poden donar una interessant informació a propòsit de la composició química. La mostra presenta un color negrós que ens indica un alt percentatge d'humus.

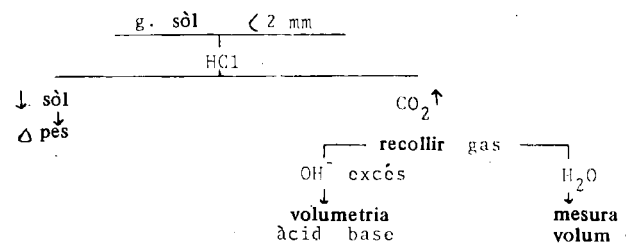
- Anàlisi qualitativa. Les tècniques i operacions són les clàssiques d'identificació de ions en dissolució, en tubs d'assaig o sobre paper de filtre com a suport. S'han fet també assaigs de coloració a la flama i perles de bòrax. (Fig. 2, 3, 4).



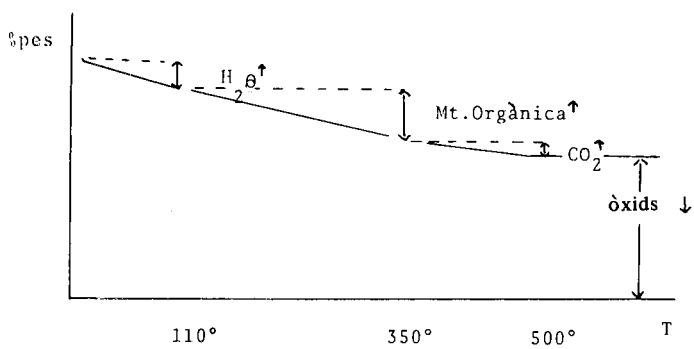
2. Esquema d'una senzilla anàlisi sobre la mostra preparada del sòl.



3. Esquema per a la identificació d'alguns ions de les sals solubles del sòl.



4. Esquema per a la determinació semiquantitativa del diòxid de carboni.



5. Corba termogravimètrica aproximada.

B. Anàlisi orgànica

- Corba termogravimètrica. Pèrdua de la matèria orgànica a 400°C (Fig. 5).
- Propietats reductores de la matèria orgànica. Afegint aigua oxigenada sobre la mostra del sòl, es produeix efervescència.
- Fraccionament de la matèria orgànica del sòl. (Fig. 6).
- cromatografia sobre paper de filtre, utilitzant com a eluent l'alcohol.

Es fa un cromatograma amb la fracció d'àcids húmics i un altre amb la dels fúlvics.

COMPLEX ABSORVENT HÚMICO-ARGILÓS

Aquest complex absorvent húmico-argilós és la fracció més activa dels sòls, la determinat de les seves propietats físico-químiques, i, per això, de la seva fertilitat: nutrients disponibles per a la planta.

Es forma per interacció entre la fracció fina dels silicats laminars i les molècules orgàniques que penetren dins l'espai interlaminar. (Fig. 7).

Estudiarem aquest complex húmico-argilós en les seves propietats com a:

- col·loide amb una gran superfície d'absorció
- complex amb grups químicament actius
- hàbitat en què es desenvolupa una intensa activitat biològica.

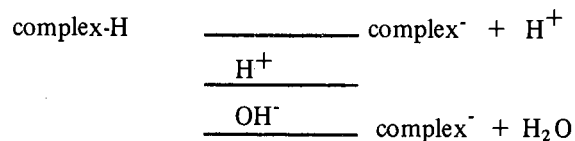
COL·LOIDE

En aquest sistema dispers que és el sòl, el complex húmico argilós és un polímer, polielectrolit, col·loide. Degut a la seva gran superfície activa és el responsable dels fenòmens d'absorció que condicionen la retenció d'ions o molècules, especialment l'aigua, i l'estructura del sòl.

—Floculació i desfloculació:

A aquests efectes, aquest complex pot considerar-se com un àcid dèbil. Quan es dissocia, forma una gran anió, al voltant del qual se formen capes elèctriques que estableixen aquest col·loide. Com la formació de col·loides és perjudicial per a la fertilitat del sòl, és necessari flocular aquest sistema dispers. (Fig. 8).

Seràn agents floculants els que retrograden la dissociació del complex o el deshidraten



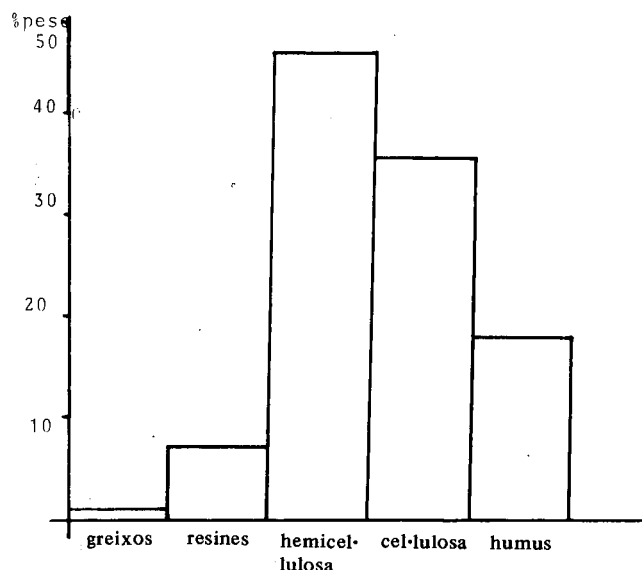
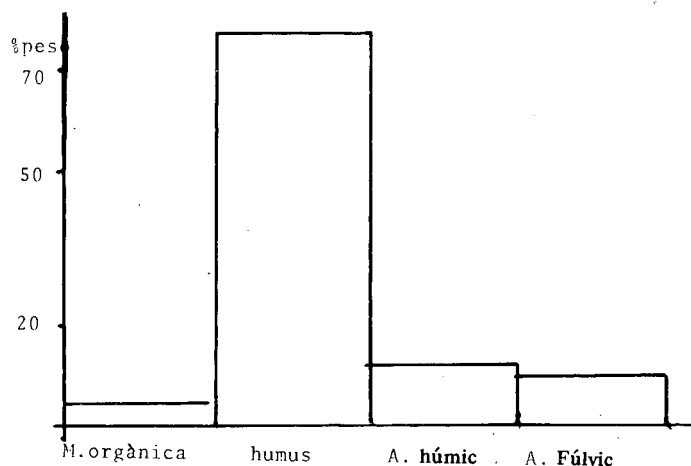
Els cations polivalents actuen a més com a ponts entre les partícules col·loïdals, bé entre l'argila i l'humus, bé entre els complexos húmico-argilosos; formen agregats que donen estructura al sòl. (Fig. 9).

• L'energia de solvatació, per mor de la interacció entre l'aigua i el complex húmico-argilós, es posa de manifest per l'augment de temperatura del sòl en afegir-li aigua.

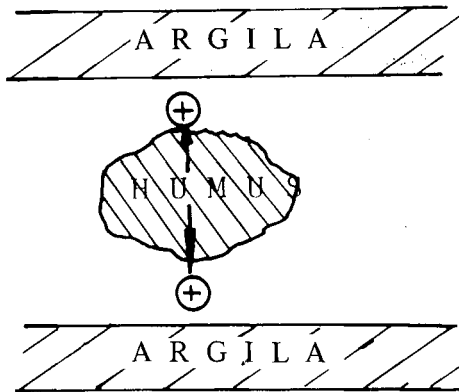
• Floculació de la fracció argilosa del sòl. Afegint a l'argila en suspensió aquosa HCl 0.1M o dissolucions 0.1 M de nitrats de calci, ferro o altres cations polivalents.

• Rentant amb aigua destilada o afegint NaOH concentrat, es produirà la desfloculació de l'argila.

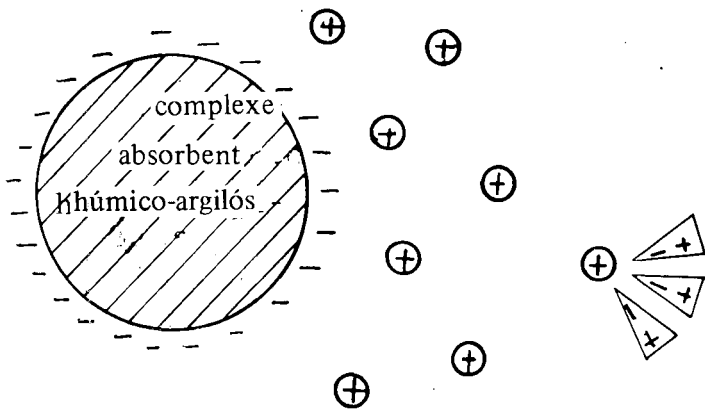
• En deixar sedimentar ambdós sistemes s'aprecia la diferència dels sòls amb o sense estructura. (Fig. 10).



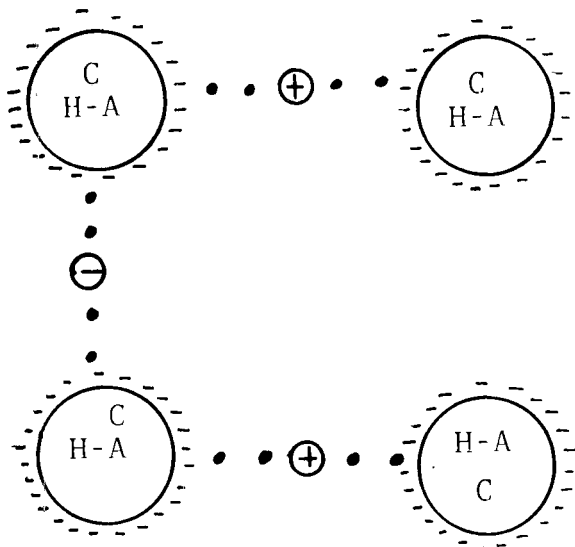
6. Percentatge de les diferents fraccions de matèria orgànica en el sòl analitzat.



7. Complex absorbent hùmic argilós. La matèria orgànica queda retenguda dins l'espai interlaminar del silicat per interaccions ion-dipol entre els grups orgànics de caràcter bàsic i els cations de canvi de l'argila.



8. Capes que envolten el col·loide i l'estabilitzen. Primera - Difusa X Solvatació - +

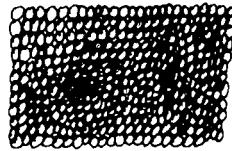


9. Formació d'agregats a través de cations polivalents.

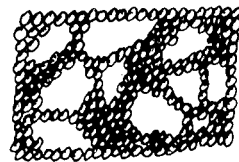
-Retenció de l'aigua:

La interacció de l'aigua amb el complex hùmico-argilós es realitza mitjançant processos de fisorció i quimisorció.

6 Una de les interaccions més importants és la que s'origina



a



b

10. Sedimentació d'un sistema floculat (a) i un sistema dispers (b).

a través dels complexos de coordinació amb els cations de canvi de l'argila. L'aigua queda retenguda amb més o menys força i això condiciona la seva disponibilitat per a la planta. La força de retenció pel sòl s'amida pel pF.

En el quadre (Fig. 11) intentarem resumir el contingut d'aigua en el sòl, els factors que condicionen el seu moviment i la seva dinàmica a través del sòl. Tot el que condiciona l'aigua disponible per a la planta, amb els seus nutrients dissolts, i l'espai lliure que pugui ocupar l'aire. La velocitat (permeabilitat), i la trajectòria (modificada per la difusió capilar), ve condicionada per la textura i l'estructura, en definitiva, per la major o menor interacció de l'aigua amb les partícules absorbents del sòl.

El balanç de l'aigua en el sòl augmenta per humectació (rec) i inhibició (aigües subterrànies). Disminueix per drenatge a través dels porus del sòl i per evapotranspiració. El clima influeix decisivament.

L'aigua útil per a les plantes ve donada per la diferència entre el contingut d'aigua en la capacitat del camp i el punt d'emmesteïment. El balanç d'aigua ha de permetre un contingut d'aigua en el sòl superior al punt d'emmesteïment.

La dinàmica de l'aigua en el sòl es pot apreciar *in situ* o bé es pot visualitzar a l'escola omplint columnes de plàstic transparent amb terra de diferents perfils.

REACTIVITAT QUÍMICA

El sòl no és només el resultat d'un procés dinàmic. Els mateixos factors que influeixen en el seu origen i evolució continuen essent els causants que cada equilibri assolit sia només una passa entremetja cap a un altre equilibri dinàmic. El sòl és un complex dinàmic.

La reacció química la decideixen els reactius i tots els factors que incideixen sobre la termodinàmica o la cinètica de reacció.

Reactius

A més de la gran superfície activa del complex hùmic argilós, les superfícies interlaminars dels silicats retenen cations, i les molècules orgàniques tenen grups químicament actius, àcids, bàsics i quelatants. I aquest sistema està dispers en un medi aquós que duu en dissolució sals, oxígen, diòxid de carboni, que s'afegeixen a la reactivitat de les molècules d'aigua.

Termodinàmica

Tots aquests reactius interaccionen entre si i originen equilibris concurrents. La concentració de reactius, el pH,

el potencial redox i les constants dels diferents equilibris decidiran quines reaccions es verificaran i en quina extensió.

Cinètica

La concentració del grup actiu, unit a la mida de partícula i la temperatura, són factors clau en la cinètica de reacció. Es aquí on la influència del clima és decisiva: vent que erosiona, aigua que dissol i ataca, temperatura com a mesura d'energia i factor d'erosió.

Disponibilitat de nutrients

I tot això estudiat en clau de fertilitat del sòl. La fertilitat és el resultat d'un conjunt de propietats físico-químiques i d'uns equilibris concurrents en els quals interaccionen complexíssims factors. Els elements han d'esser disponibles i en forma assimilable per a les plantes. En dissolució poden esser lixiviats. Precipitats no són disponibles.

El complex absorbent húmich argilós és una important reserva d'ions. Hi ha un *intercanvi iònic* entre els cations de canvi de l'argila i els cations de dissolució. Es visualitza, de forma qualitativa, agitant un gram de sòl en dissolució 0.01 M d'acetat de coure. En qüestió de minuts, desapareix el color blau de la sal.

Si no és possible mesurar el *potencial* del sòl, la presència de ion fèrric o ferrós o sulfur indica, de forma qualitativa, un ambient oxidant o reductor. El sòl analitzat és ben airejat.

La mesura del pH i la capacitat tampó del sòl és suficientment aproximada amb paper de pH. El sòl analitzat dona un pH aproximadament neutre, un poc àcid. I oscil·la entre 5 i 8 en àcid i en base concentrats, respectivament.

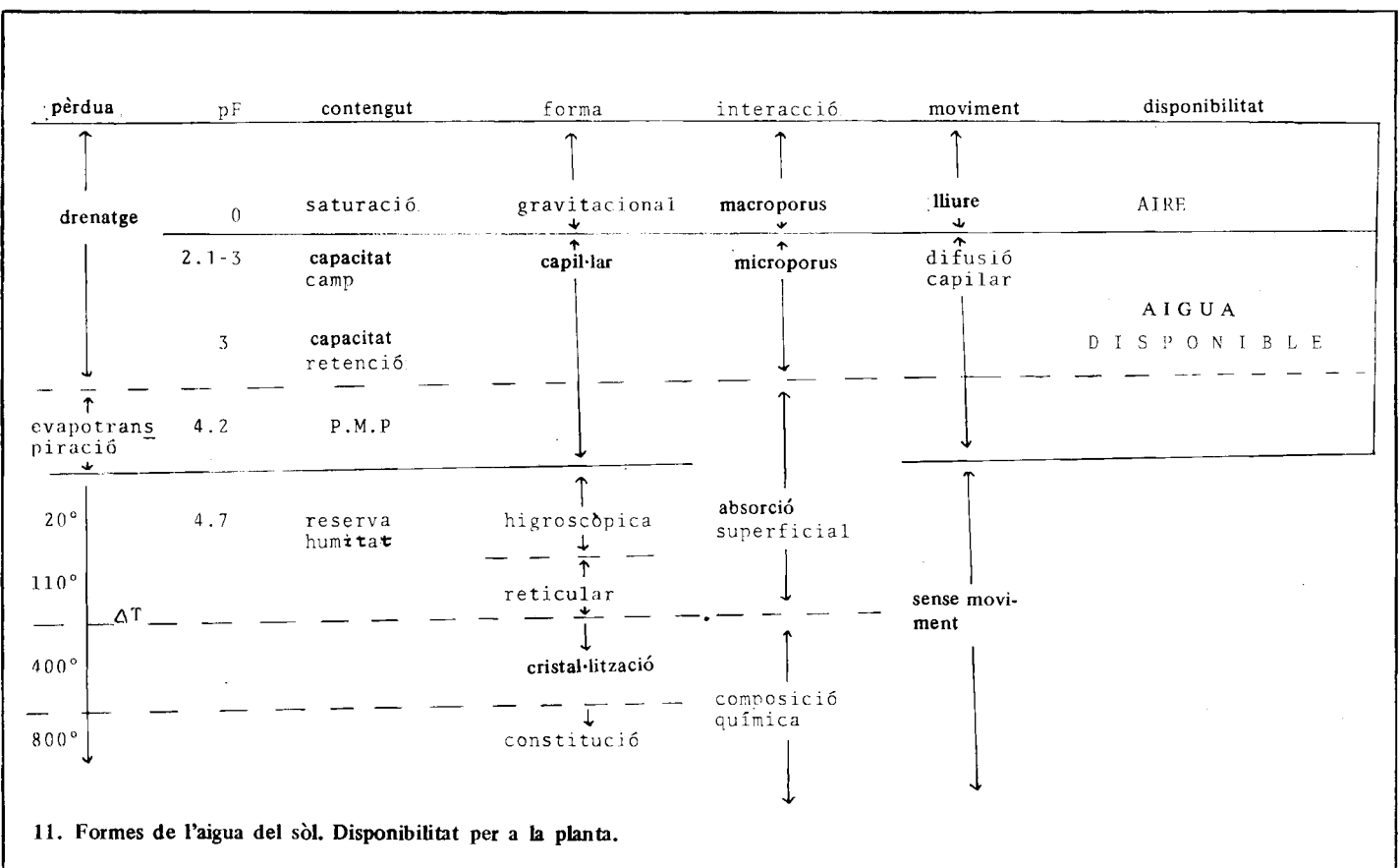
La *temperatura* del sòl oscil·la depenent de l'absorció de la radiació calorífica, en la qual influeixen múltiples factors com l'estació de l'any, l'hora del dia, el relleu, el color del sòl, la humitat...

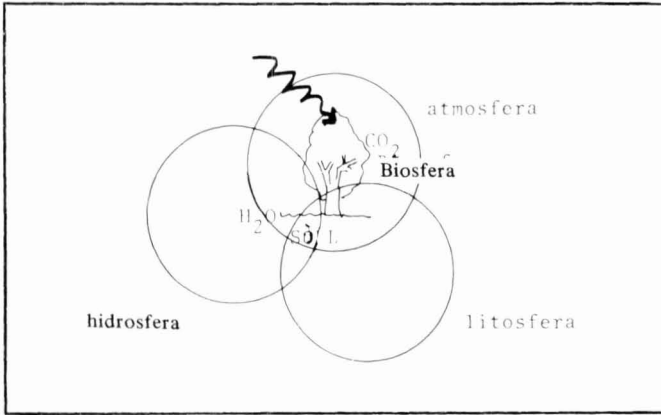
ACTIVITAT BIOLÒGICA

El sòl, per la seva constància de factors com llum, temperatura, color, humitat, pH, E⁰, per la disponibilitat de nutrients i perquè ofereix una protecció, és un hàbitat en què es desenvolupa una forta activitat biològica.

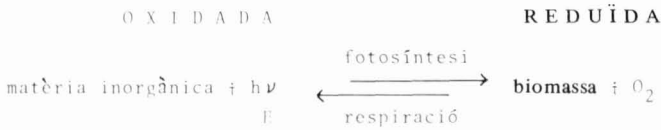
No ens aturam en la complexitat de l'ecosistema sòl. Només direm que aquesta activitat biològica afegeix una complexitat incommensurable als processos que es donen al sòl. Els essers vius, flora i fauna, alteren les propietats físiques del sòl, afegeixen reactius, modifiquen el potencial i el pH del sòl, i sobre tot, disposen de catalitzadors, enzims, que alteren la termodinàmica i la cinètica de reacció. Son peces clau en el cicle dels elements i en el flux de l'energia.

I això ens duu a globalitzar l'ecosistema sòl en interacció amb altres ecosistemes. (Fig. 12, 13).



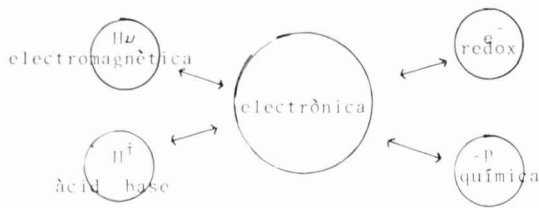


12. La biosfera interacciona amb la litosfera, hidrosfera i atmosfera a través de les plantes verdes i el sòl. El cicle de la matèria és tancat. L'energia solar captada per les plantes verdes sofreix un procés de degradació a través de la cadena tròfica.



$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

actividades vitals ·biomassa degradada

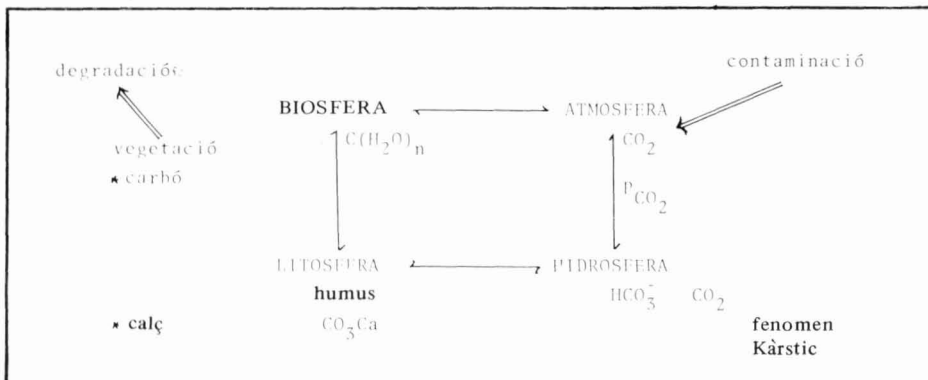


13. La matèria inorgànica, oxidada, descarboxilada, passa a biomassa, reduïda, hidratada, més energètica. L'energia emprada és l'electromagnètica que es converteix en la clorofila, a través de l'energia elèctrica, en energia redox, àcid-base i química.



És per aquesta interacció entre matèria, sòl i vida, que es pot parlar de l'origen de l'univers, l'origen de la terra, l'origen de la vida, però l'evolució és conjunta sol-terra-vida.

Ens aturam en el cicle del carboni (Fig. 14) i assenyalam que a la Comuna de Bunyola trobarem restes de sitges (forns on es cremava la llenya, sense aire, per obtenir un residu de carbó) i restes de forns de calç. També el fenomen càrstic ha originat caveres a la roca i l'aigua es filtra de manera que, a la vall, l'aigua subterrània possibilita una bona agricultura. Les ruïnes, encara visibles, de les cases del carboner i la seva família, són una altra de les traces de les repercussions socio-culturals del sòl com a recurs.



14. Cicle del carboni. A la Comuna de Bunyola es troben testimonis de sitges i forns de calç. Es la roca mare el fenomen càrstic ha originat caveres i coves. Els processos de contaminació i degradació poden desequilibrar el cicle de la matèria i provocar una ruptura en el cicle de l'energia.

L'home a la biosfera. Educació i medi ambient

El sòl com a recurs ha condicionat la cultura de l'home que passa de caçador a pastor i a agricultor.

L'home és una anella de la cadena a la biosfera i la seva sort es troba lligada a l'ecosistema terra. Però la seva qualitat humana li permet influir-hi decisivament. L'esser humà és un factor revelant que s'ha d'afegir als ja complexos processos del sòl. L'agrobiosistema es defineix com l'ecosistema modificat per l'home tancant els seus cicles de matèria i dirigint els fluxos d'energia. Avui els processos de contaminació i degradació estan desequilibrant el cicle de la matèria i provocant una ruptura en el flux d'energia.

Les respostes vénen de tots els camps. El científic (ecologia), el social (moviments ecologistes), el polític (partit dels verds), el teològic (relectura en el gènesi de la relació home-natura), l'educatiu (UNESCO).

La creença en el progrés il·limitat com la salvació de l'home en la consecució del seu benestar ha estat substituïda per la por i l'angoixa cap a uns descobriments científics i un desenvolupament tecnològic que no sabem controlar. El Club de Roma el 1972 presentà els límits exteriors que redueixen la nostra possibilitat de creixement material. El 1979 subretxa els marges interiors que hi ha dins de nosaltres, el que anomena el desfasament humà. Inicialment els problemes s'identifiquen amb la conversació de la fràgil biosfera. L'accent avui es desplaça cap a la interdependència de l'home i el seu entorn i a les relacions dels homes entre si. El medi ambient és el conjunt de relacions entre el medi natural o biofísic i el medi construït sòcio-polític.

Avui l'esser humà ha de tornar a ésser el centre de qualsevol qüestió. I aquest és el reptament de l'educació avui. El Club de Roma a "Aprender, horitzonts sense límits", perfila els trets d'aquest aprenentatge innovador que salvarà el desfasament humà. La interdependència dels problemes i dels homes, la interdisciplinarietat de l'enfoca-

ment, l'anticipació i la participació, assumint la nostra responsabilitat d'influir i decidir el futur. Un posar mesions per la vida, no sols la biològica, sinó la qualitat de vida, la personal, la que comporta el sentit de viure i per tant incloure els valors que vertebraren el nostre projecte personal responsable i solidari.

Com diu un autor, és en l'afectivitat on es decideix la tensió unificadora que serveix de suport a la interdisciplinarietat.

BIBLIOGRAFIA

- DUCHAFOURD, P., *Manual de Edafología*, ed. Toray Masson, 1978.
- HENIN, GRAS Y MONNIER, *El perfil cultural. Estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas*, ed. Mundi Prensa, 1972.
- PRIMO YUFERA, CARRASCO DORRIEN, *Química Agrícola*, Tomo I, ed. Alhambra 73.
- PALMER, R., TROEH, F., *Introducción a la ciencia del suelo. Manual de laboratorio*, 1977.
- FAO, *Guía para la descripción de perfiles del suelo*, Roma, 1977.
- DOMMARGUES, Y., MARGENOT, F., *Ecologie microbienne du sol*, ed. Masson, 1970.
- PARISI, *Biología y ecología del suelo*, ed. Blume (col. ecología), 1979.
- HERNANDEZ Y GOMEZ MIRANDA, *Hacia una concepción integrada de la naturaleza*, ed. Narcea, 1983.
- Informe al Club de Roma, *Aprender, horizontes sin límites*, ed. Santillana (Aula XXI), 1979.
- Publicaciones IOATO - Diputación Salamanca (Col. temas de divulgación).
- CUADRADO Y MARTIN, *Estudio del suelo*, n.º 1, 1980.
- PRAT, *Importancia de la reacción del suelo*, n.º 3, 1981.
- GALLARDO, *La materia orgánica del suelo*, n.º 6, 1982.
- PUERTO, *Conceptos de ecología*, n.º 7, 1982.
- Cuadernos de Biología, ed. Omega.
- JACKSON, *La vida en el suelo*, 1974.
- PHILLIPSON, *Ecología energética*, 1975.
- SUTCLIFFE, *Las plantas y el agua*, 1977.
- TERRADAS, *Ecología y educación ambiental*, 1979.
- KLINGE, MELIA, *MAPa de suelos de Baleares*.

