Estudi comparatiu del sòl d'una vinya de Sant Pere de Ribes

Relació de les propietats físico-químiques del sòl amb el creixement de la planta

Aida Vall Capdet

Treball de Recerca 2008-09

M'agradaria agrair especialment a Andreu Agüera per la motivació que m'ha transmès la qual ha fet d'aquest treball un estudi apassionant

Agraeixo, també, el suport de la meva família la qual m'ha recolzat en tot moment i als meus amics que sempre han estat presents.

ÍNDEX

0. Resum 4

1. Introducció 5
1.1 Presentació del tema i motius 5
1.2 Objectius 5
1.3 Metodologia 6
1.4 Límits 7
1.5 Hipòtesi 7

2. Conceptes previs 8
2.1 Edafologia 8
2.1.1 Concepte de sòl 8
2.1.1.1 Possibles definicions de sòl
2.1.1.2 Concepte de sòl i factors que intervenen en la seva formació
2.1.2 Constitució del sòl 10
2.1.3 Formació del sòl 11
2.1.4 Perfil del sòl 12
2.1.4.1 Perfil del sòl agrícola
2.1.5 Estructura del sòl 14
2.1.6 Classificació del sòl segons la localització de la roca mare 15
2.1.7 Usos del sòl 16
2.1.8 Classificació dels sòls de Catalunya 16
2.2 Localització de la vinya 17
2.3 Geologia de la zona 18
2.4 Climatologia de la zona 20

3. Mètodes d'estudi 21
3.1 Presentació del problema 21
3.2 Recollida de mostres 23
3.3 Càlculs previs 25
3.4 Anàlisis físics i químics 29
3.4.1 Explicació de les propietats del sòl 29
3.4.2 Tècnica operatòria i procediment emprat 39
3.4.3 Resultats de les proves 49
3.4.4 Conclusió de cada prova 58

4. Conclusions finals 61

5. Bibliografia 62

0. Resum del treball

El meu treball de recerca titulat " Estudi comparatiu del sòl d'una vinya de Sant Pere de Ribes" es basa en l'estudi de les propietats físiques i químiques del sòl d'una vinya situada a la comarca del Garraf.
Es pot observar a simple vista que en una zona de la vinya hi ha una elevada pedregositat i que les plantes estan menys desenvolupades en aquesta zona, mentre que a la zona on les plantes es desenvolupen millor, el sòl sembla menys pedregós. Aquest fet em va portar a preguntar-me quins eren els factors que condicionaven el desigual creixement de la planta i a encarar el treball cap a l'estudi del sòl. El treball consta de dos grans apartats. El primer, es fa una recerca bibliogràfica on s'expliquen els conceptes previs com l'edafologia, el sòl, els factors que condicionen la formació del sòl i les seves les propietats, i també els protocols que cal seguir per fer la recollida de mostres i les anàlisi al laboratori. En el segon apartat es desenvolupa la part pràctica del treball: es realitzen les anàlisis de cada propietat, s'obtenen els resultats i es treuen les conclusions.
En les conclusions finals es determinen els tipus de sòl i s'estableix la possible correlació entre les propietats estudiades i el creixement de les plantes. Els valors obtinguts confirmen l'existència d'un gradient en algunes de les propietats que podria justificar el creixement desigual observat a simple vista.

1. Introducció

1.1 Presentació del tema i motius

El meu treball de recerca es basa en l'Edafologia, concretament he fet un estudi del sòl d'una vinya de la comarca del Garraf.

El motiu pel qual em vaig interessar en aquest tema va ser tenint un debat a classe amb el professor de ciències. Va sorgir aquest tema i vaig veure que era interessant i que se'n podia treure profit durant el curs que tenim per realitzar-lo. El fet de no saber res sobre l'edafologia em va fer dubtar però finalment quan vaig començar a informar-me ho vaig tenir clar.

Un altre motiu important pel qual he triat aquest tema és que la primera vinya que vaig anar a veure a simple vista vaig observar que en una part de la vinya les plantes estaven menys desenvolupades que en la resta. Així doncs, em vaig preguntar quins factors podien intervenir en el seu creixement i finalment vaig decidir estudiar el sòl i les seves propietats físiques i químiques.
A part de les diferències en el creixement que té la vinya, en el sòl també es pot veure que no és igual en tot el seu terreny sinó que en unes parts és mes pedregós i en d'altres no tant.
Per tant, vaig decidir estudiar les característiques del sòl de la vinya de forma sistemàtica i a fer una comparació amb els diferents sòls que hi apareixen si es dóna el cas.

Un cop fet el treball de recerca podria verificar si és el sòl el que condiciona en el creixement de la vinya o són altres factors. En el cas que sigui el sòl podré determinar quines propietats són les responsables i si es dóna el cas, quins són els diferents tipus de sòl que hi apareixen.

Finalment el tema escollit em va remoure cert interès i estava relacionat amb el batxillerat que estic cursant però no amb els meus interessos de cara a un futur. Tot i això vaig estar interessada en realitzar el treball ja que és un treball pràctic i no bibliogràfic, i em permet realitzar pràctiques de laboratori fet que m'agrada, tot i que el treball consta d'una part on s'expliquen les proves que s'han de dur a terme i els conceptes previs de l'edafologia.

1.2 Objectiu

Fer un estudi comparatiu del sòl d'una vinya de la comarca del Garraf. El treball consta d' una part teòrica on s'explica què és l'edafologia, què és el sòl i les seves propietats físiques i químiques, i una part pràctica on es posa en pràctica la teoria per poder comparar el sòl realitzant les proves necessàries estudiades anteriorment.

De totes les possibles propietats del sòl que es poden estudiar, he seleccionat (amb l'ajuda d' un professor especialitzat) les més significatives i amb protocols que pogués realitzar.

Per saber el motiu exacte pel qual la vinya creix diferent en unes parts que en d'altres, a part del sòl, hauria d'analitzar molts altres factors que també poden condicionar la variabilitat d'aquesta com per exemple el clima o si està plantada en anys diferents.
En el meu cas he decidit analitzar el sòl de la vinya ja que com que comparo diferents llocs de la mateixa vinya tinc assegurat que aquesta està plantada al mateix any, és del mateix tipus i el clima és el mateix en tot el terreny per tant, puc pensar que són les propietats del sòl el factor que provoca la variabilitat observada a la vinya.

Un dels objectius que m'he proposat és poder analitzar el màxim de propietats que té el sòl per així poder tenir més resultats per analitzar i per tant, un ventall més ampli per demostrar, si és el cas, que la vinya no creix igual en tot el seu terreny.

Per poder realitzar les proves he disposat d'un un espai en una sala d'un laboratori del institut per deixar les mostres de sòl i per analitzar-les.

1.3 Metodologia

Per tal de complir amb els objectius proposats, he seguit els passos següents:

- Selecció de la vinya.
- Recerca bibliogràfica sobre la vinya.
- Recerca d'informació sobre què és l'edafologia, las característiques del sòl, les seves propietats i els diferents anàlisis que es poden fer.
- Selecció de les propietats físiques i químiques per analitzar amb l'ajuda d'un professor.
- Mostreig acorat de la vinya agafant una mostra del sòl cada uns determinats metres.
- Fer les mateixes proves a totes les mostres recollides.
- Analitzar els resultats i treure'n conclusions

Alhora de realitzar la recerca bibliogràfica sobre la vinya escollida, m'he adonat que no hi havia res publicat.
L'edafologia és un tema nou i per tant he trigat molt de temps en fer la recerca d'informació sobre el tema.
Amb l'ajuda d'un professor he seleccionat les propietats a analitzar però a l' institut no hi havia el suficient material de laboratori per poder realitzar les pràctiques i, per tant, vaig haver de demanar i que me'l portessin expressament.

Algunes de les proves requerien un cert temps d'espera i per tant em va suposar un esforç a l'hora de fer una temporalització del treball per tal de realitzar-les el més aviat possible.

1.4 Límits

Els límits del treball de recerca són els següents:

- Fer l'estudi d'una vinya concreta de la qual no hi ha res publicat.
- Aprendre a fer la recollida de mostres i els protocols de laboratori.
- Analitzar les dades obtingudes per tal de determinar les propietats del sòl.

1.5 Hipòtesi

Així doncs, la hipòtesi del meu treball és la següent: *Les propietats del sòl són les que condicionen el desigual creixement de la vinya?*

2. Conceptes previs

2.1 Edafologia

L'edafologia (edafos-sòl, logia-estudi) és la ciència que estudia la composició del sòl des de tots els puts de vista, la seva morfologia, les propietats, la formació i evolució, la distribució,.. El sòl s'estudia a partir d'anàlisis físics, químics i biològics.
L'edafologia es va constituir com a ciència a finals del segle XIX, després d'un seguit d'investigacions als sòls d'Ucraïna per part del geòleg Vassili Dochouchaev rus, fundador de l'escola russa, sobre el sòl. Dochouchaev va descriure per primer cop els perfils dels sòls, diferenciant-los en horitzons i finalment va arribar a la conclusió que la naturalesa dels sòl depèn del clima, la vegetació, el relleu, els animals i la roca mare.
Així doncs, la concepció del sòl ha estat matisada per diferents autors, així bé Dochouchaev descriu el sòl com a cos natural, amb un origen lligat al medi en el qual el sòl es troba. L'escola russa planteja l'estudi del sòl com a cos natural amb independència de la seva utilització agrícola.

2.1.1 Concepte de sòl

2.1.1.1 Possibles definicions de sòl

- Sòl (opció generalitzada): superfície de la terra que es considera com un suport en el qual s'assenten les coses i sobre el qual es mouen els éssers vius.
- Sòl (opció geològica): Capa superficial de gruix variable que recobreix la superfície de l'escorça terrestre, format per la disgregació de la roca preexistent.
- Sòl (opció ecològica) : Capa superficial de l'escorça terrestre originada per l'alteració de les roques sota la influència dels éssers vius i del clima.
- Sòl (opció mediambiental): El conjunt de sòls del planeta s'anomena l'edafosfera. El sòl és una capa de material fèrtil que cobreix la majoria de roques de l'escorça terrestre continental format per aigua, aire, materials rocosos i matèria orgànica més o menys transformada.

2.1.1.2 Concepte de sòl i factors que intervenen en la formació del sòl

Cada sòl té les seves propietats constituents ja siguin físiques, químiques o biològiques per aquest motiu és un material molt complex. El sòl es pot utilitzar de diferents maneres: de suport de les plantes, per l'edificació, en les carreteres, és una font de recursos minerals, per recursos geològics..
El coneixement bàsic del sòl i la seva estructura és important en la vida quotidiana pels enginyers per construir carreteres i altres edificis sota la superfície terrestre ja que depenent l'estat en què es trobi el sòl es podrà edificar d'una manera o bé serà impossible edificar-hi. També és important el coneixement de l'estructura del sòl i les seves propietats pels agricultors per

produir bones collites. Tenen en compte factors com la capacitat de retenció d'aigua, la quantitat de minerals i la matèria orgànica.

El sòl és una creació natural que ve donat gràcies a l'acció del clima, de la roca mare, la topografia i l'activitat biològica.

- El clima: Es denomina el clima com a factor més important. La temperatura en què es troba el sòl regula la velocitat de reacció de les transformacions químiques i biològiques. La precipitació proporciona l'aigua necessària per a les reaccions, per exemple fa possible l'arrossegament de partícules col·loïdals cap als horitzons inferiors (procés de lixiviació). La temperatura i humitat elevada són dos factors que afavoreixen l'alteració de les roques, la descomposició de la matèria orgànica i l'activitat dels organismes presents en el sòl. Les precipitacions són importants ja que netegen les capes superiors, afavoreixen el desenvolupament de la coberta vegetal i redistribueixen les sals i les substàncies solubles. Els canvis climàtics poden afectar al sòl ja que modifiquen les condicions ambientals amb les quals el sòl estava en equilibri fins a un punt de què el sòl es destrueixi

- Roca mare: influeix sobre determinades propietats del sòl com el pH, permeabilitat i vegetació. La roca mare influeix en les fases inicials de la formació del sòl. A partir de la roca mare i processos químics i mecànics que s'hi produeixen, es forma el sòl.
  De la roca mare depenen els fragments alliberats i els minerals que es formen posteriorment.

- Topografia: Depèn de l'elevació d'un terreny. Quan el pendent és elevat, l'erosió superficial és més ràpida i el sòl es presenta immadur. En canvi, quan no hi ha pendent, en zones de planura, el sòl està més desenvolupat. També poden aparèixer diferències entre vessants nord i sud (solanes i obagues).
  L'orientació al nord comporta més ombra i es conserva millor la humitat i l'orientació solana pel contrari, toca majoritàriament el sòl.

- Activitat biològica: Els vegetals són els encarregats de renovar la fertilitat del sòl, fan pujar la quantitat de Ca, Mg i K, dels estrats més inferiors per formar matèria orgànica (fulles, tiges). La vegetació morta origina l'humus. La microflora (fongs, bacteris) transforma aquesta matèria orgànica en descomposició que continuarà la destrucció del material mineral. La fauna actua sobre el sòl removent-lo, excavant-lo, fertilitzant les plantes amb els excrements, etc. Els organismes que actuen amb major incidència són els bacteris.

- El temps. Es necessita molt de temps perquè es realitzi la formació del sòl. Des d'una perspectiva geològica, els sòls es formen i evolucionen constantment, i es regeneren en cas de destrucció accidental. Des d'una perspectiva humana, el sòl és un factor no renovable.

2.1.2 Constitució del sòl

Definim com a sòl equilibrat aquell que conté un 50% en volum de matèria sòlida (45% de matèria mineral i un 5% de matèria orgànica), un 25% d'aigua i un 25% d'aire. (*Figura 1).* L'estudi del sistema del sòl permet establir els seus components i afirmar que és un sistema de tres fases: sòlida, líquida i gasosa.

FASE SÒLIDA (50%)

- Fracció inorgànica (rocosa o mineral), procedent de l'alteració de la roca mare. Aquesta fracció es veu determinada per les característiques i el tipus de roca mare, per l'aportació de substàncies i pel clima. Els components principals són grans de quars, minerals de les argiles, carbonat de calci, òxids i sals. Quant a la composició mineral podem diferenciar dos tipus de sòls: Calcaris (el seu component principal es $CaCO_3$) i els silicis (predomina el SiO_2). Les arenes i els llims, com a matèria mineral, són poc actius però contribueixen, per la seva massa, a estabilitzar el sòl. Mentre que els blocs, les pedres i les graves són roques, les arenes i els llims són silicats (com quarts) o òxids (magnetita). La fracció argila també inclou òxids (gibbsita) i sals (calcària). A causa de la seva mida col·loïdal presenta molta activitat físico-química com la retenció d'aigua. Les argiles, juntament amb l'humus, actua com a ciment, unint grans d'esquelet en l'organització edàfica.

- Fracció orgànica, és un component essencial i característic dels sòls. Es forma a partir de la transformació de les restes vegetals i animals que viuen al sòl (o cauen si són restes vegetals).

FASE LÍQUIDA (25%)

- La fase líquida està constituïda fonamentalment per aigua i algunes substàncies minerals en dissolució, oxigen i diòxid de carboni dissolt. Els constituents de la fase líquida són molt importants ja que son el mitjà per el qual els nutrients són absorbits per les arrels de les plantes. S'anomena sòl estèril quan en la fase líquida del sòl hi ha manca d'elements requerits per el creixement de la planta com els nutrients.

FASE GASOSA (25%)

- La fase gasosa (25%) la constitueixen principalment l'oxigen, el nitrogen i el diòxid de carboni. L'oxigen és important pel metabolisme de las plantes i per la reproducció de certs organismes. També és important pel creixement de les plantes ja que l'absorció per les arrels és necessari per dur a terme processos metabòlic.

Aquests percentatges poden variar depenent el tipus de sòl:

Figura 1

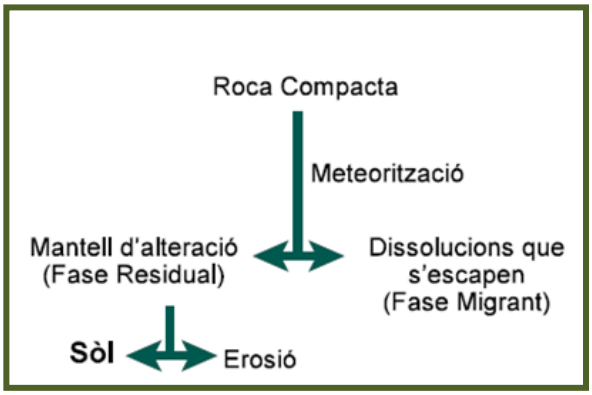
Com podem veure en aquest esquema, trobem el sòl equilibrat, és a dir amb un 50% en volum de matèria sòlida, un 25% d'aigua i un 25% d'aire. Després, el sòl argilós que pot contenir un percentatge més gran d'aigua que de matèria sòlida, i per tant, una proporció baixa d'aire. Per últim, el sòl sorrenc és el que està compost per un percentatge més gran correspon a la matèria sòlida i per tant pot contenir un percentatge més gran d'aire que d'aigua.

2.1.3 Formació del sòl

El sòl es forma d'una manera molt lenta per l'alteració de les roques de la superfície terrestre, és a dir per la meteorització química i física (processos geològics) i l'acció de determinats organismes. La meteorització és l'alteració de les roques pels agents atmosfèrics, és a dir en contacte amb l'atmosfera aquestes experimenten uns determinats canvis físics i químics. És important aquest procés ja que produeix un estovament de les roques fins al punt en què es transformen en productes terrossos.

La meteorització produeix un mantell d'alteració (al·luvió, col·luvió, horitzó C) o fase residual i una fase migrant. La fase residual es veu afectada per l'erosió i en condicions adients, conjunt amb la biosfera, es transforma en sòl.

Dependrà del tipus de roca sobra la que actua la meteorització, del clima i de l'activitat dels éssers vius , la velocitat de la meteorització i la formació del sòl.



Formació del sòl

Les diferents etapes que segueix el sòl són les següents:

1. Meteorització mecànica de les roques causada per processos de gelifracció, dilatació-contracció, acció de les arrels dels arbres, etc.

2. Meteorització química. En contacte amb l'aire i l'aigua, els minerals de les roques s'alteren per processos d'oxidació-reducció, hidratació, hidròlisi, etc.

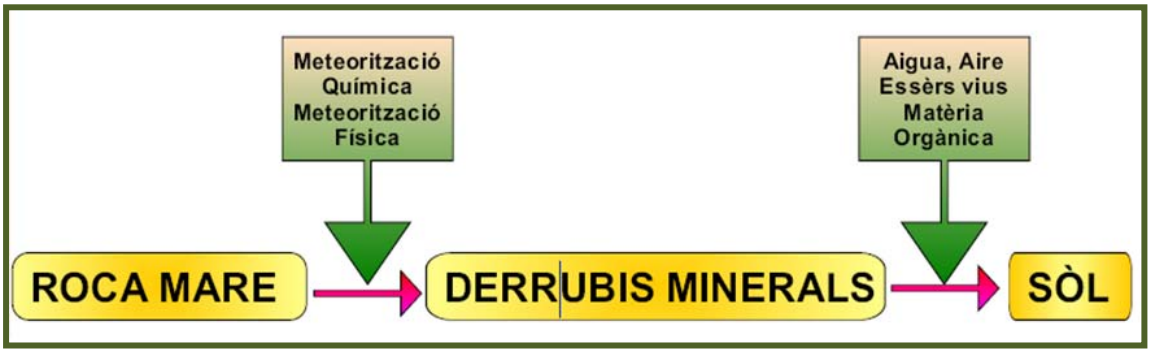
3. Instal·lació dels éssers vius (vegetals, microorganismes,etc.) sobre aquest substrat inorgànic. Els processos metabòlics dels organismes produeixen substàncies que continuen la meteorització dels minerals. A més, les restes animals i vegetals s'incorporen al sòl després de la seva degradació (procés d'humificació) i la matèria orgànica s'incorpora en forma d'humus.

4. Barreja de tots aquests productes minerals, restes orgàniques i substàncies químiques entre sí, amb aigua i aire intersticials i diferenciació en capes o horitzons que determinen el perfil del sòl.

Els sòl es forma a partir de la desintegració de la roca mare mitjançant processos de meteorització i d'altres esmentats anteriorment. Aquests processos poden durar des de milers fins a un milió d'anys. Per aquest motiu es dóna als sòls tanta importància.

Com a conseqüència de les transformacions experimentades per la roca mare, es produeixen una sèrie de transports i la incorporació de noves substàncies i donen lloc als horitzons o estrats. La disposició dels horitzons constitueix el perfil del sòl, observable amb un tall horitzontal del terreny. En un sòl madur podem distingir tres horitzons diferents que mostren les seves característiques d'estructura, color i textura.

Esquema:



2.1.4 Perfil del sòl

El perfil del sòl està determinat pels horitzons, que són capes horitzontals superposades de composició i textura variables.

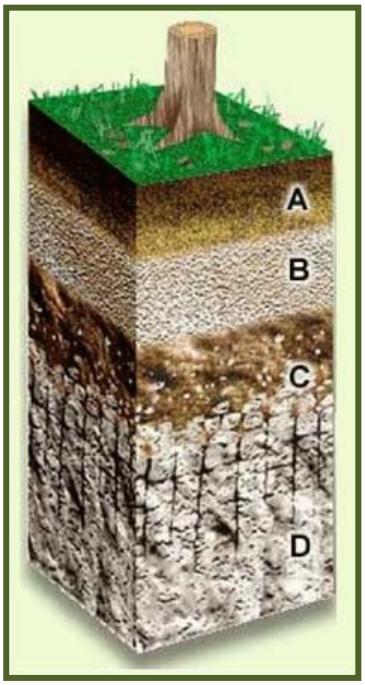
El procés de formació del sòl s'origina primerament en l'horitzó C, on es produeix la fragmentació de la roca mare i els processos de meteorització. Després, es forma l'horitzó A on s'instal·len els organismes i els primers vegetals i finalment es forma l'horitzó B.

- Horitzó A o de rentatge És el més superficial. Per una banda és ric en matèria orgànica (un 15%) i en humus i per l'altra pobre en material rocós i fragments minerals (argiles). Aquest fet es degut a què en el procés de lixiviació les aigües arrosseguen aquests fragments minerals. Té un color fosc deguda a la mescla de l'humus amb els minerals de les argiles, i té una espessor d'uns 60cm aproximadament. En aquest horitzó es desenvolupen les arrels dels vegetals. Es pot definir també un Horitzó 0 on es trobem les restes de vegetals poc transformades i la fullaraca. Podem denominar 4 subgrups:

    - A_0= Horitzó orgànic amb restes totalment o gairebé descompostes. Conté més d'un 30% en matèria orgànica.
    - A_1= Horitzó mineral de color fosc, ben humificada i unida a la matèria mineral (conté menys del 30% en matèria orgànica)
    - A_2= Horitzó eluvial de color més clar ja que és pobre en matèria orgànica (argiles) però enriquits en quars i altres minerals.
    - A_3= Horitzó de transició, més pròxim de A que de B.

- Horitzó B o de precipitació: Al contrari que l'horitzó A és ric en matèria mineral que ha estat transportada anteriorment de l'horitzó A, i pobre en matèria orgànica (humus). Té un color més clar i pot tenir una profunditat d'uns 90cm. En aquest horitzó es troben les arrels dels arbustos i arbres, i s'hi acumulen substàncies com Carbonat de Calci, Òxids de Ferro, Guix.. entre d'altres, que poden formar crostes. Aquest horitzó es presenta si hi ha un cert grau de desenvolupament edàfic. L'horitzó podrà ser descendent o ascendent en funció de la climatologia i el moviment de l'aigua.

    - B_1= Horitzó de transició més pròxim de B que de A que sovint no existeix.
    - B_2= Acumulació de matèria mineral com argiles.
    - B_3= Horitzó de transició més pròxim de B que de C.



Horitzons del sòl

- Horitzó C o subsòl: Format per fragments meteoritzats de la roca mare menys alterada. En ell l'aigua fa un moviment descendent i lateral més ràpid que en els horitzons superiors. Com que té més profunditat, tan sols arriben les arrels dels arbres més grans. Aquest horitzó es pot dividir en dos, C1 i C2. L'horitzó C1 es troba en la part superior de l'horitzó C i està format per la roca mare descomposta i esmicolada amb infiltracions d'horitzons superiors. L'horitzó C2 es troba a la part inferior i

està format per la roca mare disgregada.

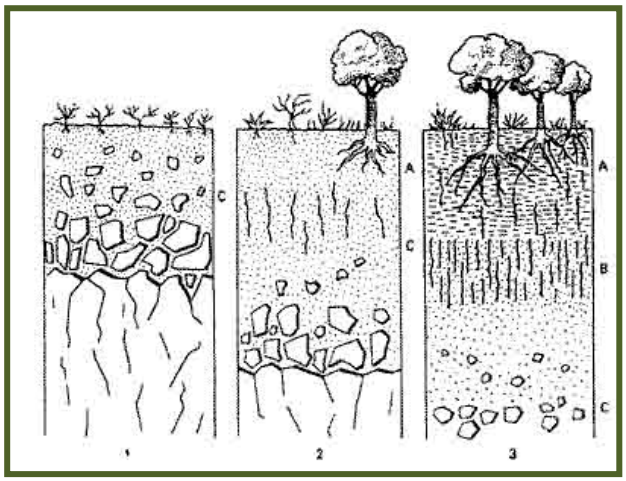
- Horitzó D o R: format per la roca mare no alterada i marca el límit del sòl.

2.1.4.1 Perfil del sòl agrícola

Considerem el perfil del sòl agrícola de la següent manera:

- Capa arable: color lleugerament fort en el qual hi trobem humus (en un percentatge més baix al d'un sòl natural). Les partícules són més fines. És la capa on es llaura i s'arrelen els conreus.

- Capa inert: color més clar, no trobem humus, i les partícules són més grans. Es recolza sobre la roca mare i no té un paper actiu en el desenvolupament del conreu.



Formació d'horitzons

2.1.5 Estructura del sòl

L'estructura del sòl es defineix per la forma en què s'agrupen les partícules de sorra, llim i argila. Quan aquestes s'agrupen formen partícules més grans, unitats compostes estables, anomenades *agregats* o *agregats naturals*. Els agregats estan separats uns dels altres formant porus, superfícies de debilitat. Cada agregat actua d'una manera diferent.
Les estructures del sòl es determinen segons la forma, la mida, l'estabilitat o la durabilitat dels agregats.

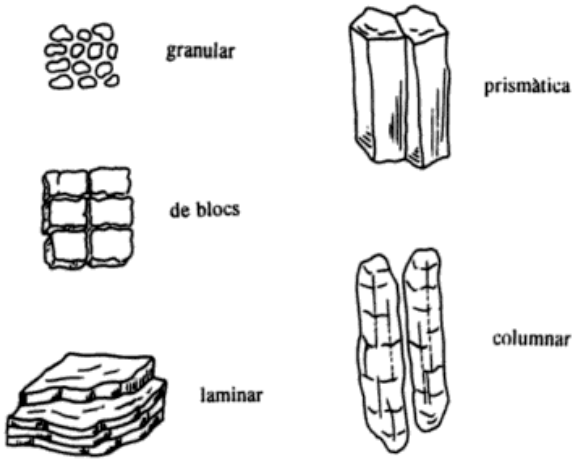
Les argiles, els col·loides, els òxids de ferro i els carbonats són les responsables de cimentar els agregats ja que desprenen càrregues electromagnètiques per tal de què les partícules s'adhereixin. Per tant, aquests elements cimentadors són els responsables de l'estabilitat dels agregats.
Aquests, no són els únics que intervenen en l'estabilitat sinó que també depenen de les característiques químiques de les argiles, del tipus de microorganismes, de la freqüència i intensitat dels cicles calor- fred, sec- humit i sobretot, de les activitats humanes, les agrícoles en major part.

Es fa més fàcil la formació d'agregats en sòls argilosos i llimosos.
Els sòls sorrencs no tenen una estructura definida ja que les partícules no s'agrupen en agregats sinó que es troben deslligades o formen agregats poc desenvolupats. Aquesta estructura que presenten s'anomena *estructura particular.*

L'excés d'argiles tampoc afavoreix en l'estructura equilibrada d'agregats. L'estructura que presenten s'anomena *estructura contínua.*
L'estructura que podríem anomenar equilibrada d'agregats seria als sòls que presenten una textura franca

Segons la seva forma podem distingir cinc tipus d'estructures que formen els agregats:

- Estructura granular
- Estructura de blocs
- Estructura laminar
- Estructura prismàtica
- Estructura columnar

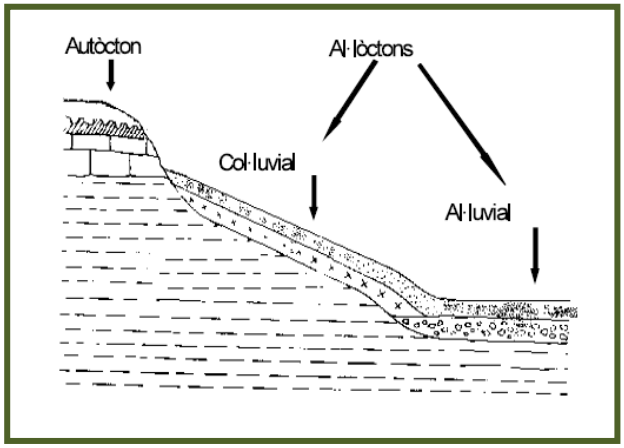


2.1.6 Classificació del sòls segons la localització de la roca mare

Podem distingir dos tipus de sòl: Autòctons i Al·lòctons:

- Autòctons: són formats a partir de la roca mare, sempre i quan el sòl romangui el suficient temps per permetre l'assentament dels vegetals.

- Al·lòctons: són aquells sòls que es formen a partir de materials provinents d'altres llocs (són formacions superficials). Podem distingir els sòls col·luvials, els al·luvials o bé els glacials:



Esquema dels tipus de sòl

  - Al·luvials: conjunt de sediments transportats i dipositats per les aigües corrents. Són molt fèrtils i són els més utilitzats pels conreus.
  - Col·luvials: material procedent de la desagregació de roques "in situ" i acumulat al peu d'un vessant per l'acció de la gravetat. Format per materials heterogenis i argiles. Solen ser poc fèrtils.
  - Glacials, lacustres i eòlics: es formen a partir de la sedimentació de les morrenes (*Conjunt de materials detrítics de mides diferents, transportats i dipositats per una glacera.*), les margues i argiles dels llacs.

2.1.7 Usos del sòl

Considerem important l'estudi del sòl en dos àmbits:

- Agricultura: Per poder dur a terme un bon cultiu que prosperi el millor possible s'han de tenir en compte les propietats del sòl: la composició, la permeabilitat,...
- Construcció: actualment s'obliga a fer un estudi del sòl previ a qualsevol construcció ja sigui pública o privada. Aquest àmbit de l'estudi del sòl s'anomena geotècnica la qual estudia:

    - Composició
    - Propietats (per veure el pes que poden suportar els materials s'han d'estudiar les propietats mecàniques)

El mal estudi del sòl ha provocat moltes desgràcies imprevistes com l'ensorrament dels pisos de Carme o bé la construcció de vies de l'AVE sobre materials solubles.

Altres usos del sòl:

- Agricultura i la ramaderia
- Forestal
- Extracció de recursos minerals, energètics o hídrics.
- Industrial, per a la instal·lació d'indústries.
- Serveis com el transport i les comunicacions.
- Assentaments humans: edificacions domèstiques i comercials, abocadors, jardins, etc.
- Ús cultural i científic i de protecció de la biosfera

2.1.8 Classificació dels sòls de Catalunya

Podem establir la següent classificació dels sòls de Catalunya:

- Fluvisols: l'origen d'aquests sòls és al·luvial i es formen per l'acumulació de sediments que transporten els rius.

- Xerosòls: Tenen una tonalitat grisa i es dormen a les zones àrides, amb poca humitat, i la vegetació és escassa.

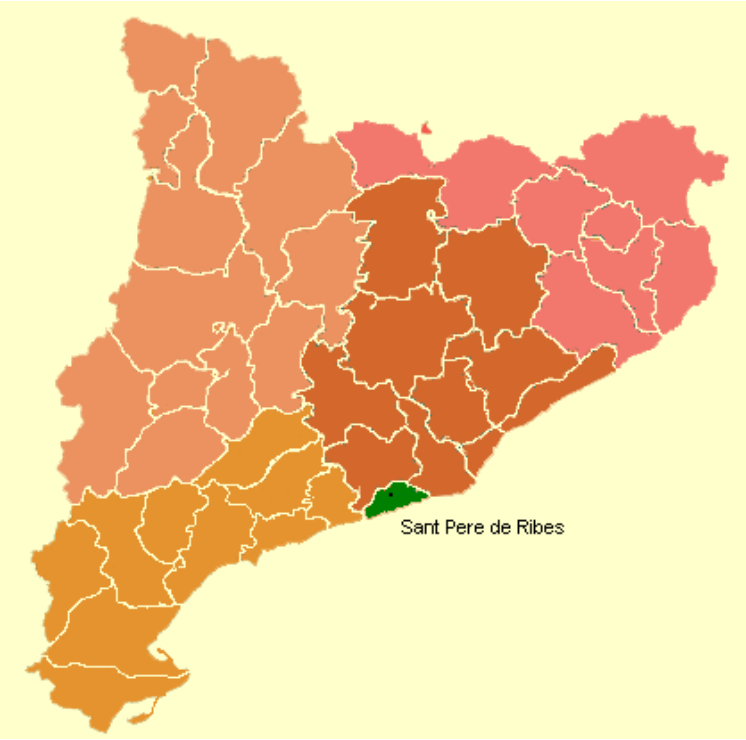
- Sòls bruns: són els més abundants a Catalunya. Són sòls ben formats que es caracteritzen per la mescla de matèria orgànica amb compostos de ferro de la roca mare. (en aquests sòls se solen desenvolupar els boscos.

- Sòls rojos: sòls molt rentats per la infiltració d'aigua. Es produeix per l'acumulació d'argiles a l'horitzó B les quals donen al sòl una tonalitat vermellosa.

2.2 Localització de la vinya

La vinya que em proposo estudiar es troba al municipi de Sant Pere de Ribes el qual està situat a Catalunya, concretament a la comarca del Garraf. Aquesta comarca, la capital de la qual és Vilanova i la Geltrú, limita al nord amb l'Alt Penedès, al sud amb la mar Mediterrània, a l'est amb el Baix Llobregat, i l'oest amb el Baix Penedès.
La superfície del Garraf total és de 184,08 km^2. Dels 26 quilòmetres de costa que té la comarca, Sant Pere de Ribes li correspon a 658 metres, una petita part.

Sant Pere de Ribes té una extensió de 40'71km^2 i està limitada pel nord amb els termes de Canyelles i Olivella, a l'est amb Olivella, al sud amb Sitges i la petita franja de la Mediterrània, i a l'oest amb el municipi de Vilanova i la Geltrú.



Localització del municipi de Sant Pere de Ribes

2.3 Geologia de la zona

Vista aèria de la vinya (Ortofoto, 1:5.000). Institut Cartogràfic de Catalunya

La vinya que estudio es troba al nord-oest del poble de Sant Pere de Ribes el qual està situat a la part meridional del massís del Garraf, que a la vegada representa l'extrem sud de la Serralada Litoral Catalana. Té una llargada de 160 metres i l'amplada de la base és de 40 metres.

Sant Pere de Ribes es troba en una zona on el relleu se suavitza i forma una depressió de sediments quaternaris, amb una sèrie de pujols i elevacions que configuren el paisatge, com el Pedrell (75m), el Fons de l'Infern (211m) o bé el Montgròs, que és l'elevació màxima del terme municipal de Sant Pere de ribes (358m).
El terreny de St. Pere de Ribes és bàsicament argilós, format per la descomposició de les roques calcàries dels pujols de les rodalies al llarg dels anys.
La riera de Ribes ha anat excavant aquest terreny argilós i ha format les anomenades, *timbes*, com can Coll, can Quadres, i ca l'Escolà.
Si bé, està situada a la depressió entre Vilanova i la Geltrú i Sant Pere de Ribes on es troben sediments acumulats del quaternari els quals han deixat sota terra sediments de l'època del miocè.
A la zona de ponent, entre el nucli de Sota-ribes i la masia de can Climent, es troba sorra del miocè, anomenada sauló. Es considera una de les riqueses naturals del municipi, que s'utilitza per a fabricar vidre, ceràmica i altres aplicacions.

Vista aèria de Sant Pere de Ribes (Ortofoto, 1:5.000). Institut Cartogràfic de Catalunya

2.4 Climatologia de la zona

Sant Pere de Ribes pertany a la comarca del Garraf. El clima d'aquesta zona es considera mediterrani litoral, es caracteritza per estius secs i càlids, i hiverns humits i temperats. Així doncs, es considera un clima suau en el qual influeixen dos factors: el mar el qual suavitza les temperatures i les muntanyes del massís del Garraf, les quals aïllen la zona de la influència de les temperatures extremes de l'interior.
Tot i que els estius acostumen a ser secs són característiques del clima mediterrani les tempestes sobtades i violentes d'estiu.
Les pluges es concentren en els mesos de primavera i tardor i són torrencials.
Els vents que predominen en aquesta zona són el migjorn o del sud i el garabí o del sud-oest, que són vents de mar els quals tenen una important concentració d'humitat. També bufen vents de terra com el mestral o del nord-est. Aquests eviten l'acumulació de substàncies contaminants a l'ambient.

3. Mètodes d'estudi

3.1 Presentació del problema

A simple vista es pot observar que hi ha diferències en el creixement de la vinya, és a dir que està més desenvolupada en uns llocs determinats i no uniformement en tot el seu terreny. Podem apreciar, per exemple, que les fulles estan més desenvolupades a la zona nord de la vinya que a la zona sud.
Per aquest motiu em vaig preguntar quin podia ser el factor que condicionava el creixement de la vinya per així estudiar-lo i fer propostes de millora.

Creixement de la vinya a la zona sud

Creixement de la vinya a la zona nord

Així doncs, després d'observar la variabilitat de la vinya vaig cercar informació sobre els factors que poden intervenir en el seu creixement. Aquests factors són la climatologia, el sòl, els fitoparàssits o bé la roca mare del qual prové. En primer lloc, vaig descartar que el factor podia ser la climatologia ja que el clima afecta a tota la vinya i no a una part. En el cas que estudies dues vinyes aquest factor podria intervenir ja que les vinyes podrien tenir condicions climàtiques diferents. En segon lloc, els fitoparàssits també els vaig descartar com a factor que podia influenciar el creixement perquè seria molt difícil que només es trobessin a un lloc concret de la vinya. Per últim, la roca mare no podia influenciar a causa de que es tractava de la mateixa per a tota la vinya.
Per tant, tot descartant els anteriors factors vaig decidir estudiar el sòl i les propietats físiques i algunes químiques.

A part de les diferències en el creixement de la vinya també es veien diferències en el sòl. Es pot veure que una part el sòl té molta pedregositat i en canvi, l'altre no en té. La vinya comença amb una pedregositat elevada i a mesura que avances al llarg d'aquesta, les pedres van desapareixent. Aquest és un factor que pot influir en el creixement de la planta.

Un cop localitzat el problema vaig decidir que la millor solució podria ser fer un estudi acorat del sòl de la vinya i analitzar cada una de les mostres recollides amb diferents proves químiques i físiques per tal de descobrir quin és el factor que condiciona el sòl i el desenvolupament de la vinya.

Les següents fotos s'han realitzat en el mateix moment. Així doncs, podem veure que quan la planta començava a brotar a un lloc, a l'altre encara no ho feia.

Tija més gruixuda en un peu de la part menys pedregosa.

Tija més prima en un peu de la part més pedregosa

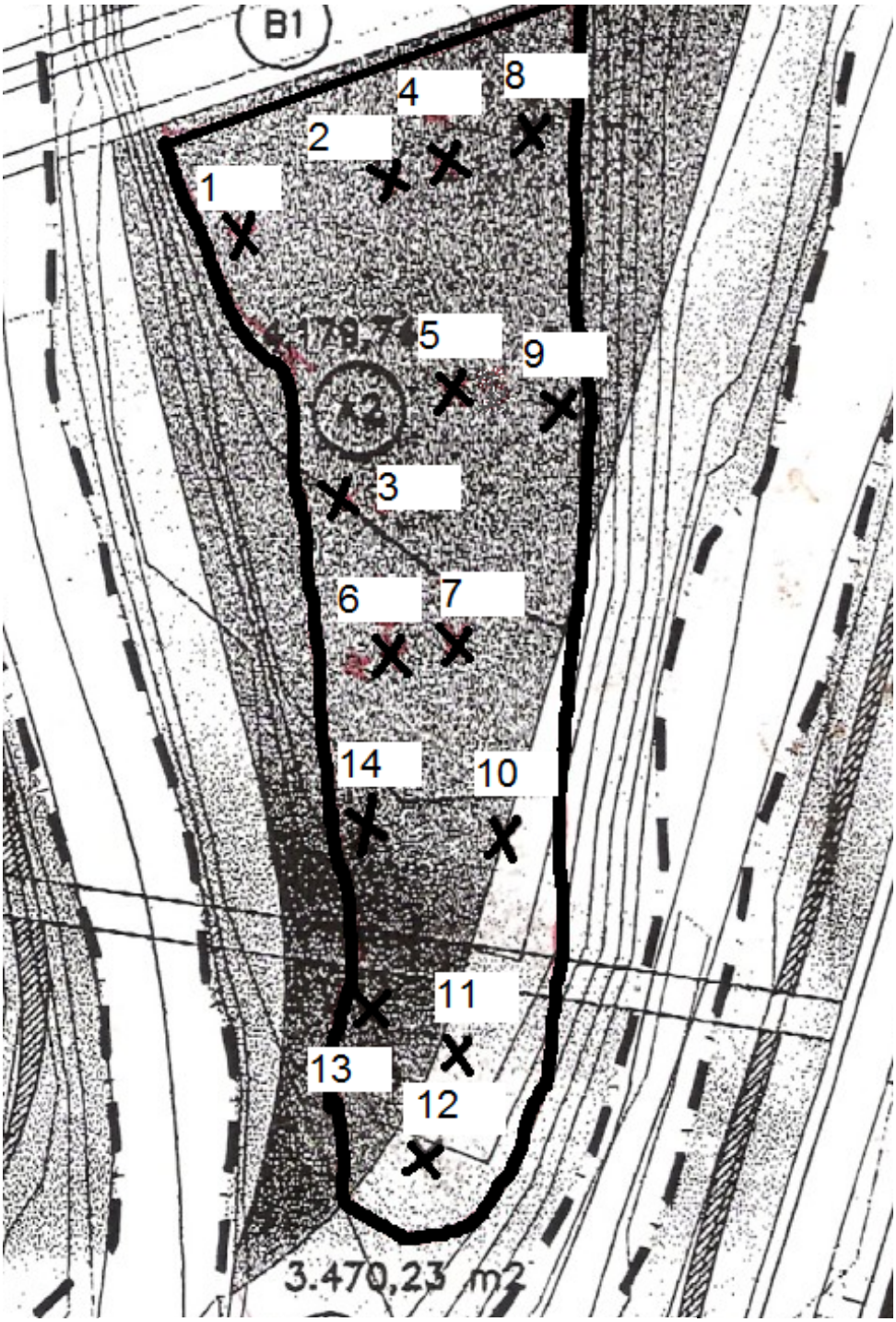
Vista general de la vinya a la zona nord

Peu poc desenvolupat de la zona sud

3.2 Recollida de mostres

En primer lloc, vaig anar a la vinya i vaig agafar 14 mostres del sòl de diferents llocs de la vinya amb un cilindre de 0'5024 dm^3/l. Vaig intentar agafar mostres representatives de les diferents zones; tant dels llocs on es veia que la vinya creixia malament o bé que hi havia molta pedregositat, com dels llocs on la vinya estava més desenvolupada i no hi havia tanta pedregositat.

El mapa que presento a continuació representa la vinya la qual estudio i tots els punts on vaig agafar les mostres.



Diferents parts de la vinya on s'ha fet el mostreig

Un cop fet el mostreig, els passos que s'han de seguir per poder fer anàlisis físics i químics són els següent:

1. Pesar cada mostra just després de recollir-les.
2. Deixar reposar les mostres en un lloc descobert per tal de què s'assequin.
3. Tornar a pesar les mostres de terra seca.

Fets aquests passos els resultats són:

Pas 1:

Mostra : (Pes Pot + Terra) – (Pes Pot) = Pes terra humida

- 050608-1: 850g – 99'77g = 750'23g
- 050608-2: 832g – 99'33g = 732'67g
- 050608-3: 877g – 93'85g = 783'15g
- 050608-4: 968g – 115'35g = 852'65g
- 050608-5: 878g – 116'54g = 761'46g
- 050608-6: 865g – 127'85g = 737'15g
- 050608-7: 952g – 79'75g = 872'25g
- 070708-8: 830g – 103g = 727g
- 070708-9: 838g – 103g = 735g
- 070708-10: 992g – 109g = 883g
- 070708-11: 1614g – 110g = 1504g
- 070708-12: 1674g – 77g = 1597g
- 070708-13: 1718g – 90g = 1628g
- 070708-14: 1644g – 92g = 1552g

Pas 3:

Mostra : (Pes Pot + Terra Seca) – (Pes tara) = Pes terra seca

- 050608-1: 843g – 148g = 695g
- 050608-2: 816g – 148g = 668g
- 050608-3: 875g – 148g = 727g
- 050608-4: 958g – 147g = 811g
- 050608-5: 851g – 147g = 704g
- 050608-6: 829g – 147g = 682g
- 050608-7: 979g – 147g = 831g
- 070708-8: 818g – 102g = 716g
- 070708-9: 820g – 102g = 718g
- 070708-10: 974g – 101g = 873g
- 070708-11: 1571g – 101g = 1470g
- 070708-12: 1704g – 141g = 1563g
- 070708-13: 1733g – 141g = 1592g
- 070708-14: 1647g – 141g = 1506g

Per poder fer els anàlisis s'han de separar totes les pedres que hi hagi per a poder obtenir la terra fina.
En primer lloc esmicolem la terra amb un rodet de fusta en una superfície llisa i dura per posteriorment posar-la al sedàs. Després agafem la terra esmicolada i la posem en un sedàs calibrat de 2mm per a poder treure totes les pedres més grans i per obtenir tan sols terra fina. I a partir d'aquí ja podrem pesar la terra fina de cada mostra i treure'n resultats.
La fracció grollera de les mostres pertany a les roques sedimentaries carbonades (calcàries o dolomies).

Mostra : (Pes Tara + Terra Fina) – (Pes tara) = Pes Terra fina

- 050608-1: 485g – 148g = 337g
- 050608-2: 625g – 148g = 477g
- 050608-3: 634g – 148g = 487g
- 050608-4: 564g – 147g = 417g
- 050608-5: 586g – 147g = 439g
- 050608-6: 646g – 147g = 499g
- 050608-7: 349g – 147g = 202g
- 070708-8: 717g – 102g = 615g
- 070708-9: 606g – 102g = 504g
- 070708-10: 526g – 101g = 425g
- 070708-11: 633g – 101g = 532g
- 070708-12: 465g – 141g = 324g
- 070708-13: 481g – 141g = 340g
- 070708-14: 474g – 141g = 333g

3.3 Càlculs previs

A partir del pes de cada mostra podrem obtenir els percentatges següents:

Material Groller = P_s – Pes de la terra fina

Primer calculem el pes del material groller:

Mostra 1: 695g –337g = **358g**
Mostra 2: 668g –477g = **191g**
Mostra 3: 727g –487g = **240g**
Mostra 4: 811g –417g = **394g**
Mostra 5: 704g –439g = **265g**
Mostra 6: 682g –499g = **183g**
Mostra 7: 831g –202g = **629g**
Mostra 8: 716g –615g = **101g**
Mostra 9: 718g –504g = **224g**
Mostra 10: 873g –425g = **448g**
Mostra 11: 1470g –532g = **938g**
Mostra 12: 1563g –324g = **1239g**
Mostra 13: 1592g –340g = **1252g**

Mostra 14: 1506g –333g = **1173g**

% de Material Groller ⟶ P_s ———100%
$P_{material\ groller}$ —— x%

El percentatge de material groller és el resultat de la x.

Mostra 1:

695g ———100% ⟶ x= **51'51%**
358g —— x%

Mostra 2: **28'59%**
Mostra 3: **33'01%**
Mostra 4:**48'58%**
Mostra 5: **37'64%**
Mostra 6:**26'83%**
Mostra 7: **75'69%**
Mostra 8:**14'10%**
Mostra 9:**31'19%**
Mostra 10:**51'31%**
Mostra 11:**63'80%**
Mostra 12:**79'27%**
Mostra 13:**78'64%**
Mostra 14: **77'88%**

Terra fina:

Primer calculem el pes de la terra fina: Pes de la terra seca(P_s) – Pes del material groller (més gran que 2 mm)

Mostra 1: 695g – 358g = **337g**
Mostra 2: 668g – 191g = **477g**
Mostra 3: 727g – 240g = **487g**
Mostra 4: 811g – 394g = **417g**
Mostra 5: 704g – 265g = **439g**
Mostra 6: 682g – 183g = **499g**
Mostra 7: 831g – 629g = **202g**
Mostra 8: 716g – 101g = **615g**
Mostra 9: 718g – 224g = **504g**
Mostra 10: 873g – 448g = **425g**
Mostra 11: 1470g – 938g = **532g**
Mostra 12: 1563g – 1239g = **324g**
Mostra 13: 1592g – 1252g = **340g**
Mostra 14: 1506g – 1173g = **333g**

% de Terra Fina ⟶ 100% – % material groller

Mostra 1: 100% – 51'51% = **48'49%**

Mostra 2: 100% –28'59% = **71'41%**
Mostra 3: 100% –33'01% = **66'99%**
Mostra 4: 100% –48'58% = **51'42%**
Mostra 5: 100% –37'64% = **62'36 %**
Mostra 6: 100% –26'83% = **73'17%**
Mostra 7: 100% –75'69% =**24'31%**
Mostra 8: 100% –14'10% = **85'9%**
Mostra 9: 100% –31'19% = **68'81%**
Mostra 10: 100% –51'31% = **48'69%**
Mostra 11: 100% –63'80% =**36'20%**
Mostra 12: 100% –79'27% =**20'73%**
Mostra 13: 100% –78'64% = **21'36%**
Mostra 14: 100% –77'88% =**22'12%**

Observacions:

Aquestes dades ens aporten una informació que semblen confirmar la hipòtesi plantejada. Observem que el percentatge de terra fina no és estable en tot el terreny de la vinya i per tant, aquest fet pot ser que condicioni en les propietats que estudiarem posteriorment.

Fets aquests càlculs, els podrem aplicar per saber determinades propietats del sòl:

% Humitat « in situ »:

Pes de la mostra inicial = P_i
Pes de la mostra en sec = P_s

$P_i - P_s = Pes_{H2O}$

P_i —— 100%
P_{H2O} —— x %

La humitat « in situ » és el resultat de la x.

Aquesta fórmula s'aplica al pes de les mostres:

Mostra 1:
P_i = 750'23g
P_s = 695g

Pes $_{H2O}$: 750'23g – 695g =55'23 g H_20

750'23g—— 100%
55'23 g —— x %

→

55'23 x 100 =5523
5523: 750'23 = **7'36 %**

Mostra 2: **8'82 %**
Mostra 3: **7'17%**
Mostra 4:**4'66%**
Mostra 5:**7'54%**
Mostra 6: **7'48%**
Mostra 7: **4'73%**
Mostra 8: **1'51%**
Mostra 9: **2'31%**
Mostra 10: **1'13%**

Mostra 11: **2'26 %**
Mostra 12: **2'12%**
Mostra 13: **2'21%**
Mostra 14: **2'96%**

Observacions: La humita és molt baixa. Aquest fet pot ser degut a altres propietats relacionades amb l' infiltració d'aigua a la planta.

Densitat aparent:

$$\text{Densitat aparent} = \frac{\text{Pes de la mostra inicial } (P_s)}{\text{Volum cilindre}}$$

Mostra 1 :
Densitat aparent = 695g : 0'504 dm^3 = **1378'9 g/l**
Mostra 2 :
Densitat aparent = 668g : 0'504 dm^3 = **1325'4 g/l**
Mostra 3:
Densitat aparent = 727g : 0'504 dm^3 =**1442'4 g/l**
Mostra 4:
Densitat aparent = 811g : 0'504 dm^3 =**1609'1 g/l**
Mostra 5:
Densitat aparent = 704g : 0'504 dm^3 =**1396'2 g/l**
Mostra 6:
Densitat aparent = 682g : 0'504 dm^3 =**1353'1 g/l**
Mostra 7:
Densitat aparent = 831g : 0'504 dm^3 =**1648'8 g/l**
Mostra 8:
Densitat aparent = 716g : 0'504 dm^3 =**1420'6 g/l**
Mostra 9:
Densitat aparent = 718g : 0'504 dm^3 =**1424'6 g/l**
Mostra 10:
Densitat aparent = 873g : 0'504 dm^3 =**1732'1 g/l**
Mostra 11:
Densitat aparent = 1470g : 1'008 dm^3 =**1458'3 g/l**
Mostra 12:
Densitat aparent = 1563g : 1'008 dm^3 =**1550'6 g/l**
Mostra 13:
Densitat aparent = 1592g : 1'008 dm^3 =**1579'3 g/l**
Mostra 14:
Densitat aparent = 1506g : 1'008 dm^3 =**1494'0 g/l**

A partir de la mostra 11 hem utilitzat el doble del volum del cilindre ja que durant el mostreig es va agafar dos cilindres de la mateixa mostra.

3.4 Anàlisis físics i químics

El sòl s'estudia a partir d'anàlisis físics i químics però com que hi ha una gran varietat de propietats per estudiar i, el temps i el material del qual disposem no és suficient per dur-les a terme totes, hem seleccionat les següents propietats per estudiar i per veure si són aquestes les que afecten al creixement.

- Propietats físiques del sòl:
  - Porositat: índex de porus i densitat aparent i real.
  - Profunditat
  - Propietats exteriors visibles: color, formació de crostes, classe textural (argila, llim fi, llim gruixut, terra fina, sorra, elements gruixuts)
  - Retenció d'aigua: velocitat d'infiltració, aigua útil, humitat, PMP (punt de marciment permanent), CC (Capacitat de camp), CRAD. (Capacitat de Retenció d'Aigua Disponible)
- Propietats químiques:
  - pH
  - Matèria orgànica: Ca actiu, Carbonats, C.I.C (Capacitat d'Intercanvi Catiònic)
  - CE (Conductivitat elèctrica).

Hem seleccionat aquestes propietats ja que, a part de què són les que tenim a l'abast per realitzar, aquestes poden condicionar el creixement de la planta. Algunes de les propietats que no he tingut en compte són el color o bé el percentatge de saturació de bases.

3.4.1 Explicació de les propietats del sòl

Propietats físiques:

- Porositat:

La porositat és el percentatge de buits que hi ha entre el material sòlid del sòl. Els porus poden ser macroscòpics o microscòpics. Els macroscòpics estan plens d'aire, ocupen grans dimensions, per tant, l'aigua pot travessar fàcilment. Els microscòpics estan ocupats en major part per les forces capil·lars.

Podem classificar segons el percentatge de porositat:

Tipus de sòl	% Porositat
Sòls lleugers	30-45%
Sòls mitjos	45%-55%
Sòls pesats	50%-65

Sòls torbosos	75%-90%

Es considera un paràmetre important ja que d'aquest depèn el comportament del sòl davant la fase líquida i gasosa, i per l'activitat biològica que puguin aportar aquestes fases.

La porositat és el volum de sòl ocupat pels porus, com acabem de dir, i es calcula a partir de la densitat real (Dr) i la densitat aparent (Da).

- Densitat aparent i real:

El sòl té dos densitats: la densitat real i la densitat aparent.

- La densitat real és la mitjana de partícules sòlides que hi ha.
- La densitat aparent té en compte el volum dels porus. Reflecteix la compactació i facilitat de circulació d'aire i d'aigua. És necessari pel posterior treball de laboratori per transformar els resultat dels anàlisis del laboratori, expressats en % pes, al % del volum del camp.

- Textura del sòl

La textura d'un sòl és la mida, forma i composició del sòl. Qualsevol sòl es compon de partícules de mides variables, des de microscòpies fins a grans blocs tot i que solen predominar les partícules més petites. Hi ha concretes propietats que depenen de la mida i de l'àrea de superfície de la partícula.
Les partícules es classifiquen segons la mida en diferents grups anomenats fraccions. Les fraccions més importants són l'argila, el llim i la sorra. També hem de tenir en compte les fraccions més grans de 2mm de diàmetre.

Segons el sistema actual de l'Associació Internacional de la Ciència del sòl:

Textura	Diàmetre
Blocs	>2000mm de diàmetre
Pedres	<2000mm > 200 mm de diàmetre
Graves	< 200mm > 2 mm de diàmetre
Sorres gruixudes	< 2 mm > 0.2 mm de diàmetre
Sorres fines	< 0.2 mm > 0.05 mm de diàmetre
Llim gruixut	< 0.05 mm > 0.02 mm de diàmetre

Llim fi	<0.02mm >0'002 mm de diàmetre
Argila	< 0'002mm de diàmetre

Segons la classificació USDA:

Textura	Diàmetre
Grava	> 2mm
Sorra	50µm − 2µm
Llim	2mm - 50µm
Argila	< 2 µm

- Sorres: provenen de la disgregació mecànica de la roca mare. Donen permeabilitat al sòl.
- Llims: són un pas més en la meteorització de la roca mare. La mida és entre les argiles i les sorres.
- Argiles: provenen de la descomposició química de la roca mare. Donen cohesió al sòl i poden arribar a formar capes impermeables quan absorbeixen aigua.

Depèn de la proporció en què es trobin aquestes partícules donarà lloc a una determinada textura del sòl. Podem distingir segons la quantitat de cada partícula sòls sorrencs, llimosos i argilosos.

Textura sorrenca: fragments de mida de la sorra.
Textura llimosa: fragments de mida microscòpica (llims).
Textura argilosa: fragments solament visibles al microscopi electrònic (argiles).

Els terrenys es consideren millors quanta més quantitat de llims continguin.

Sòls sorrencs:

- Fàcils de treballar
- Lleugers
- Tenen una bona ventilació
- Pobres en nutrients
- Permeables
- Retenen poc l'aigua, per aquest motiu presenten un aspecte sec

Sòls argilosos:

- Difícils de treballar
- Pesants
- Rics en nutrients(retenen els fertilitzants)
- Retenen l'aigua amb facilitat.
- Es tornen fangosos en contacte amb l'aigua (pluges)
- En les èpoques de sequera es tornen durs i es fragmenten

La textura dels sòl es classifica d'acord al següent diagrama triangular:

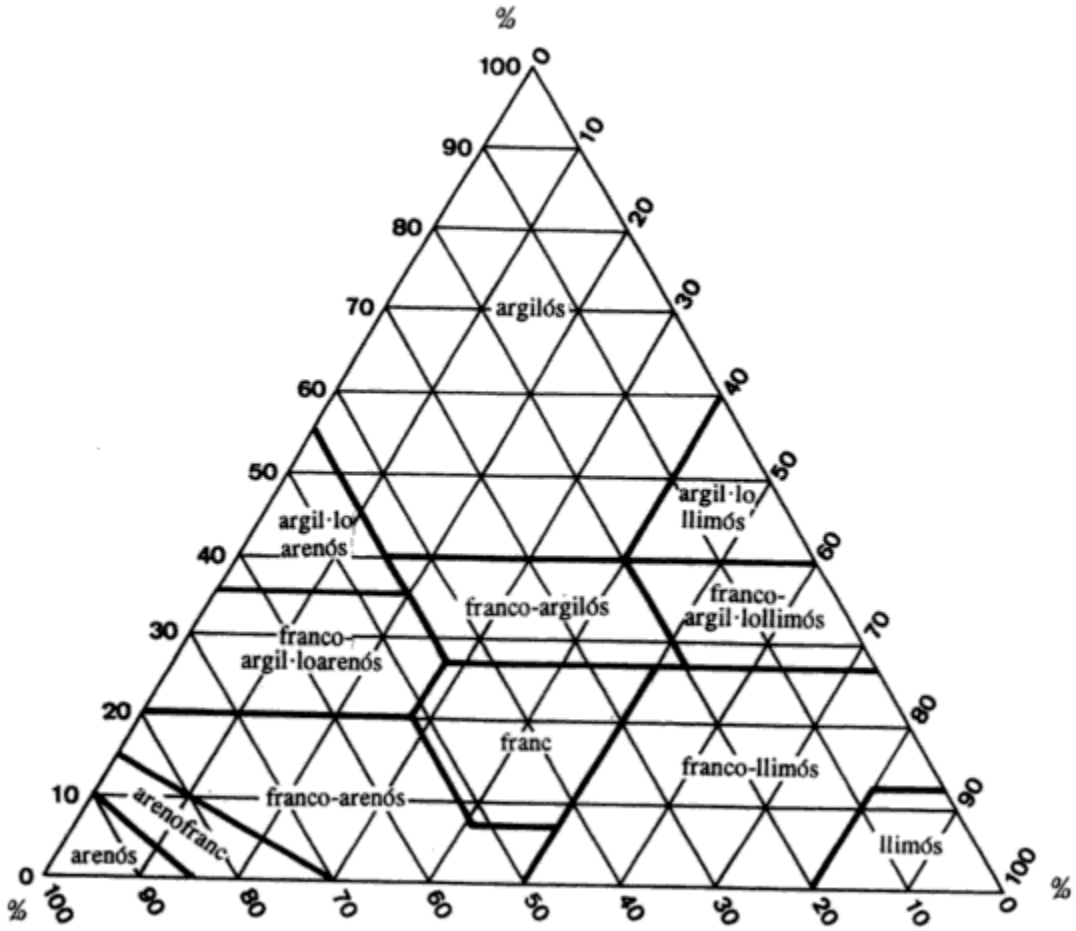
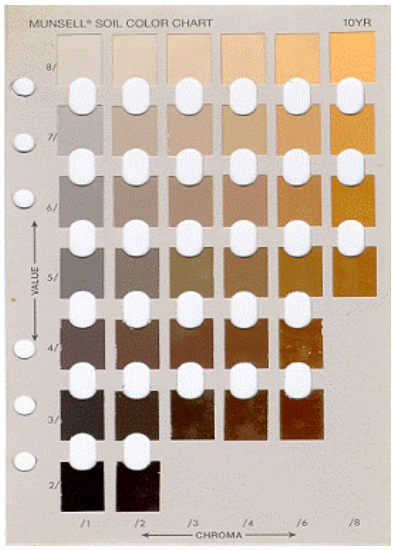


Diagrama isotèrmic de textures del sòl (*Manual de geografia física, V.M Roselló, J. M Panadera, A. Perez Cueba*)

- <u>Color:</u>

El color es determina mitjançant la clau de referència Munsell que està acceptada universalment. Aquesta s'utilitza comparant les mostres del sòl amb les cartes corresponents, que representen la classificació dels principals colors d'acord amb tres variables: Tint (*Hue*) constitueix la proporció entre groc (Y) i el vermell (R), Gama, claritat o valor (*Value*) que va de blanc a negre numerant-se del 2 al 8 respectivament i la puresa (*Chroma*), del gris mesclat amb el color de base, numerat de 0 a 8. El codi Munsell defineix un espai tridimensional de color, les coordenades del qual són el matís, és a dir, la longitud d'ona dominant de la radiació reflectida pel sòl o color espectral dominant, la lluïssor o grau de claror o foscor relativa del color comparat amb el blanc absolut, i el croma o saturació cromàtica que expressa la puresa relativa del color.



Taula Munsell Soil Taxonomy System (1975)

El color del sòl és una propietat que subministra informació qualitativa indirecta sobre les característiques del sòl i el seu comportament. El color de la superfície del sòl determina l'albedo (proporció d'energia incident que és reflectida).
La distinció dels horitzons al camp s'acostuma a realitzar gràcies a les diferències de color que presenten.
El color reflecteix processos edafogenètics, el tipus de meteorització, les condicions climàtiques , les condicions físico-químiques, processos redox, etc.

En el meu cas no he apreciat canvis de colors significatius en les zones estudiades.

- Índex de risc de formació de crostes (IRFC)

Mesura el risc de degradació física, especialment indicat per procedir la formació de crostes en la superfície però també per avaluar el risc de compactació en profunditat.
Determina els percentatges de llim fi i llim gruixut en relació al percentatge d'argila i matèria orgànica:

La interpretació que es dóna al resultat de IRFC és la següent:

IRFC	Interpretació
> 2,0	**Gran tendència a formar crostes**
1,8-2,0	**Alta tendència a formar crostes**
1,6-1,8	**Moderada tendència a formar crostes**
<1,6	**Poca tendència a formar crostes**

La formació de crostes és una capa d'extrema que es produeix en els horitzons superiors del sòl i protegeix de l'evaporació a l'aigua continguda en els horitzons profunds. Aquest fet es deu al grau d'humitat que presenta el sòl en funció de la profunditat . En els horitzons superiors les forces de succió d'aigua són més intenses que les dels horitzons inferiors. Com resultat l'aigua ascendeix des dels nivells més humits cap a la superfície.

- Capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD)

El sòl té la capacitat d'emmagatzemar aigua per anar cedint-la a les plantes progressivament. Hi ha diverses aplicacions agronòmiques per les quals ens interessa conèixer la capacitat de retenció d'aigua com les relacionades amb el reg. La quantitat màxima que pot retenir es coneix com l'aigua a capacitat de camp i la mínima com aigua en el punt de marciment permanent. La diferència entre ambdues quantitats es correspon amb l'aigua disponible per les plantes.

Així doncs, la determinació de la CRAD d'un horitzó edàfic es determina a partir de la capacitat de retenció de la humitat entre 22kPa (Capacitat de camp, CC) i 1500kPa (punt de marciment Permanent, PMP).

Classes	Règim Xèric i Arídic
Molt baix	<64
Baix	67 – 127
Moderada	128 – 190
Alta	191 – 250
Molt alta	>250

- Capacitat de camp:

Marca el límit entre l'aigua capil·lar (aigua retinguda als microporus per la força de la capil·laritat)i la gravitacional (aigua retinguda als macro porus). La capacitat de camp es defineix com:

- El contingut d'aigua al sòl després de 48hores d'un reg o d'una pluja abundant. Transcorregut aquest temps se suposa que comença un drenatge lent de l'aigua continguda al sòl.
- Es tracta del contingut màxim d'aigua que pot retenir el sòl quan la majoria de la macroporositat està ocupada per l'aire.
- Per mesurar aquesta propietat es realitzen estimacions a partir del calor del contingut d'aigua que reté una mostra del sòl en equilibri a pressió 33kPa, amb un equip de plaques de pressió.
- La capacitat de camp s'ha de mesurar "in situ" ja que les condicions del camp influeixen a les condicions de drenatge del sòl.

- Punt de marciment permanent (PMP)

El punt de marciment es defineix segons:

- El contingut d'aigua per sota del qual les plantes no són capaces d'extreure aigua del sòl. És el límit inferior de l'aigua retinguda per forces capil·lars absorbibles per les arrels.
- Contingut d'aigua que reté una mostra de sòl equilibrada amb una presió de 1500kPa en un equip de plaques de pressió (Richards).

- Velocitat d'infiltració:

La infiltració designa el procés d'entrada d'aigua a través de la superfície del sòl, el que constitueix la primera etapa en el moviment d'aigua al sòl.
La determinació de la velocitat d'infiltració de l'aigua es realitza al camp. Un dels mètodes més utilitzats es el del doble anell de Müntz.

La determinació de la velocitat d'infiltració suposa treballar en condicions el més semblants possibles és a dir, que el sòl tingui el mateix sistema d'aportació d'aigua de reg, la mateixa qualitat de l'aigua i semblances en el contingut d'humitat inicial.

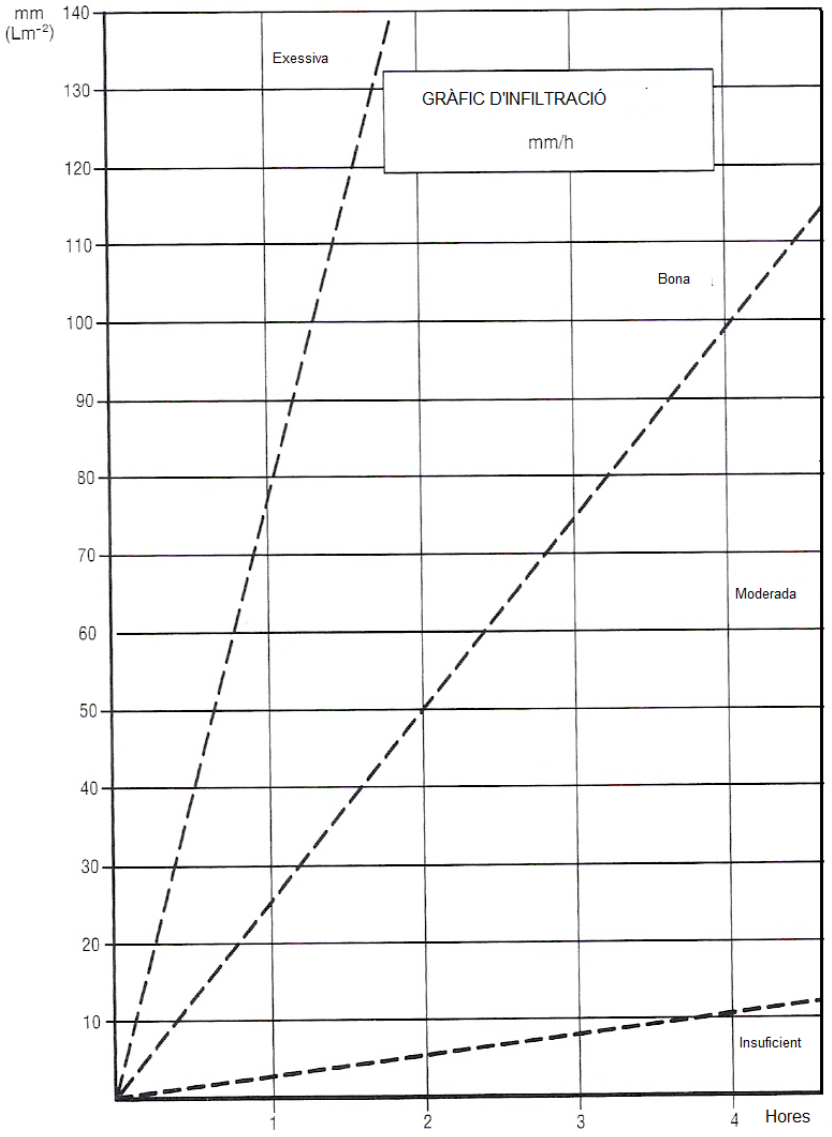
S'ha establert valors orientatius de la velocitat d'infiltració amb la textura (Hillel,1980):

Classe de textura	Infiltració final (mm/h)
Sorra	> 20
Sorra i llim	10 – 20
Franca	5 – 10
Argilosa	1 – 5
Argiles sòdiques	< 20

També, segons els criteris de Landon 1984, es pot interpretar:

Velocitat d'infiltració (mm/h)	Avaluació
<1	Adequat per el cultiu d'arròs. Risc d'erosió elevat.
1-5	Lenta. Risc d'erosió important.
5-20	Moderadament lenta. Optima per risc de superfície.
20-60	Moderada. Adequada per reg de superfície
60-125	Moderadament ràpida. Baixa eficiència de reg.
125-250	Ràpida. Marginal per el reg de superfície.
>250	Molt ràpida. Es requereix reg localitzat.

Com acabem de dir, el mètode més utilitzat és el de Müntz. Aquest consisteix en dos cilindres concèntrics, un exterior de 32 cm de diàmetre i un altre que es posa a l'interior, d'uns 11 cm de diàmetre, ambdós de 12 cm d'altura. Aquests dos anells es claven al sòl intentant evitar l'alteració de l'estat de la superfície del sòl.
Aquests anells permeten mantenir una làmina d'aigua a nivell constant sobre una superfície del sòl d'extensió coneguda.



Interpretació gràfica dels resultats

Propietats químiques

- <u>pH</u>

El pH mesura el grau d'acidesa o alcalinitat d'una solució. Podem expressar el pH com a logaritme negatiu de la concentració de l'ió hidrogen en la solució del sòl (pH= -log [H^+]). El pH també és un indicador del grau de meteorització del sòl. El seu valor expressa el contingut mineral del material, la durada i intensitat

de la meteorització i sobretot, el rentatge de les bases, com els ions de Ca^{2+}. El pH es veu influït per la vegetació, la precipitació i per les activitats humanes.

L'escala del pH és de 0 a 14. Quan el pH és 0 ens trobem amb l'aciditat extrema i conseqüentment, quan és de 14 és de basicitat o alcalinitat extrema. El pH 7 correspon a una reacció neutra.

El pH condiciona els processos físics, els químics i l'adaptació dels animals i les plantes. Hi ha animals que estan adaptats a un nivell d'acidesa determinat, fora del quan no poden viure, com espècies acidòfiles o les basòfiles. Els pH neutres són millors per a les propietats físiques del sòl. Quan el pH és molt àcid es produeix una intensa alteració de minerals i l'estructura es torna inestable. En el pH alcalí, l'argila es dispersa, es destrueix l'estructura i des d'un punt de vista física es produeixen males condicions en el sòl.
També afecta a les propietats químiques i a la fertilitat del sòl. El pH influeix a l'assimilació de nutrients del sòl ja que determinats nutrients es podem bloquejar en determinades condicions del pH i no són assimilable per a les plantes.
Al voltant de pH 6 i 7, són les millors condicions per al desenvolupament de les plantes.

Els canvis en el pH són lents sobretot per el poder amortidor que tenen (capacitat del sòl en produir canvis en la concentració iònica del sòl). El poder amortidor del sòl és més gran com més elevada sigui la capacitat d'intercanvi catiònic.

- Matèria orgànica

La matèria orgànica té una gran importància en la gènesi i la fertilitat del sòl. Aquesta té unes propietats físiques, químiques i biològiques.

Les propietats físiques de la matèria orgànica són:

- Dóna al sòl un color fosc
- Dóna lloc a una estructura estable. Té un poder aglomerant, s'uneixen a la fracció mineral i proporcionen una estructura d'alta porositat que implica que la permeabilitat del sòl sigui major.
- Gran capacitat de retenció d'aigua per tant, facilita l'assentament de la vegetació i dificulta l'acció dels agents erosius.
- La temperatura del sòl, és majorment deguda a què els colors foscos absorbeixen més radiacions que els clars.
- Protegeix el sòl de la contaminació ja que absorbeix alguns contaminants i evita que aquests vagin cap els aqüífers.

Propietats químiques i fisicoquímiques:

La matèria orgànica té propietats col·loïdals, deguda a la seva grandària i la seva carga. (reté l'aigua, contrauen, dispersen, floculen,..)
Per tant, la matèria orgànica és una fase que reacciona amb la solució del sòl i amb les arrels.

- Influeix en el pH. Produeix compostos orgànics que fan acidificar el sòl.
- Descompon els minerals ja que és un agent d'alteració pel seu caràcter àcid.
- Bon reservant de nutrients
- Fixen els ions de la solució del sòl, els quals queden retinguts, i evita que es produeixin pèrdues de nutrients al sòl.

Propietats biològiques:

- Aporten nutrients als microorganismes i són una font d'energia.

- Conductivitat elèctrica:

La conductivitat elèctrica d'un medi es defineix com la capacitat que té el medi per conduir el corrent elèctric. L'aigua pura, pràcticament no condueix corrent, però si conté sals en dissolució si que el condueix.
Els ions amb càrrega positiva i negativa són els que condueixen el corrent, i la quantitat que condueixin dependrà del nombre d'ions presents i la seva mobilitat.

L' instrument utilitzat per mesurar la conductivitat elèctrica és el conductímetre i les unitats de mesura són els Siemens/cm (S/cm).

Els conductímetres són instruments compostos per dos plaques d'un material especial (platí, titani, níquel), una font alimentadora i un sector o escala de mesura. Aplicada una diferència de potencial entre les plaques del conductímetre, aquest mesura la quantitat de corrent que passa per aquestes.
Existeixen molts tipus de conductímetres i els valors de la conductivitat són dependent de la geometria de la cel·la de cada aparell. Per això cada conductímetre mesura una conductivitat determinada la qual és el producte de la conductivitat realment mesurada multiplicada per la constat de la cel·la del mateix aparell. Aquesta constant és la relació que hi ha entre la distància que es troben les plaques i la superfície d'aquestes.

La mesura de la conductivitat també depèn de la temperatura de la mostra durant l'anàlisi. Per aquesta raó, la majoria dels aparells tenen compensadors automàtics de temperatura.

- Carbonats:

Els carbonats deriven directament del material original (roques calcàries del Garraf) es formen per l'alteració de minerals presents en la roca (autòctons). També procedeixen de fonts externes, com per exemple, pel transport del vent o l'aigua (al·lòctons).
Els carbonats estan sotmesos a processos de mobilització des dels horitzons de la superfície.

3.4.2 Tècnica operatòria i procediment emprat

- **Anàlisi granulomètric**

La textura del sòl ve donada per la composició granulomètrica, és a dir, el percentatge de partícules amb diferent grandària.
Els mètodes analítics de la textura es basen en la llei d'Stokes. Aquesta calcula la velocitat de caiguda de les partícules en funció de la seva densitat, la seva grandària, la seva viscositat i densitat del líquid.

El mètode que he emprat per dur a terme aquesta pràctica ha estat el "Mètode de Bouyoucos".

Objectiu:

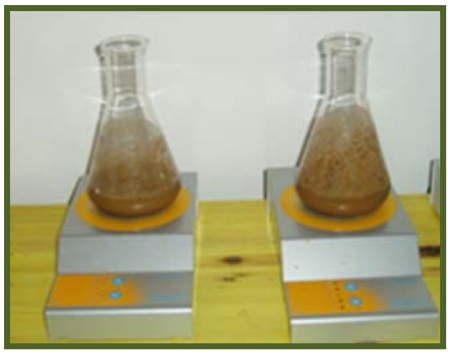
Fer una classificació de la textura del sòl determinant els percentatges de llim, argila i sorra present a la mostra.

Material emprat:

Vas de precipitats
Vareta de vidre
Agitador magnètic
Proveta de 1litre
Hidròmetre de Bouyoucos
Oxalat de sodi
Aigua destil·lada

Procediment:

1. Pesem 50grams de mostra del sòl tamisada prèviament i secada a l'aire.
2. Els introduïm en un vas de precipitats i afegim 200ml d'aigua destil·lada i 15 ml d'una solució d'oxalat de sodi preparada anteriorment. Un cop preparat s'agita amb l'agitador mecànic durant 30 minuts.
3. Traspassem la solució ja agitada a una proveta de 1L i l'enrasem amb aigua destil·lada.
4. Agitem la solució amb una vareta de vidre per tal de no deixar acumulats sediments a baix de tot de la proveta i ho deixem reposar quaranta segons.
5. Introduïm l' hidròmetre de Bouyoucos i fem la lectura. Amb aquesta lectura podrem saber el percentatge en pes de partícules de llim i argila.
6. Deixem reposar la solució quatre minuts més. Fem la lectura i sabrem el percentatge de llim fi i argila.
7. Deixem reposar 4 hores i fent la lectura finalment, podrem obtenir el percentatge d'argila.



Barrejant la mostra amb l'agitador mecànic

Fent la lectura després de 4 minuts

Deixant reposar 4 hores

Observacions:

Abans de dur a terme tot el procediment explicat anteriorment s'haurà de fer una prova en blanc de la solució d'oxalat de sodi amb l'aigua destil·lada.

Després d'esperar les 4 hores per llegir el últim resultat podrem fer els següents càlculs per saber els percentatges d'argila, llim fi, llim gruixut i d'arena o sorra.

Suposem que als 40segons hem fet la primera lectura i ens ha donat: 1020g/l.
Suposem que als 4 minuts ens ha donat: 1010g/l
Suposem que a les 4hores ens ha donat: 1005g/
Suposem que la mostra en blanc ens ha donat: 1003g/l

Primer de tot: 1020g/l – 1003g/l = 17g/l
17g/l (de llim i argila) x 2 = 34% LLIM + ARGILA
* Ho hem multiplicat per dos ja que hem agafat 50g de mostra i ho volem per cada 100g.

Després: 1010g/l – 1003g/l = 7 g/l
7g/l (de llim fi i argila) x 2 = 14% LLIM FI + ARGILA

Finalment: 1005g/l – 1003g/l = 2g/l
2g/l (Argila) x 2 = 4% ARGILA

Així doncs:

- Argila: 4%
- Llim fi: 14% − 4% = 10 %
- Llim gruixut: 34% − 14% =20 %
- Sorra: 100% − 34% = 66%

A partir d'aquí i mitjançant el diagrama triangular podrem saber la classe textural de les mostres.

- **pH a l'aigua 1/2,5 (pes/volum)**

El coneixement d'aquest potencial del sòl ens permetrà saber una primera aproximació a les seves característiques químiques i al grau de saturació de les bases.
La dificultat que presenta aquesta determinació és que el pH de la solució varia des del moment de la seva recollida al camp. A part, al sotmetre les mostres de terra a una nova hidratació, amb agitació, es produeixen noves variacions en funció d'aquests processos analítics i dels temps transcorreguts en aquests. Els resultats que obtindrem seran orientatius ja que hi ha altres mètodes utilitzats que poden fer variar el pH.
Així doncs, durem a terme la determinació del pH a l'aigua 1/2,5 (pes/volum) tot i haver-hi altres mètodes per calcular el pH.

Objectiu: Determinar el pH de cada una de les mostres de sòl.

Material:

Vas de precipitats de 100mL
Aigua destil·lada
Agitador magnètic
Peachímetre
Proveta

Procediment:

1. Pesem 20 grams de mostra del sòl tamisada prèviament i secada a l'aire.
2. Els introduïm a un vas de precipitats de 100mL i afegim 50mL d'aigua destil·lada.
3. Ho agitem durant deu minuts amb l'agitador mecànic.
4. Passat els 10 minuts deixem reposar 30minuts per què la terra es dipositi al fons.
5. Introduïm el pH-metre mirant que quedi cobert de terra i de la dissolució i deixem transcorre un minut aproximadament o fins que s'estabilitzi la lectura.
6. Fem la lectura i anotem els resultats.

Introduint el peachímetre i llegint el resultat

Observacions:

Abans de dur a terme tot el procediment explicat anteriorment s'haurà de comprovar que el pH-metre està ben calibrat.

pH= 7 → es considera el pH neutre
pH<7 → es considera el pH àcid

pH> 7 → es considera el pH bàsic

Quan parlem del pH del sòl, però, és fa una altra classificació. El pH a l'aigua de 3'5 a 4'8 es considera molt àcid (sòl molt desaturat de bases). Al sòl hi ha una manca d'elements nutritius solubles per precipitació i hi ha presència d'alumini que és fitotòxic.

El pH a l'aigua de 4'9 a 6 es considera àcid (sòl desaturat de bases). Si no conté matèria orgànica per sobre del 1'8% es pot produir insolubilitat de calci, magnesi i potassi, i precipitació de fòsfor. Hi ha un a possible presència d'alumini fitotòxic fins al pH 5'5.
El pH a l'aigua de 6 a 7'6 es considera lleugerament àcid i neutre i lleugerament bàsic (sòl amb saturació mitja de bases). Presenta molt bona solubilitat d'ions nutritius tot i que a pH superior a 6'8 el ferro soluble és deficient.
El pH a l'aigua de 7'6 a 8'5 es considera bàsic (sòl saturat de bases). Presenta una baixa presència de fòsfor i molt baixa de ferro soluble.
El pH a l'aigua superior a 8'5 i valors similars als del pH al KCl es considera salí-alcalí (molt saturat en bases amb possible presència de Na), i presenta sals solubles i adsorbides fitotòxiques.
A partir del pH 8'8 i més del 15% de sodi es considera alcalí i per sota d'aquests valors, es considera el sòl salí.

- **Conductivitat i diagnòstic de la salinitat**

Es tracta d'una analítica no gaire complicada que serveix de diagnòstic segur de l'existència de sals solubles en el sòl.

Objectiu: Calcular la conductivitat de la mostra la qual permetrà diagnosticar les sals solubles del sòl que són proporcionals a la conductivitat elèctrica.

Materials:

Vas de precipitats
Vareta de vidre
Aigua destil·lada
Conductímetre

Procediment:

1. Pesem 30g de la mostra
2. L'afegim a un vas de precipitats.
3. Introduïm petites quantitats d'aigua destil·lada per tal de que la terra quedi humida. Afegim gota a gota aigua destil·lada fins que es torni una pasta brillant.
4. Ho deixem reposar 15 minuts, ho valorem amb el conductímetre i anotem els resultats.

Observacions: Haurem de corregir el valor de la lectura que haguem fet al conductímetre en funció de la temperatura de la dissolució d'acord amb la taula següent:

Conductividad a 25°C = Conductividad a T°C × F

Temperatura de la tierra T°C	Factor de corrección F	Temperatura de la tierra T°C	Factor de corrección F
15	1,2470	22	1,0640
16	1,2180	22,2	1,0600
17	1,1890	22,4	1,0550
18	1,1630	22,6	1,0510
18,2	1,1570	22,8	1,0470
18,4	1,1520	23	1,0430
18,6	1,1470	23,4	1,0340
18,8	1,1420	23,8	1,0250
19	1,1360	24	1,0200
19,2	1,1310	24,4	1,0120
19,4	1,1270	24,8	1,0040
19,6	1,1220	25	1,0000
19,8	1,1170	25,4	0,9920
20	1,1120	25,8	0,9830
20,2	1,1070	26	0,9790
20,4	1,1020	26,4	0,9710
20,6	1,0970	26,8	0,9640
20,8	1,0920	27	0,9600
21	1,0870	28	0,9430
21,2	1,0820	29	0,9250
21,4	1,0780	30	0,9070
21,6	1,0730	31	0,8900
21,8	1,0680	32	0,8730

- **Matèria orgànica. Mètode de Graham, Tomas i Peral**

Objectiu: Determinar el % de matèria orgànica que hi ha en cada mostra.

Materials:

Erlenmeyer de 50 mL
Dicromat de potassi 1 Normal ($Cr_2O_7K_2$)

Àcid sulfúric (H_2SO_4)
Aigua destil·lada
Tub d'assaig
Proveta de 10mL

Procediment

1. Pesem 0'2g de terra fina.
2. Introduïm 2ml d'una dissolució 1 Normal de Dicromat de potassi i 4 ml d'àcid sulfúric concentrat vigilant que aquest últim baixi per les parets del erlenmeyer arrastrant tot el dicromat i les partícules de la terra.
3. Agitem per rotació uns segons i ho deixem refredar uns 10 minuts.
4. Afegim 20 ml d'aigua destil·lada i ho deixem reposar el temps necessari per tal que es dipositi el residu al fons i el líquid quedi completament clar.
5. Després d' aproximadament una hora introduïm la dissolució preparada a un tub d'assaig.
6. Fem la comparació de la coloració de la mostra amb la dels patrons.

Observacions:

- Preparació dels patrons:
  1. Es preparen mitjançant una solució de glucosa puríssima anhidra, contenint 2,5g de glucosa i aigua fins a 100ml.
  2. Es preparen 12 patrons iguals seguint la mateixa tècnica descrita anteriorment però substituint la terra per diferents quantitats de la solució de glucosa.

Les equivalències entre els patrons i el percentatge de matèria orgànica al sòl correspon:

NÚM. PATRÓN	ML GLUCOSA	% DE CARBONO	% DE MATERIA ORGÁNICA
0	0,00	0,00	0,00
1	0,05	0,33	0,57
2	0,10	0,66	1,14
3	0,15	1,00	1,72
4	0,20	1,32	2,28
5	0,25	1,66	2,86
6	0,30	2,00	3,44
7	0,35	2,33	4,02
8	0,40	2,64	4,55
9	0,45	3,00	5,16
10	0,50	3,33	5,74
11	0,55	3,66	6,31
12	0,60	4,00	6,88

- **Carbonats:**

El contingut en carbonats total permet establir el material original de bases, especialment de calci i de magnesi, relacionant la major o menor proporció de carbonats amb el major o menor percentatge de saturació de bases.
Tot i així, tan sols calcularem la quantitat de CO_2 que s'ha després i mitjançant la fórmula esmentada anteriorment calcularem el percentatge de carbonats.

Hi ha diversos mètodes per calcular la quantitat de carbonats que hi ha al sòl. El mètode emprat s'ha dut a terme mitjançant el calcímetre de Bernard el qual el podem veure a la imatge.

Objectiu: L'objectiu del procediment que explicarem a continuació és saber la quantitat de CO_2 s'ha després per cada mostra.

Materials:
Erlenmeyer de 100mL
Tub d'assaig de mida petita
Calcímetre de Bernad
Solució d'HCl 1:1
Embut
Suport metàl·lic
Bureta graduada
Tub amb un dispositiu de vidre obert

Procediment:

1. Pesem 0'5g de terra secada a l'aire i els col·loquem a un erlenmeyer de boca ample.
2. Agafem HCL(aq) i l'afegim a un tub d'assaig de mida petita.
3. Introduïm el tub d'assaig a l' erlenmeyer.
4. Amb el calcímetre de Bernad tapem l'erlenmeyer i l'agitem amb moderació per tal de què l' HCL(aq) introduït al tub d'assaig quedi distribuït per tota la terra.
5. Quan l'efervescència hagi finalitzat i el descens de la columna d'aigua observem el volum de CO_2 q s'ha desprès i fem la lectura.

Calcímetre de Bernard

Observacions:
Després de calcular el volum de CO_2, podrem calcular els carbonats totals en grams expressats en $CaCO_3$ mitjançant la següent fórmula:

$$\%\text{Carbonats en la mostra } (CaCO_3) = \frac{\text{ml de } CO_2 \times 100}{22.400}$$

Afegint $HCl_{(aq)}$ al tub d'assaig

esprés de pesar la terra, introduint-la a un erlenmeyer

- **Mètode de Müntz**

Objectiu: Determinar la velocitat d'infiltració de l'aigua a tres parts de la vinya.

Materials:

Doble anell de Müntz
Martell
Nivell
Aigua
Cronòmetre

Procediment:

1. Clavar el doble anell al sòl.
2. Anivellar mitjançant el nivell el doble anell.
3. Introduir l'aigua
4. Esperar fins que el sòl absorbeixi tota l'aigua.
5. Anotar el temps que ha trigat i els litres que el sòl ha absorbit.

Doble anell de Münz

Altres propietats del sòl derivades de les magnituds estudiades:

Els anàlisis emprats en el laboratori són els esmentats anteriorment. A partir d'aquests resultats hem pogut obtenir els següents resultats de determinades propietats del sòl utilitzant diverses fórmules que relacionen les propietats.

- Porositat

La porositat és el volum del sòl ocupat porus. Es pot calcular a partir de la densitat real i la densitat aparent.

% Porositat = (Dr-Da)/Dr x 100

Si no es coneix la densitat real, com és el cas, la porositat es pot estimar a partir del contingut de matèria (MO) i mineral (MM).

$$\mathbf{Dr} = \frac{100}{\frac{MO}{1'5} + \frac{MM}{2'65}}$$

- **Índex de risc de formació de crostes (IRFC)**

FAO(1983) ha desenvolupat un índex empíric d'encrostament (IRFC) per mesurar el risc de degradació física, és a dir per preveure la formació de crostes a la superfície i per avaluar el risc de compactació en profunditat. Aquest índex es basa en els percentatges de llim fi i gruixut en relació al d'argila i matèria orgànica.

$$\mathbf{IRFC} = \frac{1'5\ (\%\text{llim fi}) + 0'75\ (\%\text{llim gruixut})}{\%\ \text{argila} + 10\ (\%\text{MO}) - C}$$

On:

Llim fi: percentatge de partícules de diàmetre de 2-20µm
Llim gruixut: de 20-50µm
C= 0'2 (diferència del pH – 7)

Interpretació:

IRFC	Interpretació
> 2,0	Gran tendència a formar crostes
1,8 - 2,0	Alta tendència a formar crostes
1,6 – 1,8	Moderada tendència a formar crostes
< 1,6	Poca tendència a formar crostes

- **Capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD)**

La determinació de la capacitat de retenció d'aigua disponible d'un horitzó edàfic es determina a partir de la capacitat de retenció d'humitat entre 33kPa (Capacitat de camp) i 1500kPa (Punt de Marciment permanent). S'acostuma a

donar en percentatge de pes tot i que acostuma a ser millor transformar-ho a mil·límetres (l/m^2). Per realitzar aquesta transformació necessitarem la densitat aparent (Da) i l'espessor (p) de l'horitzó. Així doncs, podem utilitzar la següent expressió:

$$\textbf{CRAD} = \frac{\text{Kg terra fina x (CC –PMP)litres x Da(Kg/m}^3\text{) x p (metres)}}{10.000}$$

On:

CC= Capacitat de camp (%volum), aigua retinguda a 33kPa.
PMP= Punt de marciment permanent (%volum), aigua retinguda a 1500kPa.
Da= Densitat aparent (Kg/m^3)
p= Espessor de l'horitzó (m)

S'han obtingut diverses fórmules que permeten calcular indirectament el contingut d'aigua a diferents potencials. Tot i que la seva validesa acostuma a quedar limitada a la zona d'estudi a la qual es va fer i s'ha de concretar la metodologia realitzada, s'ofereixen alguna de les fórmules:
Segons Saña et al (1996), pels sòls catalans i pel mètode de Plaques Richards:

CC(%Aigua p/p) = 0'095(%Sorra)+0'194(%Llim)+0'219(%Argila)+1'43(%MO)

PMP(%Aigua p/p) =0'025(%Sorra)+0'139(%Llim)+0'209(%Argila)+ 0'585(%MO)

La determinació de la capacitat de camp es fa mitjançant el mètode de les plaques Richards (1965). Es tracta d'un equip de plaques de pressió (Richards), el dispositiu del qual permet produir potencials més baixos arribant així fins als -2.000 kPa. Les mostres que estan saturades d'aigua, es deixen equilibrar amb la pressió creada per l'aire. Transcorregut el temps d'equilibri, deixa de fer pressió la càmera d'aire i es determina gravimètricament la humitat.
Fet aquest experiment podríem arribar a saber la capacitat de camp, és a dir el límit entre l'aigua capil·lar i la gravitacional i per tant concretar la màxima quantitat d'aigua que pot retenir el sòl desprès de tres dies d'aportar aigua.
Com no tenim la disponibilitat d'aquestes plaques, per calcular la capacitat de camp hem fet servir les fórmules semi empíriques utilitzades anteriorment.

3.4.3 Resultats de les proves

- Granulometria

Per saber el percentatge d'argila, llim i sorra de cada mostra hem fet les següents operacions:

Mostra 1:

- El resultat de la primera lectura al hidròmetre als 40 segons: 1017'5g/l
- El resultat de la segona lectura al hidròmetre als 4 minuts: 1014'5g/l
- El resultat de la tercera lectura al hidròmetre a les 4 hores: 1009'3g/l
- El resultat de la prova en blanc : 1003'5g/l

Sabent aquestes dades podem conèixer:

1. 1017'5g/l − 1003'5g/l = 14g/l
   14g x 2= 28% → LLIM + ARGILA

2. 1014'5g − 1003'5g/l = 11g/l
   11g x 2 = 22% →LLIM FI + ARGILA

3. 1009'3g/l − 1003'5g/l = 5'8g/l
   5'8g x 2 = 11'6% → ARGILA

Per tant: ARGILA → **11'6%**
LLIM FI → 22% − 11'6% = **10'4%**
LLIM GRUIXUT → 28% − 22% = **6%**
ARENA → 100% − 28% = **72%**

Mostra	%Argila
1	11'6%
2	12%
3	12%
4	8%
5	6'4%
6	4'5%
7	8'4%
8	8%
9	6'4%
10	9'4%
11	9'4%
12	7%
13	10%
14	10%

Mostra	%Llim Fi
1	10'4
2	9%
3	11%
4	8%
5	5%
6	11'5%
7	8'6%
8	6%
9	6%
10	5'6%
11	8'6
12	6%
13	10%
14	9'4%

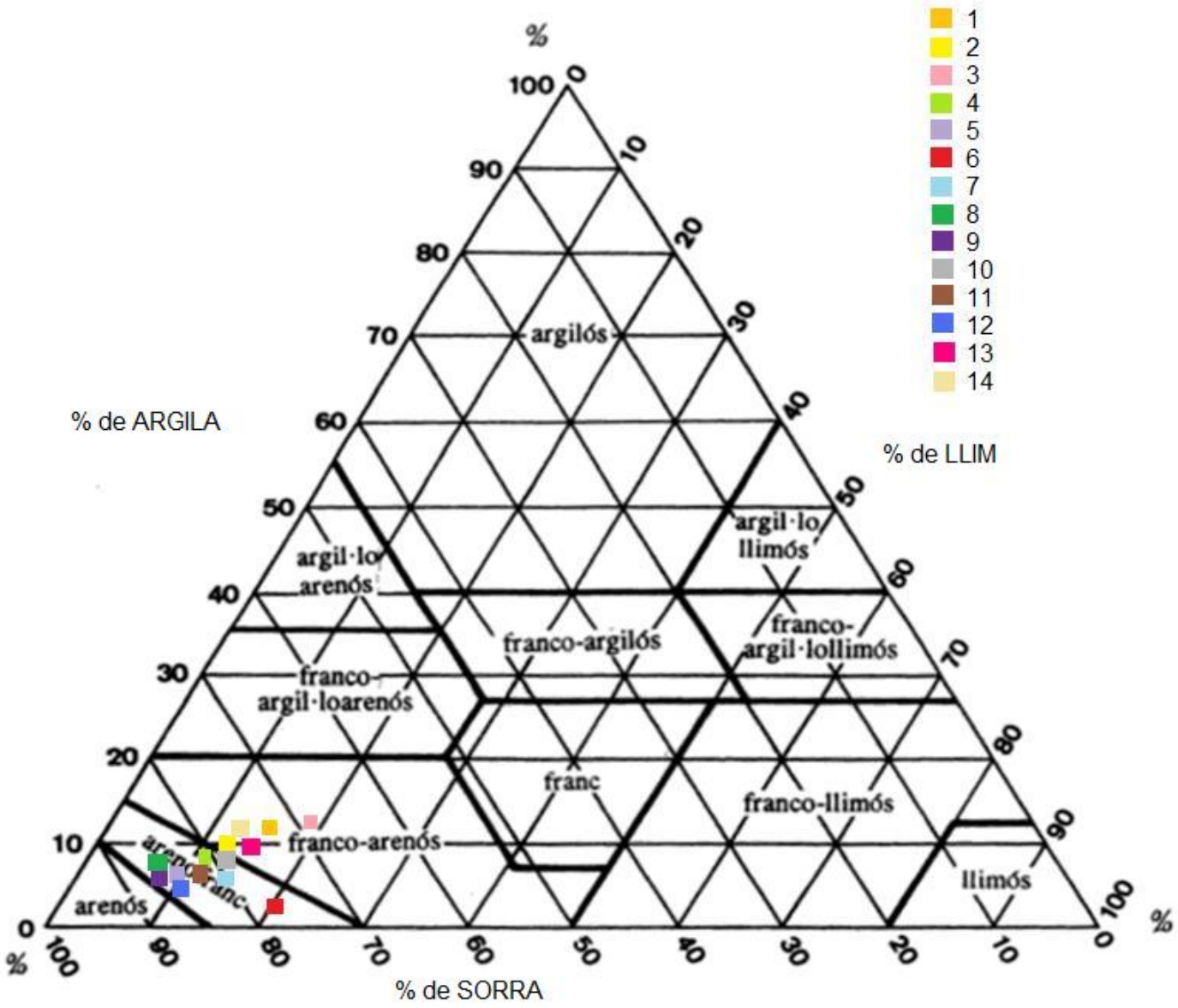
Mostra	%Llim Gruixut
1	6%
2	6%
3	8%
4	4%
5	4'6%
6	7%
7	5%
8	3%
9	3'6%
10	4%
12	3%
12	4%
13	4%
14	4'6%

Mostra	%Sorra
1	72%
2	73%
3	69%
4	80%
5	81%
6	77%
7	78%
8	83%
9	84%
10	81%
11	79%
12	83%
13	76%
14	76%

A partir d'aquests resultats podrem determinar la textura de cada mostra:
Mostra 1: Franco-arenós

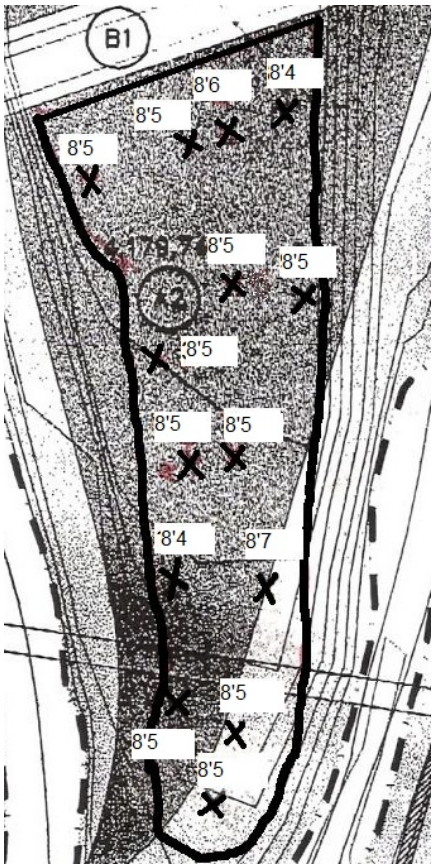
Mostra 2: Franc-arenós (està al límit de arenosa-franc)
Mostra 3: Franc-arenós
Mostra 4: Arenofranc
Mostra 5: Arenofranc (tendència a arenós)
Mostra 6: Arenofranc
Mostra 7: Arenofranc
Mostra 8: Arenofranc (límit d'arenós)
Mostra 9: Arenofranc (límit d'arenós)
Mostra 10: Arenofranc
Mostra 11: Arenofranc
Mostra 12: Arenofranc (al límit d'arenós)
Mostra 13: Arenofranc
Mostra 14: Franc-arenós

En el diagrama següent podem veure cada mostra on està situada en el diagrama triangular:



Com ja hem explicat a l'apartat anterior, el pH l'hem mesurat amb el pH-metre. Els resultats que hem obtingut són els següents:

Mostra	pH
1	8'5
2	8'5
3	8'5
4	8'6
5	8'5
6	8'5
7	8'5
8	8'4
9	8'5
10	8'7
11	8'5
12	8'5
13	8'5
14	8'4



Aquests resultats, a part de fer-los servir com a possible propietat que afecta al sòl, els hem necessitat per calcular altres propietats del sòl com l'índex de formació de crostes.

- <u>Matèria orgànica:</u>

La matèria orgànica l'hem pogut calcular preparant dissolucions amb cada mostra del sòl, com hem explicat a l'apartat anterior, i comparant el seu color amb el dels patrons. A partir d'aquí, depenent del color i per tant, del patró que s'assemblava més hem determinat la matèria orgànica amb l'ajuda de la taula d'equivalències entre el patró i el percentatge de matèria orgànica del sòl.

Els resultats obtinguts han sigut els següents:

Mostra	%MO
1	1'43%
2	1'43%
3	1'14%
4	1'14%
5	1'72%
6	1'14%
7	1'43%
8	0'7%
9	0'885%
10	0'885%
11	1'14%
12	0'57%
13	1'14%
14	1'43%

Aquests resultats també ens serviran per calcular altres propietats del sòl com la porositat.

- Porositat:

Per determinar el percentatge de porositat present a cada mostra del sòl hem fet servir les següents fórmules, esmentades ja anteriorment:

%POROSITAT = (Dr-Da)/Dr x 100

Com que no tenim la densitat real hem fet servir una fórmula semiempírica per trobar-la:

$$Dr = \frac{100}{\frac{MO}{1'5} + \frac{MM}{2'65}}$$

Mostra 1:

Primer de tot calculem la matèria mineral. Aquesta la trobarem restant el 100% de la matèria orgànica (100% − MO = MM)
Per tant, necessitem el percentatge de matèria orgànica el qual tenim a continuació en una taula.
També hem de tenir en compte que necessitem la densitat aparent de cada mostra, la qual hem calculat durant el mostreig, a continuació està la taula dels resultats obtinguts.
Per últim, haurem de calcular la densitat real com mostrem a l'exemple de la mostra 1. Els resultats obtinguts es troben tot seguit.

Mostra	%MO
1	1'43%
2	1'43%
3	1'14%
4	1'14%
5	1'72%
6	1'14%
7	1'43%
8	0'7%
9	0'885%
10	0'885%
11	1'14%
12	0'57%
13	1'14%
14	1'43%

Mostra	Densitat aparent
1	1378'9 g/l
2	1325'4 g/l
3	1442'4 g/l
4	1609'1 g/l
5	1396'2 g/l
6	1353'1 g/l
7	1648'8 g/l
8	1420'6 g/l
9	1424'6 g/l
10	1732'1 g/l
11	1458'3 g/l
12	1550'6 g/l
13	1579'3 g/l
14	1494'0 g/l

Mostra	Densitat real
1	2.621'26g/l
2	2.621'26g/l
3	2.627'04g/l
4	2.627'04g/l
5	2.615'51g/l
6	2.627'04g/l
7	2.621'26g/l
8	2.635'85g/l
9	2.632'14g/l
10	2.632'14g/l
11	2.627'04g/l
12	2.638'47g/l
13	2.627'04g/l
14	2.621'26g/l

➔ Càlcul MM: 100% − 1'43%= 98'57%

➔ Càlcul Densitat Real:

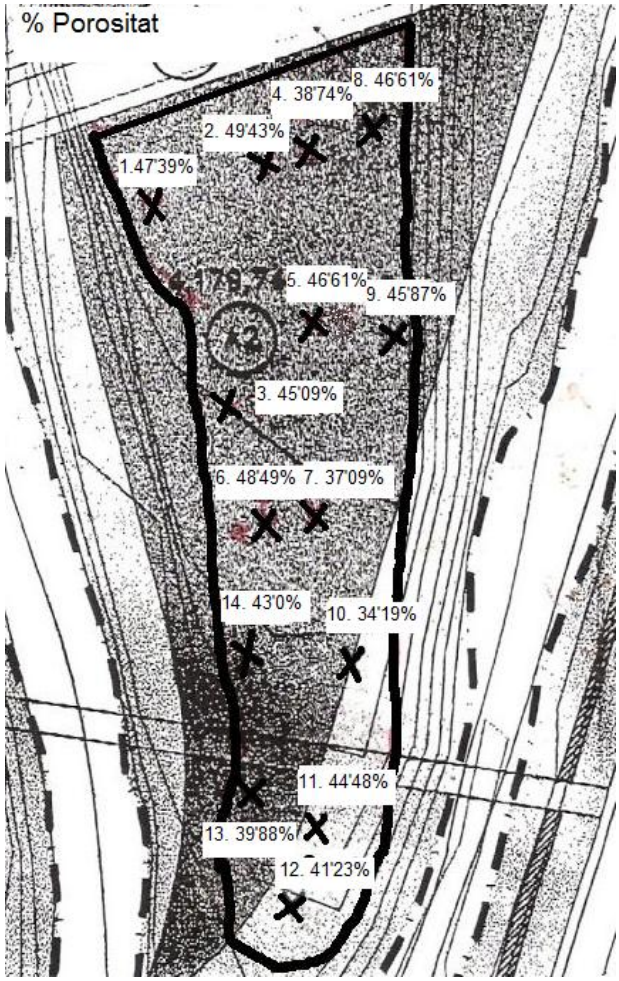
$$Dr = \frac{100}{\frac{1'43}{1'5} + \frac{98'57}{2'65}} = 2'62126Kg/l = 2.621'26g/l$$

➔ Càlcul de la porositat:

%Porositat= (2.6216g/l −1378'9g/l)/2.621'6 x 100=
= **47'38%**

Seguint els passos mostrats amb la mostra 1, així ho hem fet amb la resta de les mostres obtenint, així, els següents resultats:

Mostra	%Porositat
1	47'39%
2	49'43%
3	45'09%
4	38'74%
5	46'61%
6	48'49%
7	37'09%
8	46'10%
9	45'87%
10	34'19%
11	44'48%
12	41'23%
13	39'88%
14	43%



- <u>Índex de risc de formació de crostes:</u>

A partir de la fórmula que utilitzarem podrem determinar l'índex de formació de crostes de cada mostra.
Hem de tenir en compte que per calcular-ho necessitarem el pH, els percentatges de llim fi, llim gruixut, argila i matèria orgànica.
Un altre factor important que també hem de precisar és la C, que dependrà del pH a l'aigua. Si aquest és menor o igual a 7 → C= 0, però si és major que 7 → C=0'2 (pH−7).

$$IRFC = \frac{1'5\ (\%llim\ fi) + 0'75\ (\%llim\ gruixut)}{\%\ argila + 10\ (\%MO) - C}$$

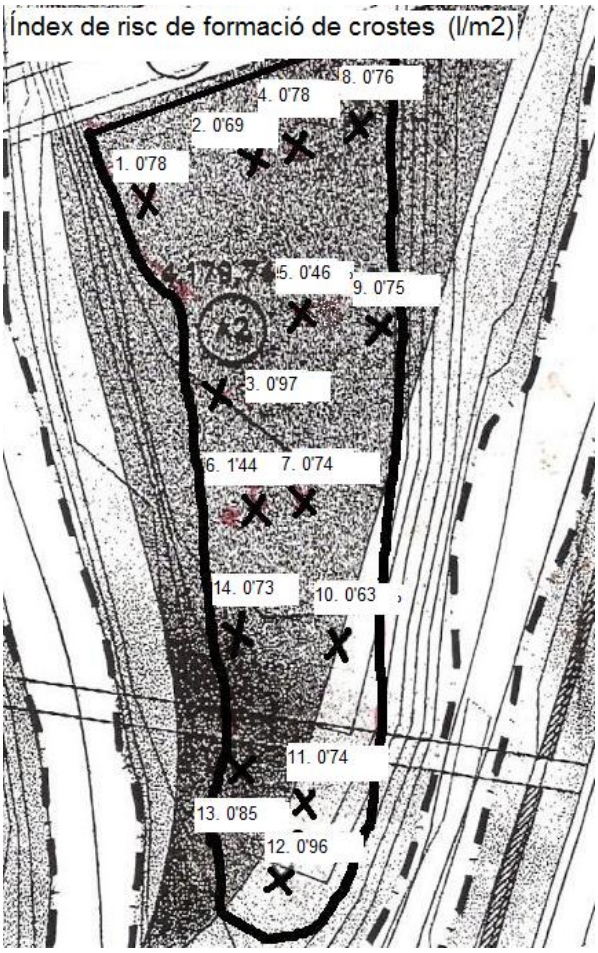
Mostra 1:

- ➔ Primer calculem la C: C= 0'2 (8'5−7) = 0'3
- ➔ Calculem IRFC sabent els percentatges mostrats a la taula anterior i calculats a l'apartat de granulometria:

$$IRFC = \frac{1'5\ (10'4) + 0'75\ (6)}{11'6 + 10\ (1'43) - 0'3} = 0'78$$

Per tant, els resultats que hem obtingut seguint els passos anteriors (a la mostra 1) són els següents:

Mostra	l/m2IRFC
1	0'78
2	0'69
3	0'97
4	0'78
5	0'46
6	1'44
7	0'74
8	0'76
9	0'75
10	0'63
11	0'74
12	0'96
13	0'85
14	0'73



- <u>Capacitat d'aigua disponible (CRAD):</u>

$$\textbf{CRAD} = \frac{Kg\ terra\ fina\ x\ (CC - PMP)litres\ x\ Da(Kg/m^3)\ x\ p\ (metres)}{10.000}$$

A partir d'aquesta fórmula podem saber la capacitat d'aigua disponible (l/m^2). Hem de tenir en compte que utilitzant-la hem de conèixer la capacitat de camp i el punt de marciment permanent. Com que no tenim disponibilitat de les plaques Richards, les quals ens permeten calcular el punt de marciment permanent, hem utilitzat les fórmules semi empíriques, citades anteriorment.

CC(%Aigua p/p) = 0'095(%Sorra)+0'194(%Llim)+0'219(%Argila)+1'43(%MO)

PMP(%Aigua p/p) =0'025(%Sorra)+0'139(%Llim)+0'209(%Argila)+ 0'585(%MO)

Com que ja coneixem els percentatges de sorra, llim, argila i de matèria orgànica, només s'hauran d'aplicar els resultats a les fórmules.

Mostra 1:

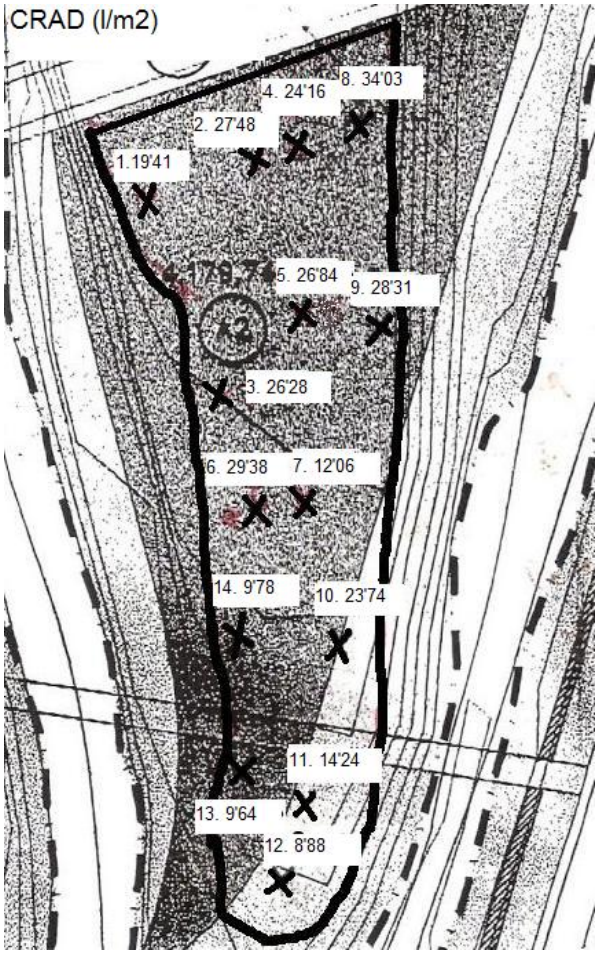
- ➔ CC(%Aigua p/p) = 0'095(72)+0'194(16'4)+0'219(11'6)+1'43(1'43)= 14'60
- ➔ PMP(%Aigua p/p)=0'025(72)+0'139(16'4)+0'209(11'6)+0'585(1'43)= 7'34

$$\textbf{CRAD} = \frac{48'49 \times (14'60 - 7'34)\text{l} \times 1.378'9 \times 0'4}{10.000} = 19'41\text{l/m}^2$$

Hem utilitzat el kg de terra fina present a cada mostra i una profunditat de 0'4metres.
Seguint els darrers passos a totes les mostres hem determinat la CRAD de cadascuna d'elles:

Mostra	%Terra fina
1	48'49%
2	71'41%
3	66'99%
4	51'42%
5	62'36 %
6	73'17%
7	24'31%
8	85'9%
9	68'81%
10	48'69%
11	36'20%
12	20'73%
13	21'36%
14	22'12%

Mostra	CRAD(l/m^2)
1	19'41 l/m^2
2	27'48 l/m^2
3	26'28 l/m^2
4	24'16 l/m^2
5	26'84 l/m^2
6	29'38 l/m^2
7	12'06 l/m^2
8	34'03 l/m^2
9	28'31 l/m^2
10	23'74 l/m^2
11	14'24 l/m^2
12	8'88 l/m^2
13	9'64 l/m^2
14	9'78 l/m^2



- <u>Carbonats:</u>

Per calcular els carbonats primer hem determinat la quantitat de CO_2 que s'ha després durant la prova per així, després, utilitzar les següents fórmules per calcular el percentatge de carbonats a cada mostra:

$$\text{grams de carbonats en la mostra } (CaCO_3) = \frac{\text{ml de } CO_2 \times 100}{22.400}$$

$$\text{\%de carbonats en el sòl } (CaCO_3) = \frac{\text{g de } CaCO_3 \text{ en la mostra} \times 100}{\text{Pes en g de la mostra}}$$

Mostra 1:

- ➔ Calcular el CO_2 després: 85'8ml −26ml = 59'8 ml $CO_{2\,(g)}$
- ➔ Calcular els g de carbonats en la mostra= $\frac{59'8\text{ml} \times 100}{22.400}$ = 0'2669g $CaCO_3$
- ➔ Calcular % $CaCO_3$ al sòl = $\frac{0'2669\text{g} \times 100}{0'50\text{g}}$ = 53'39% $CaCO_3$

Fent-ho així a totes les mostres podem treure'n els següents resultats:

Mostra	ml CO_2
1	59'8
2	53'4
3	40'2
4	51'4
5	53'8
6	48'0
7	34'2
8	35'2
9	41'0
10	50'0
11	64'2
12	62'4
13	66'6
14	58'0

Utilitzant la fórmula..

Mostra	%Carbonats
1	53'39%
2	47'67%
3	35'89%
4	45'89%
5	48'03%
6	42'85%
7	30'53%
8	31'42%
9	36'60%
10	44'64%
11	57'32%
12	55'71%
13	59'46%
14	51'78%

- <u>Conductivitat elèctrica:</u>

Per calcular la conductivitat elèctrica hem seguit els passos explicats a l'apartat anterior i fent les següents operacions hem obtinguts els següents resultats:

Hem de tenir en compte que el conductímetre ens mostra la temperatura a la qual es troba la mostra. A partir d'aquesta i de la taula mostrada anteriorment haurem de multiplicar pel nombre que la taula ens digui (dependrà de la temperatura).

Mostra 1:

➔ El conductímetre marca: 450µS / Tº= 20'2ºC

➔ Per tant: 0'45mS x 1'0340 = 0'4653 mS/cm

Fent aquest procés a totes les mostres obtindrem els resultats presents a la taula:

Mostra	Conductivitat elèctrica, mS/cm
1	0'4653 mS/cm
2	0'4876 mS/cm
3	0'4502 mS/cm
4	0'4770 mS/cm
5	0'5115 mS/cm
6	0'4485 mS/cm
7	0'5869 mS/cm
8	0'4826 mS/cm
9	0'5375 mS/cm
10	0'3099 mS/cm
11	0'4607 mS/cm
12	0'4111 mS/cm
13	0'4782 mS/cm
14	0'6770 mS/cm

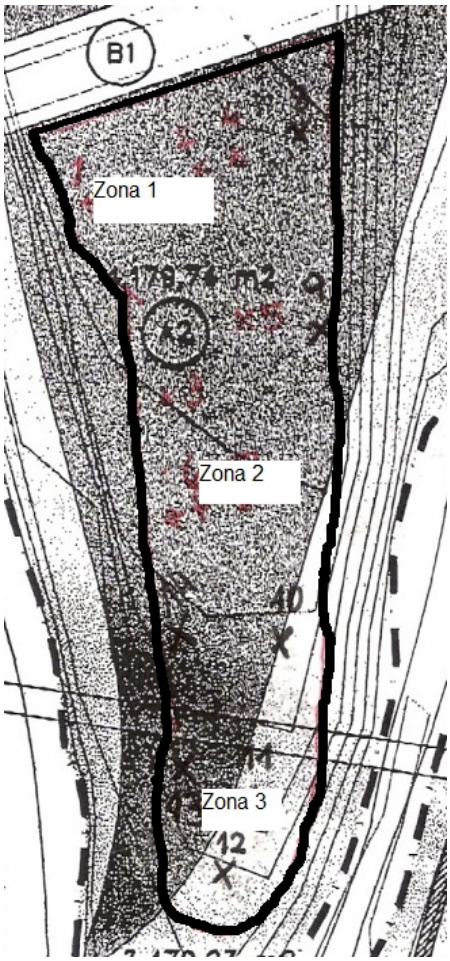
- Velocitat d'infiltració

Hem escollit tres diferents zones per dur a terme la velocitat:

Zona 1: 80mm/h

Zona 2: 21'9mm/h

Zona 3: 120mm/h



3.4.4 Conclusió de cada prova

Després d'haver realitzat les proves i extreure'n resultats, en aquest apartat analitzarem els resultats obtinguts en l'apartat anterior per tal de treure les primeres conclusions de cada prova i fer una aproximació a la conclusió general per a veure si la hipòtesi plantejada en aquest treball correspon a les dades obtingudes finalment.

- Granulometria:

A partir dels resultats de la classe textural de cada mostra on hem calculat els percentatge d'argila, llim fi, llim gruixut i sorra, podem afirmar que hi ha una elevada tendència a un elevat percentatge de sorra degut a la percol·lació i a la manca de retenció d'aigua útil per la planta. Com podem veure als resultats, quasi totes les textures de les mostres són arenofranc o bé franc-arenós.
Així doncs, aquest fet ens fa veure que la textura pot ser un factor que influeix negativament en el creixement de la planta en tota la vinya.

- pH

Si ens fixem amb la variació del pH veiem que no n'hi ha gaire sinó que totes les mostres es mantenen entre 8'5 i 8'7. Per tant el sòl en tot el terreny es considera alcalí. El pH que es considera més favorable per la vinya és de 7 a 8'5, per tant, la vinya està al límit de tenir el pH bàsic. Podem afirmar, doncs, que el pH pot afectar al creixement de la planta ja que és alcalí però no és el factor que fa créixer diferent la vinya a una banda que a l'altre ja que els resultats obtinguts no ens donen proves de què el pH en una banda sigui diferent que en l'altra.

- Matèria orgànica

Ens trobem davant d'un sòl pobre en matèria orgànica ja que es considera favorable quan la matèria orgànica és major que el 2%, i en el nostre cas, en totes les mostres analitzades ens trobem que la matèria orgànica sempre és menor que 2%.

- Porositat

Segons els resultats obtinguts, podem afirmar que ens trobem davant de sòls lleugers i sòls mitjos. Per tant, la velocitat d'infiltració per aquests sòls serà molt ràpida fent així que l'arrel de la planta, l'aparell radicular li costi molt d'agafar l'aigua. Aquesta arrel haurà de fer un sobreesforç per intentar agafar aigua d'horitzons més baixos.

- Índex de risc de formació de crostes

Com podem veure en els resultats, hi ha poca tendència a formar crostes la qual cosa facilita la infiltració d'aigua de pluja i alhora no es produeix excessives compactacions del sòl.

La possibilitat d'infiltració d'aigua de pluja és màxima i com que no hi ha compactació a la part superficial del sòl, no es podran formar crostes que impermeabilitzin l'aigua de la pluja per tal de què la planta la pugui retenir.

- Capacitat d'aigua disponible

Fent un anàlisi dels resultats obtinguts, podem afirmar que el terreny reté poca aigua ja que la CRAD de cada mostra ens surt que l'aigua disponible per la planta és molt baixa i per tant, de moment, podem suposar que la velocitat d'infiltració també ens donarà molt elevada.

- Carbonats

Després d'analitzar els resultats, ens adonem que la vinya està altament saturada en carbonats. Hem de tenir en compte que hem expressat els carbonats en $CaCO_3$ però això no implica que el tant per cent trobat sigui tot de $CaCO_3$ ja que n'hi poden haver altres carbonats com el de magnesi.

- Conductivitat elèctrica

A partir de la taula la qual ens indica els valors pels quals el sòl serà salí o no, podem afirmar que cap de les mostres té salinitat i per tant és un factor favorable pel creixement de les plantes.
Aquesta propietat, per tant, no és limitant pel creixement de la planta ja que no té salinitat. Així doncs, arribem a la conclusió que el fet que hi hagi plantes que a un lloc creixin malament i a l'altre millor no ho condiciona la conductivitat elèctrica. Pràcticament la vinya és uniforme en quant a conductivitat i la salinitat, i conseqüentment es pot descartar com a factor causant de la proliferació de la vinya.

- Velocitat d'infiltració

Fent una lectura dels resultats obtinguts podem afirmar que la velocitat d'infiltració en les tres zones estudiades és molt elevada però tot i així a la zona 3 ho és encara més. Aquest fet ho podrem relacionar amb el creixement diferencial de la planta.

4. Conclusions finals

El sòl ideal pel desenvolupament de la vinya és el poc pedregós i de textura ni molt arenosa ni molt argilosa, és a dir franca. En el sòls estudiats, trobem textures franc-arenoses i areno-franques que s'acosten a les textures arenoses, poc adequades pel desenvolupament de la vinya.

Dels paràmetres estudiats hem trobat que n'hi ha almenys cinc que poden condicionar al creixement de la planta.

En primer lloc, la velocitat d'infiltració de l'aigua és molt elevada, per tant, a la planta li serà més difícil retenir aigua i haurà de fer un sobreesforç en l'aparell radicular. La classe textural predominant és arenofranca i per tant, ens trobem davant d'un sòl amb porositat elevada que és inversament proporcional a la capacitat de retenció d'aigua disponible; la humitat del sòl és, doncs, baixa i aquest factor, també condicionarà el creixement de la planta.

Un altre aspecte important és que hi ha poca tendència a formar crostes (compactacions que impermeabilitzen el sòl) i aquesta és una altra raó per la qual la velocitat d'infiltració és tant elevada.

Hem observat un gradient en les propietats estudiades que podria justificar el creixement desigual en la zona nord i sud de la vinya (la CRAD i la velocitat d'infiltració).

El sòl analitzat no presenta doncs, les característiques més adequades pel desenvolupament de les plantes de la vinya.

La hipòtesi plantejada es confirma ja que el sòl condiciona el creixement de la vinya i pel gradient d'algunes propietats observades en la vinya estudiada es pot afirmar que les diferències de creixement poden ser degudes a les propietats del sòl.

Després de dur a terme aquest treball, se'm plantegen nous interrogants. Aquests serien:

- Els peus plantats es corresponen amb les varietats de vinya adaptades a aquest tipus de sòl?
- L'austeritat amb què creixen les vinyes està relacionada amb la qualitat i quantitat de vi que s'obté d'aquesta vinya?

També faria propostes de millora en la metodologia:

- Tenint en compte que no hi ha cap estudi previ, seria interessant repetir les proves més d'una vegada per tal de contrastar els resultats.

- Agafar més mostres de sòl de la part de la parcel·la on la vinya creix malament ja que tan sols he analitzat tres mostres.

A partir d'aquest treball de recerca es poden obrir noves investigacions que estudiïn altres paràmetres que no s'han tingut en compte en aquest treball.

M'agradaria que aquest treball fos útil per altres propostes de treballs de recerca com:

- Fer un estudi detallat del creixement de la planta en les diferents estacions de l'any.
- Comparar el creixement de les plantes estudiades amb una altra vinya fet que comportaria aprofitar aquest treball per fer l'estudi previ de les propietats del sòl.
- Estudiar altres propietats del sòl que no s'han tingut en compte en aquest treball.
- Fer un estudi sobre la relació que hi ha entre la qualitat del sòl amb la producció de les vinyes.
- Fer un estudi de la idoneïtat de les soques de la vinya plantada en aquest tipus de sòl.
- Fer un estudi de la qualitat del vi obtingut a partir dels raïms de la vinya estudiada.

5. Bibliografia

He utilitzat diferents llibres i pàgines web per tal de fer la part teòrica del treball i per fer els anàlisis del sòl.

http://www.ingeba.euskalnet.net/liburua/cursosup/barrios/barrios.htm

Amb aquesta pàgina vaig poder determinar l'origen de l'edafologia i el seu desenvolupament i alguns conceptes fonamentals del sòl com per exemple, distingir els diferents horitzons.

- http://www.edafologia.net/introeda/tema00/progr.htm
- http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PropFisicas.htm
- http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=810

Aquestes pàgines m'han ajudat a fer l'explicació de les propietats del sòl i les seves característiques.

- http://www.xtec.net/centres/a8031711/depcn/diccgeo1.htm

Es tracta d'un diccionari sobre la geologia i m'ha ajudat a aclarir conceptes específics.

- http://ambientals.iespana.es/educacio_ambiental9.htm

M'ha proporcionat informació sobre els factors que intervenen en la formació del sòl i la formació dels horitzons.

- http://www.xtec.es/~mlopez16/UD2%20NA4.pdf

M'ha ajudat a aclarir el concepte de sòl i la seva estructura.

Totes les pàgines m'han ajudat a ampliar cada cop més els conceptes previs per a que em pugui adaptar millor al tema. La majoria de les pàgines web tenen apartats en comú que m'han servit per reforçar les idees principals i alguns conceptes que no havia aclarit anteriorment.

Els llibres o enciclopèdies que he utilitzat han estat:

- Enciclopèdia NATURAL DELS PAÏSOS CATALANS
  Folch i Guillen, Ramón
  Ed. enciclopèdia catalana.
  Primera edició maig de 1987

A partir d'aquesta enciclopèdia he pogut recollir informació sobre l'origen del sòl, les seves parts i algunes propietats importants com la textura, la densitat i la porositat.

- Manual de geografia física
  V. M. Rosselló, J.M. Panareda i A. Pérez Cueva
  Universitat de València

- Tratado de viticultura general
  Hidalgo, Luis
  Ediciones Mundi-Prensa
  Primera edició 1993

- Agenda de campo de suelos
  Jaume Porta Casanellas i Marta López Regurín
  Ediciones Mundi-Prensa
  Primera edició 2005

- Edafolofía aplicada
  Cobertera, Eugenio
  Ed. Catedra
  Primera edició 1993

- Caracterización de suelos
  Badía Villas, David
  Ed. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Saragoza
  Primera edició 2002

Aquests llibres m'han informat sobre els protocols per analitzar el sòl i m'han ajudat treure conclusions dels resultats gràcies a la interpretació que es fa de cada propietat del sòl segons els resultats.