

EXPLOREM EL SÒL

Guia d'aprenentatge i servei per treballar la qualitat del sòl

CREAF, UdL i Cesire



**Generalitat
de Catalunya**



CREAF



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



**Universitat
de Lleida**



**Cofinançat per
la Unió Europea**

cesire

Autors

CREAF: *Àngela Ribas Artola i Juana Hallat Sánchez*

UdL: *Rosa M^a Poch*

CESIRE: *Oriol Guinart*

Coordinat

Departament d'Educació i FP: *Ares Montardit Albertí*

Índex

1.	Resum.....	7
2.	Antecedents i context.....	11
	Els sòls: un sistema natural clau en el context actual.....	13
	Els sòls agrícoles.....	13
	Sòls urbans per a ciutats i pobles més resilients.....	14
	Sòls forestals: la base invisible de la resiliència ecològica.....	15
	Explorem el sòl en el context actual.....	16
3.	Metodologia.....	19
	3.1 L'aprenentatge servei.....	21
	3.2 La ciència ciutadana	22
	3.3 Destinataris.....	22
	3.4 Competències a treballar	22
	3.5 Competències específiques i sabers en Biologia i Geologia.....	23
	3.6 Experiències prèvies d'aprenentatge servei en qualitat del sòl.....	25
4.	Objectius.....	29
5.	Continguts generals.....	35
	5.1 La salut planetària.....	37
6.	Contingut de les sessions.....	39
	6.1 Cronograma	41
	6.2 Seqüència de les sessions. Organigrama estructural.....	42
	6.3 Las sessions, pas a pas.....	45
	Sessió 1. El sòl i la seva qualitat.....	45
	Sessió 2. La qualitat del nostre sòl: Sortida de camp: observació i recollida de mostres.....	55
	Sessió 3. Avaluació de propietats físiques.....	67
	3.a Determinació del color del sòl	67
	3.b Densitat aparent i porositat.....	68
	3.c Granulometria de la terra fina: determinació de la textura.....	70

Sessió 4. Propietats químiques.....	75
4.a Determinació del contingut d'aigua al sòl.....	75
4.b Determinació de la quantitat de matèria Orgànica del sòl.....	76
4.c Mètode per a detectar la presència de sulfats i clorurs.....	77
4.d Determinació dels carbonats.....	79
4.e Determinació del pH i conductivitat elèctrica del sòl.....	80
Sessió 5. Estudi de la biodiversitat edàfica a través dels microartròpodes....	83
Per saber una mica més de....Col·lèmbols	87
Per saber una mica més dels....Àcars.....	89
Sessió 6. Avaluació de la qualitat del sòl i detecció dels principals impactes al municipi.....	87
Referències bibliogràfiques per ordre de citació.....	95
Altres recursos i Webgrafia.....	96
Annexos.....	99

1. Resum

Explorem el sòl és un projecte impulsat per la Generalitat de Catalunya, amb el suport dels Fons Europeus, en el marc del **Mecanisme de Descoberta d'Oportunitats de la RIS3CAT 2030**. Ha estat dissenyat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (**CREAF – UAB**) en col·laboració amb la Universitat de Lleida (**UdL**). **L'objectiu principal és sensibilitzar l'alumnat i fomentar el seu compromís amb la millora de la qualitat dels sòls en entorns propers**, com ara escoles i espais municipals.

A través de la mesura d'**indicadors de qualitat i fertilitat** en aquests entorns, el projecte promou la consciència ambiental i genera dades clau per impulsar polítiques públiques més eficients en la gestió d'un recurs essencial: el sòl. Aquest element és fonamental per a la seguretat alimentària, la qualitat dels sistemes terrestres i és estratègic en la lluita contra l'emergència climàtica. D'aquesta manera, el projecte contribueix a protegir la salut de la comunitat educativa i de la ciutadania, alhora que fomenta una gestió sostenible del territori.

Aquest document és una guia pràctica per a docents i entitats que vulguin dissenyar i desplegar projectes d'avaluació de la qualitat del sòl i detecció dels impactes que el deterioreen a escala local. La metodologia combina **Aprenentatge i Servei (ApS)** amb **Ciència Ciutadana**, oferint una eina estructurada per implicar l'alumnat en la generació de coneixement i en accions transformadores. Aquesta proposta ofereix als centres educatius una via eficaç per abordar aquesta problemàtica, activant els estudiants com a científics ciutadans que, a través de la investigació real, contribueixen directament al servei de la seva comunitat.

2. Antecedents i context

Els sòls: un sistema natural clau en el context actual

Els sòls són molt més que un suport físic per a les activitats humanes i els ecosistemes, són un recurs natural essencial per a la regulació climàtica, la gestió de l'aigua, la producció d'aliments i la conservació de la biodiversitat. Davant els impactes creixents del canvi climàtic, la salut i la funcionalitat dels sòls —urbans, agrícoles i forestals— esdevenen determinants per a la resiliència ecològica i social.

Aquesta guia té com a objectiu donar a conèixer els sòls i les seves propietats, alhora que convida a reflexionar sobre com el canvi climàtic i global influeixen en aquestes característiques. També vol posar en relleu com una gestió sostenible del sòl, basada en indicadors de qualitat, pot ajudar a mitigar els efectes dels canvis actuals i a adaptar els territoris als nous escenaris ambientals. Des de les ciutats fins als camps i boscos, protegir i regenerar els sòls és una aposta estratègica per garantir un futur més sostenible.

Els sòls agrícoles

El canvi climàtic està provocant impactes cada cop més evidents en els agroecosistemes europeus i catalans. Les collites són més variables, sovint menys abundants i de menor qualitat, mentre que els costos de producció augmenten. Aquestes alteracions estan estretament relacionades amb canvis en factors ambientals com la concentració de CO₂, la temperatura i les precipitacions. Al nord d'Europa es preveu una millora de les condicions per al cultiu, però al sud —inclosa la regió mediterrània— les condicions més seques i caloroses podrien reduir els rendiments abans del 2050 fins a un 50 % en cultius com el blat o el blat de moro entre d'altres¹.

En aquest escenari, **el sòl esdevé un element clau per a la resiliència agrícola**. La seva qualitat, estructura i capacitat de retenció d'aigua són determinants per a la resistència dels cultius davant fenòmens extrems com les sequeres, les tempestes o les onades de calor. A més, el sòl actua com a **reservori de carboni**, contribuint a mitigar les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH). Els ecosistemes terrestres ben gestionats podrien absorbir fins a un terç de les emissions antropogèniques de CO₂².

Tanmateix, l'agricultura també és responsable d'una part significativa d'aquestes emissions: representa prop del 10 % del total a la UE, principalment per metà (CH₄) del bestiar i arrossars, òxid de nitrogen (N₂O) dels fertilitzants i CO₂ derivat de l'ús del sòl. Per revertir aquesta tendència, cal apostar per una **agricultura climàticament intel·ligent**, que protegeixi i regeneri el sòl mitjançant pràctiques com la rotació de cultius, la gestió correcta de fertilitzants químics, la valorització dels residus orgànics al sòl i la conservació de la matèria orgànica³.

A Catalunya, els sòls agrícoles també pateixen els efectes del canvi climàtic i de pràctiques intensives. Fenòmens com la salinització del sòl al delta de l'Ebre, l'erosió dels sòls, la pèrdua de fertilitat i la reducció de la biodiversitat edàfica comprometen la viabilitat de molts cultius, posant en perill la seguretat alimentària. Davant d'aquest escenari, la Generalitat impulsa projectes com **"Carboni al sòl"**, integrat dins l'**Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic (ESCACC30)**, que promouen pràctiques agronòmiques sostenibles per millorar la qualitat del sòl i potenciar la

seva capacitat de segrest de carboni^{4,5,6}. Aquestes mesures inclouen: la fertilització orgànica, la reducció del treball del sòl, la gestió de residus agrícoles, la restauració de sòls degradats i sistemes de **pagament per serveis ambientals**, que reconeixen el valor dels agricultors que contribueixen a la sostenibilitat del territori i a la qualitat del medi ambient en general⁷.

En definitiva, **tenir cura del sòl agrícola** és essencial per garantir la producció d'aliments, la salut ambiental i la resiliència climàtica. Tant a Europa⁸ com a Catalunya i la regió Mediterrània⁹, el sòl no és només un factor de producció, sinó un recurs natural que cal protegir.

Sòls urbans per a ciutats i pobles més resilients

Els **sòls urbans** són un recurs natural essencial per a la salut ambiental de les ciutats. Tot i això, sovint són ignorats en la planificació urbana i climàtica. El canvi climàtic intensifica els reptes que ja afronten aquests sòls: les onades de calor, les pluges torrencials i les sequeres prolongades alteren la seva estructura, redueixen la capacitat de retenció d'aigua i afavoreixen la compactació, la contaminació i la pèrdua de biodiversitat¹⁰.

A diferència dels sòls agrícoles, els sòls urbans estan sovint **segellats** amb asfalt o formigó, cosa que limita la seva capacitat de regular la temperatura, absorbir l'aigua de pluja i emmagatzemar carboni. A Barcelona, per exemple, el 72 % del sòl està impermeabilitzat, fet que intensifica l'efecte illa de calor i augmenta el risc d'inundacions. Malgrat aquestes amenaces, els sòls urbans tenen un gran potencial de **mitigació**. Quan estan sans i ben gestionats, poden actuar com a embornals de carboni, afavorir la infiltració d'aigua, millorar la qualitat de l'aire i reduir la temperatura mitjançant l'evapotranspiració de la vegetació. A més, són fonamentals per a la biodiversitat urbana, la regulació hídrica i la producció d'aliments en entorns urbans¹⁰.

Per gestionar-los adequadament, cal utilitzar **indicadors de qualitat del sòl** que permetin a tècnics i planificadors urbans avaluar-ne l'estat funcional. Indicadors com la textura, la densitat aparent, el pH, la matèria orgànica, la conductivitat elèctrica i l'estabilitat d'agregats són especialment útils per relacionar la qualitat del sòl amb el rendiment de la vegetació urbana. Aquests indicadors permeten identificar zones vulnerables, prioritzar intervencions i dissenyar espais verds més eficients i resilients¹¹.

A Catalunya, s'estan incorporant eines com l'**índex de devolució ecològica de l'espai urbà (IDEEU)**, que mesura la capacitat dels teixits urbans per retornar serveis ecosistèmics com la regulació climàtica, la infiltració d'aigua o la biodiversitat. Aquest indicador s'està aplicant en projectes com el *22@ més sostenible* i la *millora urbanística dels barris de Gràcia*, integrant-lo en la normativa urbanística com a estàndard ambiental mínim^{12,13,14}.

La **EU Mission "A Soil Deal for Europe"**¹⁵ inclou específicament els **sòls urbans** dins del seu abast. Segons la documentació oficial, la missió té com a objectiu establir **100 laboratoris vius i fars de coneixement en zones rurals i urbanes** per liderar la transició cap a **sòls saludables abans del 2030**¹⁶. Entre els seus objectius específics destaquen l'**aturada de la impermeabilització del sòl**, l'**augment de la reutilització dels sòls urbans**, i la **reducció de la contaminació** amb la millora dels

processos de **restauració**. Això confirma que la missió no se centra exclusivament en sòls agrícoles o forestals, sinó que també aborda els **reptes específics dels entorns urbans**¹⁷, com la **degradació derivada de la urbanització**, la **contaminació** i la **manca de reutilització** del sòl. En definitiva, **protegir i regenerar els sòls urbans** és una oportunitat per transformar les ciutats en espais més saludables i resilients¹⁸. Els indicadors de qualitat del sòl són eines estratègiques que permeten fer visible aquest recurs invisible i integrar-lo en les polítiques urbanes del segle XXI.

Sòls forestals: la base invisible de la resiliència ecològica

Els sòls forestals són molt més que el suport físic dels boscos: actuen com a reservoris de carboni, reguladors hídrics, font de nutrients i hàbitat per a una gran diversitat de microorganismes. De fet, poden emmagatzemar fins al 70 % del carboni total dels ecosistemes forestals, sovint més que la biomassa aèria dels arbres. Aquesta capacitat converteix el sòl forestal en una peça clau en la lluita contra el canvi climàtic¹⁹.

Tanmateix, l'escalfament global està alterant profundament el seu funcionament. L'augment de les temperatures accelera la descomposició de la matèria orgànica, alliberant CO₂ i reduint la capacitat de segrest de carboni. Experiments en boscos tropicals han mostrat increments de fins al 204 % en la respiració del sòl en condicions de calor extrema. A més, la pèrdua de matèria orgànica redueix la capacitat del sòl per retenir aigua i nutrients, augmentant la vulnerabilitat dels boscos a sequeres, incendis i plagues²⁰.

A Catalunya, s'han observat emissions puntuals de fins a 1.200 mg de CO₂/m²/h en parcel·les forestals, evidenciant la fragilitat d'aquests ecosistemes davant del canvi climàtic. Problemes com la compactació del sòl, l'erosió i la pèrdua de biodiversitat edàfica s'agregen en zones de secà i en boscos densificats per l'abandonament rural i la manca de gestió. Tot i això, hi ha marge d'actuació. La gestió forestal sostenible pot protegir i regenerar els sòls forestals, afavorint la seva capacitat de segrestar carboni i resistir els impactes climàtics. Estratègies com la diversificació d'espècies, les aclarides selectives, la restauració de sòls degradats, la gestió adaptativa del bosc i l'ús de residus orgànics com a fertilitzants són fonamentals²¹.

Les polítiques europees, com l'*Estratègia Forestal de la UE per al 2030* i la *Llei de Restauració de la Natura*, reconeixen el paper dels sòls forestals en la resiliència climàtica i promouen accions per millorar-ne la salut. A Catalunya, projectes com "Carboni al sòl"²² impulsen pràctiques forestals sostenibles, i centres com el CREAM recomanen integrar el sòl en les polítiques territorials, reconeixent-lo com un recurs natural essencial.

En definitiva, els sòls forestals són la base invisible però vital per a la salut dels boscos i per a la lluita contra el canvi climàtic. Protegir-los i gestionar-los amb criteris científics és una inversió directa en el futur del territori.

Explorem el sòl en el context actual

Explorem el sòl és un projecte que té com a objectiu sensibilitzar i activar els estudiants en el compromís per una millor qualitat dels sòls als seus municipis. A través de la mesura d'indicadors de qualitat i fertilitat dels sòls als entorns escolars i municipals, el projecte promou la consciència ambiental i genera dades clau per impulsar millores en les polítiques públiques, protegint així la salut de la comunitat educativa i de la ciutadania en general.

Actualment, tant en l'àmbit europeu com català, existeixen diverses iniciatives que promouen l'estudi, seguiment i millora de la qualitat del sòl, amb enfocament científics, tècnics i polítics. D'entre els més rellevants, destaquem, **en l'àmbit Europeu**:

- EU Soil Observatory (EUSO) Plataforma impulsada pel Joint Research Centre de la Comissió Europea que recull dades harmonitzades sobre l'estat del sòl a la UE. Proporciona indicadors sobre erosió, carboni orgànic, nutrients i degradació, i dona suport a polítiques com la Estratègia del Sòl per al 2030, la PAC i el Green Deal.
- LUCAS Soil Survey. És l'única enquesta harmonitzada a escala europea sobre sòls. Recull mostres periòdiques per analitzar propietats com el carboni orgànic, la textura, el pH i la salinitat.
- Mission Soil – Horizon Europe. Iniciativa de recerca que busca garantir que el 75 % dels sòls europeus siguin saludables el 2030. Dins d'aquest marc, s'impulsen diversos **projectes**, entre els quals destaquen especialment **LOESS** i **CURIOSOIL**, que posen un èmfasi clar en la dimensió educativa i de sensibilització ciutadana.
- Indicadors de qualitat del sòl en la PAC i els ODS. La Comissió Europea utilitza indicadors com l'erosió i el carboni orgànic per avaluar l'impacte de les polítiques agràries i ambientals sobre el sòl.

A nivell **català** destaquem:

- Projecte Carboni al Sòl, Coordinat per l'IRTA, CREAM, CTFC i altres entitats, aquest projecte promou pràctiques agràries i forestals sostenibles per millorar la qualitat del sòl i potenciar el segrest de carboni. Inclou protocols de seguiment, parcel·les experimentals i suport a la certificació.
- Xarxa d'Estacions de Mesura de Paràmetres Físics dels Sòls (XMS-Cat) Impulsada per l'ICGC, aquesta xarxa recull dades en temps real sobre humitat i temperatura del sòl en diferents zones de Catalunya, especialment en vinyes de secà. Les dades s'utilitzen per estudis climàtics, hidrològics i agrònomic.

- AgriCarboniCat i AgriRegenCat. Projectes finançats pel Fons Climàtic de la Generalitat que estudien tècniques regeneratives per millorar la salut del sòl i capturar carboni en conreus catalans. Inclouen seguiment de fertilització orgànica, reducció del llaurat i biodiversitat funcional.
- Projecte de Cartografia de Sòls de Catalunya de l'ICGC. L'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya ha publicat el mapa de sòls de Catalunya a escala 1:250.000 i està realitzant el mapa 1:25.000, mitjançant un programa plurianual. La base de dades de sòls que té permet fer mapes temàtics d'indicadors com la matèria orgànica, la salinitat, la compactació, la profunditat o la capacitat de retenció d'aigua, aplicats a la planificació territorial i ambiental.

3. Metodologia

3.1 L'aprenentatge servei

L'aprenentatge servei (ApS) és una metodologia educativa que uneix l'aprenentatge i el prestació d'un servei a la comunitat en un projecte únic i ben estructurat. Els participants adquireixen coneixements, competències, habilitats i valors mentre actuen sobre necessitats reals del seu entorn, amb l'objectiu de contribuir a la seva millora. Els projectes d'ApS aporten diversos beneficis, com enfortir les relacions amb entitats públiques i privades, promoure la col·laboració entre diferents agents del territori a partir de necessitats compartides, apropar-se a la ciutadania i potenciar el sentiment de comunitat. També afavoreixen la participació cívica, el compromís amb l'entorn i contribueixen a millorar la cohesió social (Centre Promotor d'Aprenentatge i Servei, s.f.) .

L'ApS és una metodologia ideal per abordar problemàtiques ambientals com en aquest cas el de la pèrdua de qualitat dels nostres sòls a l'entorn escolar perquè **combina el coneixement científic amb el compromís social**. No es tracta només d'aprendre sobre la qualitat dels sòls i els impactes del seu deteriorament, sinó d'implicar activament l'alumnat en la millora del seu entorn més proper, fent-lo partícip d'una transformació amb impacte real.

Quan els estudiants analitzen la qualitat del sòl a la seva escola, l'aprenentatge esdevé profundament significatiu. Conceptes com la degradació del sòl i els seus impactes socials, econòmics i en la salut es connecten directament amb la seva realitat quotidiana. L'aula es transforma en un laboratori d'investigació on, mitjançant la ciència, la tecnologia i el treball col·laboratiu, l'alumnat comprèn com l'entorn condiciona el seu benestar.

Aquesta experiència educativa va més enllà de la simple identificació d'un problema: els estudiants es converteixen en agents actius del canvi. A través de projectes de servei comunitari, comparteixen els seus resultats, sensibilitzen companys, famílies i administracions, i proposen accions per millorar la qualitat de l'aire, de l'aigua o del sòl. Aquesta implicació fomenta un fort sentiment de responsabilitat i empoderament, i els ajuda a prendre consciència del seu potencial per transformar el món que els envolta.

D'aquesta manera, l'ApS es converteix en una eina poderosa per formar ciutadans crítics i compromesos. Els estudiants no només adquireixen coneixements científics, sinó que desenvolupen competències essencials com la comunicació, el treball col·laboratiu, la resolució de problemes i l'ús de la tecnologia amb propòsit. Al mateix temps, es genera un impacte tangible en la comunitat, fent que l'escola esdevingui un motor de canvi cap a municipis més saludables i sostenibles. Amb aquest enfocament, l'educació transcendeix les parets de l'aula i es connecta amb la realitat. L'aprenentatge pren sentit perquè es vincula a un propòsit més gran: cuidar la salut i el benestar col·lectiu, enfortint alhora els vincles entre escola, municipi i societat.

En aquest projecte

- **En la fase d'aprenentatge**, l'alumnat iniciarà el procés amb la introducció als conceptes bàsics sobre el sòl, la seva qualitat i la seva importància ecològica i social. Paral·lelament, es treballarà el disseny d'un projecte científic, incloent-hi l'ús d'indicadors per caracteritzar el sòl i mesurar-ne l'estat de degradació. També s'abordarà l'organització i el desplegament

d'una campanya de monitoratge, que permetrà recollir dades de manera sistemàtica i rigorosa.

- **En la fase de servei**, un cop adquirits els coneixements i habilitats, l'alumnat durà a terme una diagnosi de l'estat del sòl segons els diferents usos que se'n fan en l'entorn municipal. Les dades obtingudes s'integraran en eines de mapatge digital amb l'objectiu de realitzar una diagnosi comparativa a escala municipal dins del territori català. Aquesta anàlisi permetrà identificar els impactes més rellevants i elaborar propostes concretes de millora, contribuint així a la sostenibilitat local. Paral·lelament, les dades també s'incorporaran a bases de dades integratives que serviran per alimentar estudis posteriors en el marc de la **ciència ciutadana**.

3.2 La ciència ciutadana

Explorem el Sòl integra la ciència ciutadana com a segona eina clau, vinculant-la amb la fase de servei de l'ApS prèviament definida i donant al projecte un abast d'impacte en la recerca dins d'un context regional.

Ciència ciutadana és la participació activa de la ciutadania en processos de recerca científica, ja sigui mitjançant la recollida de dades, l'observació o l'anàlisi, amb l'objectiu de generar coneixement col·lectiu i contribuir a la presa de decisions informades.

En aquest marc, estudiants i professorat participen activament en la recollida de dades sobre la qualitat del sòl, seguint protocols estandarditzats definits per la comunitat científica. Aquestes dades es bolquen i es centralitzen en una base de dades digital que en permet l'exploració i la reutilització. Entitats de recerca com el CREAM fan servir aquesta informació per validar-la, analitzar-la i reinterpretar-la dins d'un marc geogràfic integrador a escala de Catalunya.

3.3 Destinataris

Aquest projecte s'adreça principalment a l'alumnat d'Educació Secundària Obligatòria (ESO). El projecte ha estat dissenyat per a que es pugui realitzar dins la matèria obligatòria de Servei Comunitari que es realitza a 3r o 4t d'ESO. Tanmateix, la metodologia i desenvolupament de competències del projecte el fa adequat per realitzar-lo amb altres nivells educatius com poden ser: 1r cicle d'ESO; centres de formació d'adults; cicles de formació de grau mig i superior, etc.

3.4 Competències a treballar

El projecte treballa diverses competències clau del Decret 175/2022 per a l'educació secundària obligatòria a Catalunya. Aquestes competències es vinculen amb l'aprenentatge per situacions reals, el pensament crític, la investigació i la implicació social.

Taula 1. Competències en el marc de les ApS i àmbits de treball.

Competències	Què es treballa
Personal, social i d'aprendre a aprendre	- Els estudiants reflexionen sobre l'estat del sòl i com afecta els ecosistemes i les comunitats. - Desenvolupen autonomia i capacitat d'organització en un projecte real. - Participen en la presa de decisions i aprenen a comunicar els resultats a agents externs.
Ciutadana	- Entenen la relació entre les característiques del sòl, les polítiques públiques i la salut. - Fomenten la participació activa en la comunitat per promoure espais més saludables. - Treballen en projectes de ciència ciutadana, implicant-se en un problema ambiental real.
Matemàtica i en ciència, tecnologia i enginyeria	- Recullen i interpreten dades sobre la qualitat del sòl. - Comparen resultats i apliquen conceptes científics per extreure conclusions. - Utilitzen tecnologies i instruments per mesurar i descriure diverses característiques i propietats del sòl.
En comunicació lingüística	- Elaboren informes i/o presentacions per comunicar resultats. - Desenvolupen habilitats d'argumentació basades en dades científiques. - Expressen idees de manera clara per sensibilitzar diferents públics.
Digital	- Creen continguts multimèdia per comunicar els resultats (per exemple, infografies o publicacions en xarxes socials). - Apliquen criteris d'ús responsable de la informació.
Emprenedora	- Proposen solucions per reduir els impactes i/o la degradació del sòl. - Treballen en grup per transformar les dades en accions concretes. - Aprenen a gestionar un projecte des de la diagnosi fins a la difusió dels resultats.

3.5 Competències específiques i sabers en Biologia i Geologia

Amb el projecte d'Aprenentatge servei es treballarien totes les competències específiques de la matèria de biologia i Geologia, així com els sabers que es descriuen a continuació:

Competències i Sabers, i Curs	Què es treballa?
Com. específiques	➤ Interpretar fenòmens de la naturalesa, predient i argumentant el seu comportament a partir de models, lleis i teories propis de la biologia i la geologia per apropiat-se de conceptes i processos propis de la ciència.

		➤ Localitzar, seleccionar i avaluar informació científica procedent de diverses fonts, valorant-ne la fiabilitat i la pertinència, per utilitzar-la en la resolució de problemes i en la presa de decisions informades. ➤ Localitzar, seleccionar i avaluar informació científica procedent de diverses fonts, valorant-ne la fiabilitat i la pertinència, per utilitzar-la en la resolució de problemes i en la presa de decisions informades. ➤ Aplicar el mètode científic en la realització de projectes de recerca, formulant hipòtesis, dissenyant experiments, analitzant dades i extraient conclusions per comprendre fenòmens biològics i geològics. ➤ Resoldre problemes relacionats amb la biologia i la geologia, identificant les variables implicades, establint relacions causals i proposant solucions fonamentades en coneixements científics. ➤ Analitzar els efectes de determinades accions sobre el medi ambient i la salut, basant-se en els fonaments de les ciències biològiques i geològiques, per fer propostes d'acció i per decidir de manera informada sobre problemàtiques actuals i adoptar hàbits que minimitzin els impactes mediambientals, que siguin compatibles amb un desenvolupament sostenible i que permetin mantenir i millorar la salut individual i col·lectiva. ➤ Analitzar el paisatge com a resultat de la interacció de factors naturals i humans, interpretant-ne l'origen, l'evolució i els riscos geològics associats, per comprendre la dinàmica del territori i fomentar actituds de respecte i conservació del medi.
Projecte científic	Sabers 3er i 4rt	➤ Formulació de preguntes, hipòtesis i conjectures científiques (3er i 4rt). ➤ Estratègies d'utilització d'eines digitals per a la cerca d'informació, col·laboració i comunicació de processos, resultats o idees en diferents formats (presentació, gràfica, vídeo, pòster, informe...) en el context de problemes investigables (3er i 4rt). ➤ Reconeixement i utilització de fonts fiables d'informació científica (3er i 4rt). ➤ Disseny de recerques, experiments i estudis observacionals, per respondre a una qüestió científica determinada fent servir instruments i espais (laboratori, aules, entorn...) de manera adequada (3er).

		➤ Elaboració de maquetes i models per a la representació i comprensió de conceptes, processos o elements de la natura (3er). ➤ Utilització de diferents mètodes d'observació i presa de dades de fenòmens naturals en el context de problemes investigables (3er) ➤ Argumentació sobre l'essencialitat del control experimental amb relació a la validesa científica dels resultats experimentals. Disseny i realització (4art).
Geologia	Sabers 3er i 4art	➤ Identificació d'algunes roques i minerals rellevants de l'entorn (3er). ➤ Relació de determinats objectes i materials quotidians amb els minerals i les roques que s'utilitzen en la seva fabricació i anàlisi de casos amb impacte econòmic i social (3er). ➤ Investigació i anàlisi dels riscos naturals i la seva relació amb els processos geològics externs i interns (4art).
Ecologia i sostenibilitat	Sabers 3er	➤ Reconeixement de la importància de la conservació dels ecosistemes, la biodiversitat i la implantació d'un model de desenvolupament sostenible. Anàlisi de la relació de la sostenibilitat amb alguns ODS (ODS 11. Ciutats i comunitats sostenibles; ODS 12. Consum i producció responsables; ODS 13. Acció climàtica). ➤ Anàlisi de les funcions de l'atmosfera i la hidrosfera i el seu paper essencial per a la vida a la Terra a partir dels impactes que genera l'activitat humana i dels riscos que se'n deriven. ➤ Descripció de la importància de diferents interaccions entre atmosfera, hidrosfera, geosfera i biosfera en processos clau per a la vida.

3.6 Experiències prèvies d'aprenentatge servei en qualitat del sòl

En el marc del projecte **LOESS** (*Literacy boost through an Operational Educational Ecosystem of Societal actors on Soil health*), s'ha dut a terme una recerca sobre l'oferta educativa existent relacionada amb la salut del sòl en les diferents etapes educatives. L'estudi ha posat de manifest **dèficits significatius en el currículum català**:

- **Baixa presència** de la salut del sòl en els continguts curriculars obligatoris, especialment en les etapes inicials.

- **Tractament fragmentat i desconnectat** del sòl respecte a àmbits clau com la biodiversitat, el canvi climàtic o la seguretat alimentària.
- **Escassetat de recursos didàctics específics** i d'activitats pràctiques que permetin treballar el sòl com a recurs essencial per a la sostenibilitat.

Aquestes mancances coincideixen amb les alertes recollides a l'**Estratègia Europea de Sòls 2030**, que reclama integrar la salut del sòl en l'educació per assolir els objectius de sostenibilitat i resiliència climàtica.

Les conclusions reforcen la necessitat d'impulsar **proposes educatives innovadores** que incorporin la salut del sòl al currículum i fomentin la participació activa de l'alumnat en projectes reals. **Explorem el sòl** és un exemple d'aquesta aposta: una iniciativa que busca generar coneixement i accions transformadores al servei de la comunitat.

A partir d'aquesta anàlisi, s'han identificat **sis bones pràctiques educatives**, una per a cada etapa, centrades en l'estudi del sòl i desenvolupades majoritàriament en format **Aprenentatge i Servei (ApS)** en col·laboració amb universitats catalanes i entitats socials.

Educació Primària

Escola Mas Rampinyo "Investiguem sobre el sòl de baix"

1. Projecte "El sòl viu"
Activitat d'observació directa del sòl del pati de l'escola, amb recollida de mostres, identificació d'organismes i reflexió sobre la biodiversitat subterrània. Objectiu: sensibilitzar sobre la vida que hi ha sota els nostres peus.
2. Hort escolar amb enfocament en la salut del sòl. Els infants aprenen a preparar el sòl, compostar i cuidar-lo per millorar-ne la fertilitat. ApS: producció d'aliments saludables per a la comunitat educativa.

Educació Secundària Obligatoria (ESO)

Camp d'Aprenentatge de Tremp i ICGC "La pell de la terra"

3. Anàlisi de sòls urbans i rurals. Comparació de sòls de diferents entorns (parcs, camps, zones industrials), amb anàlisi de paràmetres físics i químics. Servei: elaboració d'un informe per a l'ajuntament o entitats locals.
4. Campanya de sensibilització sobre la degradació del sòl. Creació de materials divulgatius (cartells, vídeos, exposicions) per conscienciar la comunitat. ApS: acció educativa amb impacte social.

Batxillerat i Formació Professional

Escola Agrària de Manresa "Renaturalització de Can Poc Oli"

5. Projecte de recerca aplicada sobre la contaminació del sòl. Estudi de sòls contaminats per metalls pesants o plaguicides, amb proposta de solucions. Servei: col·laboració amb entitats ambientals o municipals.

Graus universitaris

Graus de Biologia Ambiental i Ciències Ambientals a la UAB

6. El projecte "Suelos al Desnudo" de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), tot i no tenir format ApS, us la destaquem per ser una iniciativa educativa innovadora que combina ciència del sòl, comunicació científica i aprenentatge actiu. Els estudiants de grau creen vídeos documentals sobre la degradació del sòl, la seva biodiversitat i el seu paper en la regulació climàtica. Els vídeos es publiquen en obert a @SuelosAlDesnudo.

4. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és **avaluar l'estat ecològic dels sòls del municipi**, tot proporcionant a l'alumnat els coneixements i les competències necessàries per desenvolupar un **criteri propi** sobre els usos del sòl i els impactes que en comprometen la seva qualitat i funcionalitat.

Els Objectius didàctics generals són analitzar el paper del sòl com a component essencial dels ecosistemes i identificar els factors ambientals i socials que en condicionen la qualitat i la conservació, i interpretar les polítiques públiques europees i catalanes relacionades amb la protecció i restauració del sòl, valorant-ne l'impacte en la sostenibilitat ambiental i territorial.

Aquest projecte pretén que l'alumnat:

- **Adquireixi coneixements científics** sobre el sòl com a recurs natural essencial.
- **Identifiqui i diagnostiqui** els principals impactes que afecten la salut del sòl.
- **Desenvolupi una consciència crítica i responsable** envers el seu ús sostenible.
- **Incideixi en la transformació** d'una realitat propera proposant o realitzant accions de millora de la salut del sòl.

A través d'aquesta experiència, es busca **sensibilitzar l'alumnat** sobre la compatibilitat entre els diferents usos del sòl —com ara la producció agrícola o el desenvolupament urbanístic— i la **conservació de la biodiversitat**. Es promou, així, una visió integrada del sòl com a **element clau en l'equilibri entre l'activitat humana i la naturalitat**, contribuint a la **salut del planeta** i, per extensió, a la **salut humana**.

Aquest enfocament educatiu es fonamenta en la idea que el sòl és un **recurs bàsic per a la societat** i un **punt estratègic per a la construcció d'un futur sostenible**, on la natura i la societat puguin **coexistir en harmonia**. Per avançar en aquesta direcció, cal formar **ciutadans crítics i compromesos amb la sostenibilitat**, capaços de comprendre i actuar davant els **desafiaments ambientals i socials** del nostre temps.

Els objectius principals (O) de la present proposta educativa són:

O1. Conèixer i comprendre els conceptes de qualitat del sòl i salut planetària.

- Aprofundir en els conceptes bàsics sobre les propietats del sòl que afecten les seves funcions de regulació, aprovisionament, suport i culturals.
- Reflexionar sobre com la qualitat del sòl està directament relacionada amb la salut planetària, entenent que la salut humana depèn de la salut dels sistemes naturals i que les accions locals tenen un impacte global.

O2. Desenvolupar competències científiques i metodològiques.

- Aprendre a dissenyar i implementar un projecte científic real, utilitzant mètodes estandaritzats d'anàlisi química, física i biològica dels sòls..

- Recollir i analitzar mostres, i interpretar dades per fer un diagnòstic de la qualitat del sòl a l'entorn escolar, connectant-ho amb els principis de la salut planetària.

O3. Fomentar la participació i el compromís social.

- Implicar activament l'alumnat en la detecció i millora de la qualitat del sòl al seu municipi.
- Enfortir el sentiment de responsabilitat i empoderament per promoure canvis positius.

O4. Transferir el coneixement al territori per generar impacte real.

- Comunicar i posar en valor els resultats obtinguts davant d'agents clau de la comunitat educativa, l'administració i la ciutadania.
- Dissenyar accions de sensibilització i incidència que contribueixin a la millora de l'entorn.
- Afavorir la col·laboració amb famílies, entitats locals i institucions per connectar el projecte amb iniciatives existents i potenciar l'impacte al territori.
- Convertir l'escola en un espai actiu de recerca, transformació i servei a la comunitat per construir ciutats més saludables i sostenibles.

Alhora, l'activitat incorpora de manera transversal diversos **Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS)**, amb l'objectiu de promoure un projecte inclusiu que permeti als alumnes aprendre tot contribuint a la resolució de problemàtiques actuals. Mitjançant aquest enfocament, es pretén motivar l'alumnat implicant-lo activament en els desafiaments globals, tot fent-lo conscient del paper transformador que poden tenir les accions locals i individuals a escala planetària. A més, el projecte aposta per un model educatiu dinàmic i didàctic, que prioritza la participació activa dels alumnes a través d'un aprenentatge pràctic i significatiu²³.

Els **ODS** treballats en aquest projecte són (Figura 1):

- **ODS 2.** Fam Zero: Els sòls sans constitueixen la base d'una agricultura sostenible i garanteixen la producció d'aliments nutritius i suficients.
- **ODS 3.** Salut i benestar: La qualitat del sòl repercuteix directament en la qualitat dels aliments i, per tant, en la salut de les persones.
- **ODS 4.** Educació de qualitat: El projecte promou una educació inclusiva, equitativa i de qualitat, mitjançant metodologies actives que connecten el coneixement científic amb la realitat social i ambiental.
- **ODS 5.** Igualtat de gènere: L'enfocament col·laboratiu i participatiu afavoreix la igualtat d'oportunitats entre alumnes de diferents gèneres, fomentant el respecte i la corresponsabilitat en el treball en equip.
- **ODS 6.** Aigua neta i sanejament: El sòl actua com a filtre natural i reservori d'aigua, contribuint a la seva qualitat i disponibilitat.

- **ODS 11.** Ciutats i comunitats sostenibles: L'estudi del sòl en contextos locals potencia la consciència sobre la gestió sostenible dels espais urbans i periurbans, promovent comunitats més resilients.
- **ODS 12.** Producció i consum responsables: La gestió sostenible dels sòls evita la seva degradació i fomenta pràctiques agrícoles responsables.
- **ODS 13.** Acció pel clima: Els sòls tenen la capacitat d'emmagatzemar carboni, convertint-se en un aliat clau en la lluita contra el canvi climàtic.
- **ODS 15.** Vida terrestre: La salut del sòl és essencial per preservar la biodiversitat terrestre i prevenir la desertificació.



Figura 1. Els ODS directament relacionats amb el treball plantejat a la guia.

5. Continguts generals

El present capítol té per objectiu recollir aquells conceptes i continguts bàsics per garantir el màxim aprofitament del projecte.

5.1 La salut planetària

La **salut planetària** parteix de la idea que la salut dels éssers humans està profundament interconnectada amb la salut del planeta. Així, factors com el **canvi climàtic**, la **contaminació**, la **pèrdua de biodiversitat** o l'**explotació excessiva dels recursos naturals** no només afecten els ecosistemes, sinó que tenen un impacte directe sobre la salut humana.

Aquest enfocament posa de manifest que les **accions humanes** tenen conseqüències clares sobre l'equilibri ambiental, i que aquestes repercussions es tradueixen en **riscos per al benestar i la salut de les persones**. La salut planetària s'ha definit com la **consecució del màxim nivell possible de salut, benestar i equitat a escala global**, tot respectant els **límits ecològics dels sistemes naturals de la Terra**. Aquesta visió implica una **integració transversal** de sistemes humans —polítics, econòmics i socials— per garantir un futur sostenible per a totes les formes de vida²⁴.

El **sòl** és un dels **sistemes naturals més essencials** per a la vida al planeta, però sovint és el gran oblidat en les discussions sobre sostenibilitat i salut global. Actua com a **regulador del cicle de l'aigua, emmagatzema carboni, sosté la biodiversitat** i és la base de la **producció d'aliments, fibres i combustibles**. La seva degradació —causada per la contaminació, l'erosió, la urbanització descontrolada o l'ús intensiu en l'agricultura— posa en risc no només els ecosistemes, sinó també la **salut humana**, ja que afecta la qualitat de l'aire, de l'aigua i dels aliments. Preservar la **salut del sòl** és, per tant, un **pilar clau de la salut planetària**, pels serveis ecosistèmics que exerceix de suport, regulació, aprovisionament i culturals; i requereix accions coordinades en educació, gestió territorial i polítiques ambientals que reconeguin el seu valor estratègic per al futur del planeta.

6. Contingut de les sessions

6.1 Cronograma

El cronograma proposa una **organització de les sessions per dies**, amb el desglossament d'hores dedicades a activitats d'aula, laboratori o camp. Les sessions es poden distribuir en el calendari escolar segons l'organització de cada institut, adaptant el projecte a períodes més o menys extensos segons les preferències del professorat.

Cal tenir en compte **dos passos crítics amb temporalitat específica**:

1. Assecat de mostres

Abans de realitzar les sessions 3 i 4, dedicades als anàlisis físics i químics dels sòls, les mostres han d'assecar-se **com a mínim durant una setmana**. Segons la tipologia del sòl, és important revisar periòdicament l'assecat per evitar una compactació excessiva que dificulti la manipulació en les activitats analítiques posteriors.

2. Mostres de biodiversitat

Les mostres per determinar la biodiversitat del sòl s'han de col·locar al **sistema de Berleses** per a l'extracció de fauna **com a tard l'endemà de la sortida de camp** (vegeu protocol de camp i sessió 6). Un cop al Berleses, les mostres han de romandre **7 dies** per completar el procés d'extracció. Per tant, és essencial considerar aquest període en la planificació de la sessió 6.

Excepte aquests passos amb requeriments temporals específics, la resta de sessions de laboratori es poden adaptar segons calendaris i organització de cada centre educatiu.

Taula 1. Cronograma de les sessions d' *Explorem el sòl*. Dins l'organització **ApS** plantejada, s'indiquen en **color marró** les hores d'aprenentatge i en **color crema** les sessions considerades de servei.

Sessions	Dies																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	
1. El sòl i la seva qualitat																							
El sòl i la seva importància																							
Coneguem el sòl																							
2. Sortida de camp: observació i recollida de mostres sòl																							
Fase 1: Preparació prèvia a l'aula																							
Fase 2: Sortida de camp i recollida de mostres																							
Assecat de mostres de sòls																							
3. Avaluació de propietats físiques																							
Grabellat de les mostres																							
Treball de laboratori i càlcul de variables																							
4. Avaluació de propietats químiques																							
Treball de laboratori i càlcul de variables																							
5. Estudi de la biodiversitat edàfica a través dels microartròpodes																							
Instal·lació Berleses																							
Treball de laboratori i càlcul de variables																							
6. Avaluació de la qualitat del sòl i principals impactes																							
Elaboració de resultats																							
Acte de reconeixement																							

IMPORTANT

1) Segons l'acte de reconeixement que es planegi, és fonamental **informar l'ajuntament, l'administració i/o el centre de recerca sobre el projecte**.

Des de l'inici, el centre educatiu hauria de comunicar a l'ajuntament i a les àrees implicades (p. ex. medi ambient, agricultura) el treball que es durà a terme. L'objectiu és que l'administració local pugui **acompanyar el procés, donar suport si escau i, sobretot, garantir que els resultats i propostes que sorgeixin siguin escoltats i tinguin continuïtat més enllà de l'àmbit escolar.**

Aquesta implicació des del principi afavoreix que les dades obtingudes siguin **valorades i integrades en polítiques i accions municipals o supramunicipals**, contribuint així a generar un impacte real i positiu en la millora de l'entorn.

2) **MOLT IMPORTANT** Com a producte final de **ciència ciutadana** s'haurà d'omplir la [fitxa en format excel](#) amb els resultats obtinguts. Aquesta fitxa s'ha d'enviar al CREAF (a.ribas@creaf.uab.cat)

Es recomana que el professorat estableixi contacte a l'inici del projecte tant amb les administracions que volen fer partícips com amb el CREAF (a.ribas@creaf.uab.cat i lforce@creaf.uab.cat) per garantir una bona organització.

6.2 Seqüència de les sessions. Organigrama estructural.

AULA:

1. Presentació del context: que es qualitat del sòl i la seva importància
2. Organització de les següents sessions: camp i laboratori

CAMP:

3. Seleccionar el lloc
4. Descriure l'entorn i el lloc (característiques de la fitxa)
5. Fer un forat d'aprox. 20x20x20 amb una pala i seguir el protocol de densitat aparent i porositat (mostra A).
6. Prendre mostra amb un cilindre de 5x10 cm (corresponent a diàmetre i fondària, mostra B) per a determinació de la biodiversitat.
7. Descriure en el forat l'estructura i la porositat, com presència de canals de cucs, d'arrels, esquerdes, etc. Fer la prova de la compacitat amb l'espàtula al punt seleccionat per a fer el forat de 20x20x20 abans de començar a fer-lo.

LABORATORI

8. Seguir el protocol de densitat aparent i porositat i reservar la terra fina (mostra A). Penseu que heu d'agafar mostra per determinar la humitat del sòl abans de deixar secar el sòl.
9. Determinar propietats físic-químiques: color, textura (classe textural i mètode del pot(opcional), contingut d'aigua(quantitatiu), i matèria orgànica, carbonats, sulfats i clorurs (mètodes qualitius).
10. Amb una petita quantitat de la mostra A, determinar l'índex d'estabilitat estructural amb l'app Slakes (opcional).
11. Determinar biodiversitat en base a l'índex àcars/col·lèmbols.

AVALUACIÓ I DIFUSIÓ DE RESULTATS

12. Elaboració dels resultats obtinguts i la seva discussió:

L'objectiu bàsic és realitzar una avaluació de les problemàtiques més rellevants dels vostres sòls, per tant respondrem la pregunta
Quins són els impactes més rellevants que malmeten la qualitat del nostre sòl segons l'ús?

13. Difusió dels resultats i acte de reconeixement.

6.3 Las sessions, pas a pas

Sessió 1. El sòl i la seva qualitat

Durada: 2 hores

Tipus d'activitat: Sessió a l'aula, Es recomana promoure la participació de l'alumnat.

Descripció de l'activitat

Aquesta activitat consisteix en dues xerrades introductòries adreçades a l'alumnat, amb l'objectiu de presentar el sòl com un **ecosistema viu** i un **recurs essencial** per a la sostenibilitat ambiental i alimentària. Les sessions combinen continguts teòrics amb espais de reflexió i debat, per afavorir la comprensió crítica del paper del sòl en el context actual.

Al llarg de la sessió, s'exploren conceptes clau com els **components** del sòl (orgànics, minerals), l'organització del sòl en **horitzons**, les característiques físiques com el **color**, l'**estructura i la textura**, la seva **biodiversitat**, les **característiques d'un sòl sa**, i els **indicadors que permeten avaluar-ne la salut**. També s'introdueix el **context polític i social** que emmarca les polítiques actuals de conservació i restauració del sòl, tant a escala europea com catalana.

La metodologia inclou:

- Breus exposicions teòriques amb suport visual.
- Preguntes obertes per fomentar la participació activa.
- Torn de preguntes i debat final per estimular el pensament crític.

Objectius didàctics

- **Comprendre el sòl com a ecosistema viu**, dinàmic i essencial per a la vida terrestre.
- **Descriure el sòl**, incloent els horitzons i els components i propietats físiques, químiques i biològiques, de forma simplificada.
- **Reconèixer la importància de la biodiversitat del sòl** i el paper dels diferents grups d'organismes en el manteniment de la seva salut i fertilitat.
- **Identificar les característiques que defineixen un sòl sa**, a nivell físic, químic i biològic.
- **Sensibilitzar sobre la conservació de la qualitat dels sòls** i el seu impacte en la salut humana, la producció d'aliments i la sostenibilitat ambiental.
- **Descriure el context actual de les polítiques públiques** relacionades amb la gestió i restauració del sòl, tant a nivell europeu com català.

Recursos

- Presentació. Teniu disponible una presentació powerpoint realitzada pels autors de la guia titulada [La salut del sòl](#).

- A més a més, us oferim aquest material sobre la temàtica **Material de suport pel professor/a per la presentació**

a. Possible GUIÓ PRESENTACIÓ - El sòl i la seva importància

- Per què el sòl és un component i un repte per la salut planetària?
- Coneguem de prop al sòl, la seva biodiversitat i funcions en els ecosistemes.

b. A continuació tens Informació com a material de suport pel professor/a per la elaboració de la presentació de la sessió

- **Canvis ambientals i socials que afecten a com veiem al sòl i al seu rol dins dels nostres ecosistemes**

En un context global marcat per canvis ambientals accelerats i transformacions socials profundes, el sòl es revela com un recurs essencial sovint ignorat. Més enllà de ser una superfície sobre la qual construïm o cultivem, el sòl és un ecosistema viu, complex i vital per a la salut del planeta. Els efectes del canvi climàtic —com l'augment de les temperatures, la desertificació i les alteracions en el règim de pluges— modifiquen la composició, propietats i funcions dels sòls. Alhora, les dinàmiques socials, com la urbanització, l'agricultura intensiva i la pèrdua de coneixements tradicionals, transformen la nostra relació amb aquest recurs. Aquestes transformacions afecten no només la biodiversitat del sòl, sinó també la seva capacitat de retenir aigua, emmagatzemar carboni i sostenir la vida vegetal. Davant d'aquesta realitat, esdevé imprescindible reconsiderar el paper del sòl en tots els ecosistemes —tant naturals com gestionats—, reconeixent-lo com un element fonamental no només com un recurs productiu, sinó com un pilar fonamental per a la salut ambiental, la resiliència climàtica i el benestar de les generacions futures.

Dins del marc del Pacte Verd Europeu, l'**Estratègia de la Unió Europea per a la Protecció del Sòl 2030** adverteix que entre el 60% i el 70% dels sòls europeus es troben en estat de degradació i no es consideren sans. Davant d'aquesta situació, s'impulsen diverses mesures clau, com ara l'elaboració d'una legislació específica sobre la salut del sòl, la promoció de la gestió sostenible com a pràctica habitual, la restauració de torberes gestionades per mitigar els efectes del canvi climàtic, la creació d'un "passaport del sòl" per fomentar l'economia circular, i l'establiment de metodologies comunes per avaluar la desertificació i la degradació del sòl. Paral·lelament, el Pacte Verd estableix objectius vinculants per assolir la neutralitat climàtica l'any 2050, incloent-hi la reducció de l'ús de fertilitzants i plaguicides, així com la restauració d'ecosistemes degradats.

La nova **Llei Europea de Restauració de la Natura**, aprovada el **2024**, introdueix per primera vegada objectius específics per a la restauració dels sòls. La normativa estableix que almenys el 20% dels sòls degradats, tant terrestres com marins, han de ser restaurats abans del 2030, amb fites progressives del 60% per al 2040 i del 90% per al 2050. Aquestes accions inclouen terres agrícoles, forestals, zones humides i espais urbans, amb especial atenció als hàbitats que poden

afavorir la recuperació d'espècies amenaçades. Entre les mesures concretes, la llei contempla l'increment de les reserves de carboni orgànic en sòls minerals de cultius, la restauració de torberes drenades —considerades altament eficients en la captura de carboni—, i la reducció de l'ús de plaguicides i fertilitzants químics per millorar-ne la qualitat. A més, s'estableix un sistema de seguiment de la salut dels sòls, alineat amb la futura Directiva europea de monitorització del sòl, per garantir l'eficàcia dels projectes de restauració. Cada estat membre haurà de desenvolupar un

pla nacional de restauració que integri accions específiques orientades a la salut del sòl, amb indicadors clars per avaluar-ne l'eficàcia i amb el compromís explícit de garantir-ne el manteniment a llarg termini.

En l'àmbit català, l'Estratègia del Patrimoni Natural i la Biodiversitat de Catalunya 2030 estableix un marc d'actuació amb 16 objectius estratègics i 85 línies d'acció orientades a la conservació dels hàbitats, la integració de la biodiversitat en les polítiques sectorials i la promoció de la implicació social en la gestió del territori (Generalitat de Catalunya, 2020). Aquesta estratègia reconeix el sòl com un component essencial del patrimoni natural, i en promou la protecció activa. En paral·lel, la Llei 3/2017 del Codi Civil de Catalunya regula la custòdia del territori com a eina jurídica que facilita acords voluntaris entre propietaris i entitats de conservació, amb l'objectiu de preservar els valors ecològics, paisatgístics i culturals del sòl (DOGC núm. 7340, 2017). Ambdues iniciatives reconeixen el sòl com un recurs estratègic per a la sostenibilitat, la salut ambiental i el benestar social, i impulsen la seva conservació mitjançant instruments legals, econòmics i participatius que afavoreixen una gestió territorial més responsable i resilient. Finalment, la Llei 3/2019 d'Espais Agraris té com a finalitat ordenar la gestió dels espais agraris a Catalunya, reconeixent que la pèrdua de sòl productiu no només afecta la capacitat de producció d'aliments i matèries primeres, sinó que implica la desaparició d'un recurs limitat i escàs. Donada la seva formació a través d'un procés natural extremadament lent, el sòl es considera un bé pràcticament **no renovable**.

Així doncs, els canvis ambientals i socials ens obliguen a replantejar la nostra percepció del sòl, que ja no podem considerar un recurs infinit, sinó un patrimoni viu que cal preservar. La seva salut és indissociable de la nostra, i la seva degradació comporta impactes directes sobre la seguretat alimentària, la biodiversitat i el clima. Davant d'aquesta realitat, és imprescindible una acció coordinada entre institucions, comunitats locals, científics i ciutadania per protegir, restaurar i gestionar el sòl de manera sostenible. Només així podrem garantir un futur resilient i just per a les generacions futures.

○ Què sabem del sòl?

El sòl és un sistema viu

El sòl és molt més que una superfície sobre la qual caminarem o cultivarem: és la base de la vida terrestre i un ecosistema viu que exerceix funcions essencials per al planeta. Ens proporciona una gran varietat de serveis ecosistèmics, com ara la producció del 95% dels aliments que consumim, l'hàbitat per a milers d'espècies, el suport físic per a les infraestructures humanes, i la capacitat de regular fenòmens naturals com les inundacions. A més, actua com a sistema de reciclatge natural,

filtrant i transformant nutrients i aigua, i juga un paper clau en la regulació del clima, ja que emmagatzema carboni i influeix en les emissions de gasos d'efecte hivernacle. De fet, el sòl és el major reservori de carboni orgànic dels ecosistemes terrestres, cosa que el converteix en un aliat fonamental en la lluita contra el canvi climàtic. Comprendre el sòl com un sistema viu i dinàmic és

essencial per valorar-ne la importància i promoure'n la conservació. La seva formació depèn de factors formadors com el clima, el material parental, la posició en el paisatge, els organismes vius i el temps, que desencadenen diferents processos formadors de sòls -físics, químics i biològics- que es manifesten en les característiques dels sòls que veiem. Degut a que en el planeta terra existeixen milions de combinacions dels factors formadors, hi ha també una enorme diversitat de sòls que s'estenen en tots els biomes i al llarg de tots els continents.

La seva organització i propietats físiques i químiques

El sòl és un sistema viu i dinàmic format per una combinació de components minerals, orgànics, líquids, gasosos i biològics que interactuen constantment. Està constituït per partícules minerals (sorra, llim i argila), que determinen la **textura** del sòl i influeixen en la seva capacitat de retenció d'aigua i aire. **L'estructura** del sòl és la forma amb què aquestes partícules simples s'agrupen en agregats o terrossos que són resistents a l'erosió i determinen el tipus i forma dels porus més grans. La matèria orgànica, procedent de la descomposició de plantes i animals, és essencial per a la fertilitat, ja que aporta nutrients i millora l'estructura del sòl. Entre els porus del sòl s'hi troba una fracció gasosa (aire) i una fracció líquida (aigua), que són fonamentals per a la respiració de les arrels i dels organismes edàfics, així com per al transport de nutrients. A més, el sòl acull una gran diversitat d'éssers vius —bacteris, fongs, insectes, cucs— que contribueixen a la formació del sòl, al reciclatge de la matèria i al manteniment de la seva salut.

Aquest sistema es distribueix en capes diferenciades anomenades **horitzons**. L'horitzó O és la capa superficial, rica en restes vegetals en descomposició. L'horitzó A, normalment més fosc, conté molt humus i nutrients, i és on arrelen la majoria de plantes; és vital per a l'agricultura però també molt vulnerable. L'horitzó B té menys matèria orgànica però és ric en minerals i pot emmagatzemar aigua. L'horitzó C està format per fragments de roca poc alterada, i finalment l'horitzó R correspon al substrat rocós. En funció dels factors formadors, poden trobar-se més o menys horitzons en el sòl: sòls molt joves tindran potser només un horitzó A i un R, mentre que els sòls més evolucionats en podran tenir més.

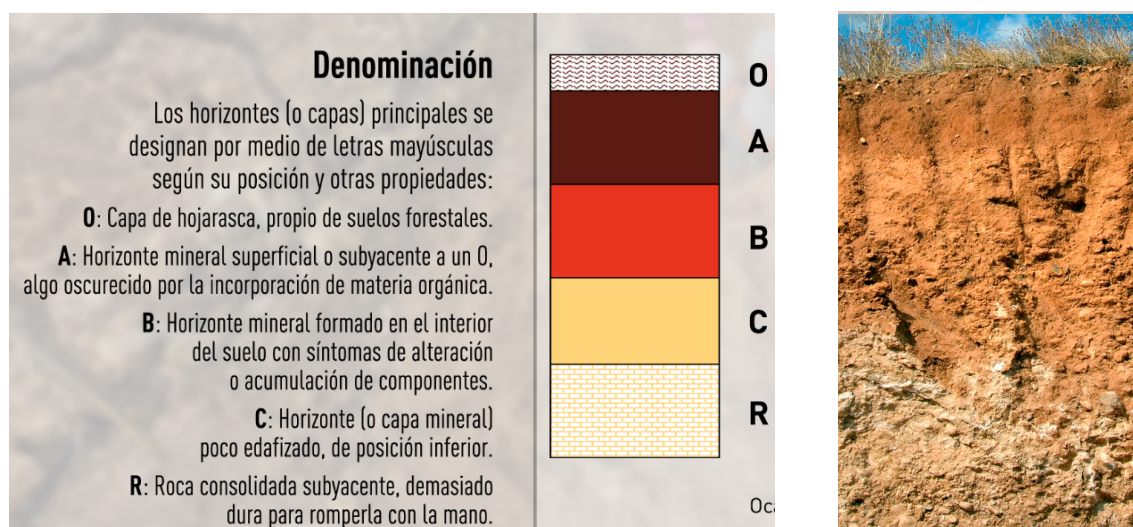


Figura 2. Disposició vertical dels horitzons del sòl. Prové de pàgina web didàctica EDAFOS, de David Badia i Clara Martí (U Saragossa): <https://www.cienciadelsuelo.es/>).

Des del punt de vista químic, el sòl actua com un **reservori de nutrients** essencials per a les plantes (nitrogen, fòsfor, potassi, calci, magnesi, entre d'altres) i té la capacitat de tamponar el **pH**, influir en la disponibilitat de nutrients i en la mobilitat de contaminants. La seva **capacitat d'intercanvi catiònic** (CIC) és una propietat clau gràcies a les argiles i la matèria orgànica, que determina la seva fertilitat química, ja que regula la retenció i disponibilitat de nutrients per a les plantes.

La biodiversitat que habita al sòl

La biodiversitat del sòl fa referència a la gran varietat d'éssers vius que habiten en aquest ecosistema subterrani, des de microorganismes com bacteris i fongs fins a insectes, cucs i petits mamífers. Aquests organismes són essencials per al funcionament del sòl, ja que contribueixen a la descomposició de la matèria orgànica, al reciclatge de nutrients, a la formació i manteniment de l'estructura del sòl, i a la protecció de les plantes davant plagues i malalties. En només un gram de terra es poden trobar fins a 1.000 milions de microorganismes, incloent bacteris, fongs, protozous i nematodes. Aquesta diversitat fa del sòl un ecosistema tan ric i complex com un bosc.

Els organismes del sòl actuen com a “enginyers invisibles” que transformen la matèria orgànica en nutrients essencials com el nitrogen, el fòsfor i el potassi. Per exemple, els fongs micorrízics poden ampliar fins a un 700% la zona de captació d'aigua de les plantes, facilitant la seva supervivència en períodes de sequera. Els actinomicets, per la seva banda, produeixen antibiòtics naturals que protegeixen les plantes de patògens. A més, la humificació de la matèria orgànica per part de la fauna del sòl pot millorar la capacitat d'emmagatzematge d'aigua fins a un 30%, contribuint a la resiliència hídrica dels ecosistemes agrícoles.

La biodiversitat del sòl no només és clau per a la productivitat agrícola —pot augmentar-la fins a un 25% de mitjana— sinó que també és fonamental per a la seguretat alimentària mundial, ja que

el sòl és responsable de la producció del 95% dels aliments que consumim. A més, representa una quarta part de tota la biodiversitat del planeta, convertint-lo en un dels principals reservoris biològics de la Terra.

Però la seva funció va més enllà dels sistemes agrícoles. La diversitat del sòl, en tots els ecosistemes terrestres, contribueix a la retenció i purificació de l'aigua, a la descontaminació del sòl, a la mitigació del canvi climàtic mitjançant la captura de carboni, i a la resiliència dels ecosistemes davant pertorbacions ambientals. Per tot això, la biodiversitat del sòl ha estat reconeguda com una pedra angular de la sostenibilitat ambiental, i la seva protecció s'ha convertit en una prioritat en fòrums internacionals com la FAO, la COP15 i la Cimera de Sistemes Alimentaris de les Nacions Unides.

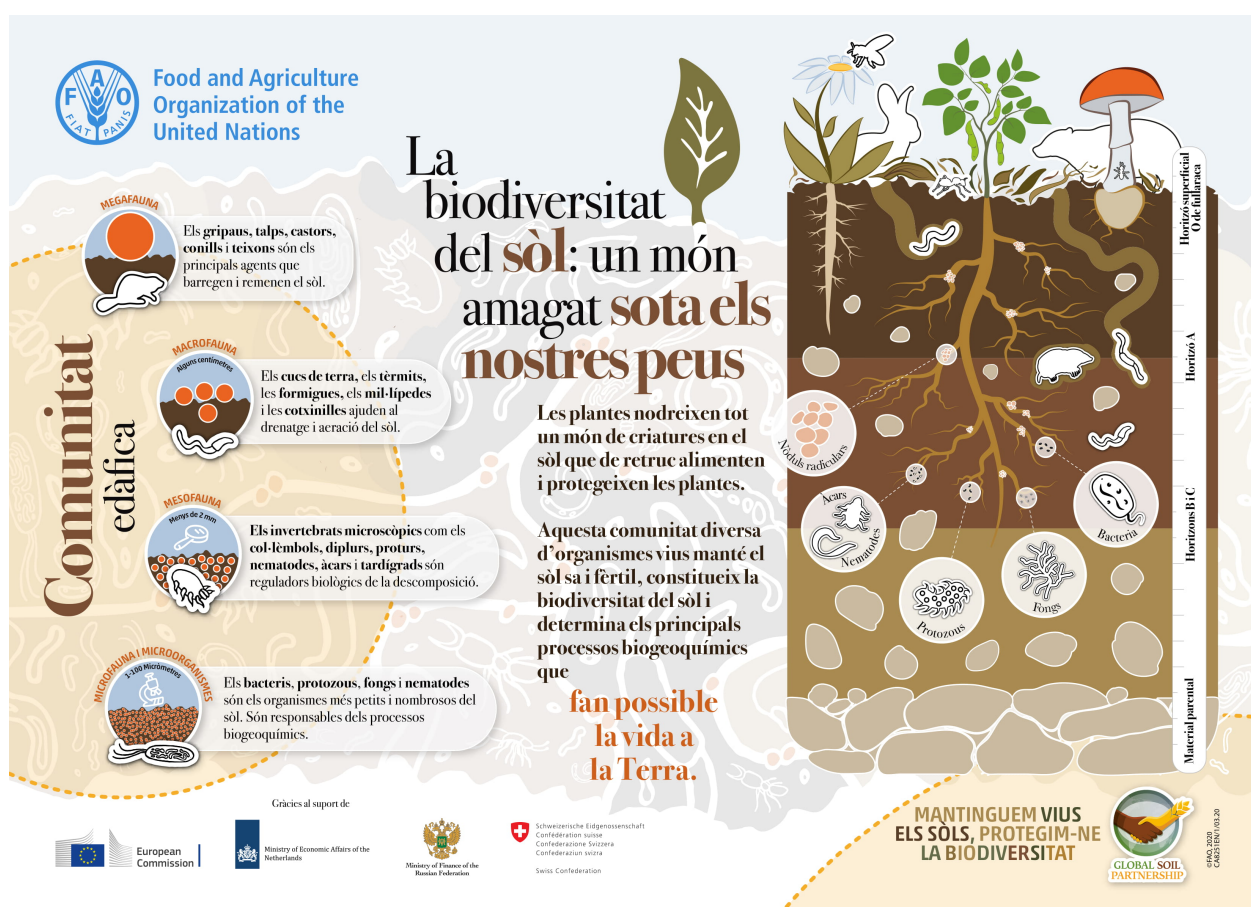


Figura 3. Biodiversitat del sòl. Material divulgatiu de la FAO. Infografia Biodiversitat del sòl per la FAO.

Què entenem per un sòl sa?

Un sòl sa és un sistema viu i equilibrat que acull una gran diversitat d'organismes microscòpics i macroscòpics —com bacteris, fongs, artròpodes i cucs de terra— que contribueixen activament al seu funcionament. Aquesta vida subterrània, juntament amb la presència de restes vegetals com arrels, fulles i matèria orgànica en descomposició, genera una elevada concentració de matèria orgànica, un component essencial per a la fertilitat i la salut del sòl. A més, un sòl sa presenta una estructura porosa i permeable que permet la circulació de l'aire, la infiltració i retenció d'aigua,

l'arrelament de les plantes i el moviment de la fauna edàfica. També ha de contenir una proporció adequada de nutrients essencials —com el nitrogen, el fòsfor i el potassi— indispensables per al creixement vegetal. La salut del sòl depèn, a més, de l'absència de contaminants com pesticides, metalls pesants o excés de nitrats, que poden alterar els processos biològics i posar en risc tant la biodiversitat com la salut humana.

Cal tenir en compte que no tots els sòls són iguals, i cadascun presenta característiques físiques i químiques diferents que influeixen en la seva capacitat de retenir aigua, emmagatzemar nutrients i acollir determinats tipus de fauna edàfica.

Com saber si un sòl està sa?

La salut del sòl es pot avaluar mitjançant diversos indicadors físics, químics i biològics que ens permeten conèixer el seu estat i funcionalitat. Entre les propietats físiques més rellevants trobem el color, la textura, l'estructura, la capacitat de retenció d'aigua i la conductivitat hidràulica. Les propietats químiques inclouen, entre altres, el contingut de matèria orgànica, la capacitat d'intercanvi catiònic, el pH i la conductivitat elèctrica, mentre que les biològiques fan referència a la biomassa microbiana, la respiració del sòl i la seva biodiversitat. Tot i que alguns d'aquests indicadors requereixen anàlisis de laboratori, molts altres poden ser observats directament al camp.

Un sòl sa presenta una cobertura superficial de matèria orgànica en descomposició, una abundància d'arrels de diferents mides i direccions, un color fosc a la superfície que s'aclareix amb la profunditat, presència de macroorganismes com cucs i insectes, i una estructura amb agregats i porus de diverses mides. A més, es poden fer proves senzilles per avaluar-ne la qualitat: per exemple, clavant un ganivet per comprovar la penetrabilitat (en un sòl sa i humit, hauria de penetrar fàcilment més de 15 cm), observant la infiltració d'aigua amb un cilindre metàl·lic, o submergint una mostra de sòl sec en aigua per valorar l'estabilitat dels agregats (que haurien de mantenir-se intactes durant diversos dies).

Fins i tot l'olor del sòl pot oferir pistes sobre el seu estat: un sòl sa desprèn una aroma dolça i terrosa, mentre que olors metàl·liques o de sofre poden ser indicatives de problemes com l'anaerobiosi o la contaminació.

Principals Impactes sobre els sòls segons el seu ús

Els sòls són sistemes vius i fràgils que pateixen diferents tipus d'alteracions segons com s'utilitzen. Tant en entorns urbans com forestals i agrícoles, els sòls estan exposats a pressions que poden comprometre la seva estructura, funció i biodiversitat.

Els sòls agrícoles són aquells que s'utilitzen per al cultiu d'aliments i altres plantes útils per a les persones, com cereals, verdures, fruites o farratge per a animals, així com fibres i combustibles. Tot i la seva importància, aquests sòls són especialment vulnerables a la degradació a causa de l'ús intensiu i continuat. L'agricultura convencional de vegades comporta l'aplicació inadequada de fertilitzants químics i plaguicides, que poden contaminar el sòl i alterar-ne els equilibris biològics.

A més, la pràctica de monocultius redueix la biodiversitat del sòl, augmentant la seva vulnerabilitat davant plagues i malalties. Entre els impactes més habituals hi trobem la pèrdua de matèria orgànica —derivada de la collita constant—, l'erosió provocada pel vent i l'aigua, la compactació per la maquinària agrícola i la ruptura de l'estructura natural del sòl a causa de la llaurada (Figura 4). En general, els sòls agrícoles tendeixen a ser més pobres en matèria orgànica que els forestals, ja que presenten una menor entrada de carboni i una capacitat de retenció d'aigua reduïda. Des de l'aparició de l'agricultura intensiva i industrial, la humanitat ha explotat la terra sense considerar les conseqüències ambientals, com la contaminació, la pèrdua de fertilitat i la degradació progressiva del sòl.

Els sòls urbans. En zones urbanes, el principal impacte és la impermeabilització del sòl, causada per la construcció d'infraestructures com edificis, carreteres i paviments. Aquesta cobertura artificial impedeix la infiltració de l'aigua, altera el cicle hidrològic i redueix la capacitat del sòl per emmagatzemar carboni. A més, els sòls urbans sovint acumulen contaminants químics provinents del trànsit, la indústria i els abocaments, que poden afectar la salut humana i la biodiversitat edàfica. La compactació del sòl per l'activitat humana també redueix la porositat i limita el desenvolupament de la vegetació.

Els sòls forestals són generalment més estables, però poden veure's afectats per la desforestació, els incendis forestals i la gestió inadequada dels boscos. La pèrdua de cobertura vegetal exposa el sòl a l'erosió, especialment en zones de pendent, i disminueix la capacitat de retenció d'aigua i nutrients. A més, la fragmentació dels hàbitats pot alterar la biodiversitat del sòl i reduir la seva capacitat de regeneració natural. Les pràctiques forestals intensives, com la tala mecanitzada, poden compactar el sòl i afectar la seva estructura.



Figura 4. Impactes més rellevants que afecten als sòls agrícoles (FAO).

Tot i que les preferències del professorat poden variar, es recomana que els darrers punts —**Com saber si un sòl està sa?** i **Principals impactes sobre els sòls segons el seu ús**— es treballin a l'aula

de manera activa per part dels estudiants. Per això, es proposa finalitzar aquestes sessions teòriques amb una activitat participativa en què es plantegin aquestes preguntes i els estudiants, mitjançant la recerca d'informació i amb el suport parcial del professorat, identifiquin quins són els principals impactes i la seva rellevància segons l'ús del sòl.

A més, es podria convidar l'alumnat a pensar en l'estructura d'un **lab report**, incloent-hi els objectius de l'estudi i possibles hipòtesis. Aquesta reflexió els ajudarà a comprendre millor els protocols que es treballaran a continuació en l'estudi pràctic del sòl.

Sessió 2. Avaluem la qualitat del nostre sòl: Sortida de camp, observació i recollida de mostres

Durada total: 1 hora de preparació + sortida de camp (durada variable segons ubicació: actualment planificades 3h).

Objectiu de la sessió

Apropar l'alumnat al treball de camp mitjançant l'observació directa i la recollida de mostres de sòl en diferents entorns del municipi (agrícola, urbà i forestal). L'activitat té com a finalitat identificar **indicadors de qualitat del sòl** i reconèixer els **principals impactes ambientals** que en comprometen la salut. Aquesta experiència permet aplicar els coneixements teòrics adquirits a l'aula, desenvolupar habilitats pràctiques en l'anàlisi del sòl i fomentar una mirada crítica sobre la gestió del territori i la sostenibilitat dels ecosistemes.

Objectius didàctics específics (sessions de camp, laboratori i anàlisi de resultats)

1. Fonaments i context

- Aplicar coneixements teòrics sobre la composició, estructura i funcions del sòl en un context pràctic i real.
- Interpretar el paisatge i el context territorial com a font d'informació per comprendre la dinàmica del sòl i la seva relació amb l'activitat humana.
- Reconèixer els principals impactes ambientals que afecten la salut del sòl segons el seu ús i reflexionar sobre causes i conseqüències.
- Valorar la importància de la conservació del sòl com a recurs natural essencial per a la sostenibilitat ambiental i la seguretat alimentària.

2. Treball de camp

- Identificar indicadors de qualitat del sòl mitjançant l'observació directa i la recollida de mostres en diferents entorns (agrícola, urbà i forestal).
- Desenvolupar habilitats de planificació, presa de mostres, documentació i conservació de dades.
- Comprendre la importància de seguir protocols per garantir la fiabilitat de les dades, així com desenvolupar habilitats d'observació i registre sistemàtic.
- Garantir la seguretat i la higiene en totes les fases del treball, respectant protocols i normativa vigent.

3. Laboratori i anàlisi

- Aplicar tècniques bàsiques de laboratori per determinar propietats fisicoquímiques (pH, textura, humitat, matèria orgànica) i paràmetres biològics (activitat microbiana, fauna edàfica).
- Utilitzar instruments i eines digitals per al registre, processament i representació gràfica de dades.
- Desenvolupar competències en el tractament estadístic bàsic (mitjanes, desviacions, gràfics) per donar rigor a les conclusions.

- Analitzar i interpretar resultats comparant-los amb valors de referència per establir el nivell de qualitat del sòl.
- Relacionar els resultats analítics amb factors ambientals i pràctiques de gestió per comprendre la influència de l'activitat humana.

4. Difusió i reflexió

- Elaborar documents científic-tècnics i materials divulgatius (gràfics, infografies, presentacions) per comunicar els resultats a la comunitat educativa i/o local.
- Promoure la reflexió crítica sobre la gestió sostenible del sòl i proposar accions de millora basades en l'evidència obtinguda.
- Valorar la importància de la ciència ciutadana i del treball col·laboratiu en la generació de dades ambientals útils per a la societat.
- Fomentar el treball cooperatiu i la responsabilitat compartida en grups, tant en l'organització com en l'execució de les tasques.
- Integrar coneixements interdisciplinaris (biologia, química, geografia, sostenibilitat) en la interpretació global del paisatge i la qualitat del sòl.

Fase 1: Preparació prèvia a l'aula

La primera fase, amb una durada aproximada d'una hora, té com a objectiu preparar l'alumnat per a la sortida de camp, tant des del vessant logístic com conceptual. Es presenten en un mapa digital dues o tres zones representatives del municipi —sòl agrícola, urbà i forestal— prèviament seleccionades pel professorat.

A l'aula es proposa una dinàmica participativa per identificar i validar els punts de mostreig, amb l'objectiu de fomentar la implicació activa de l'alumnat en la planificació de l'activitat. Els estudiants es distribueixen en grups de tres o quatre membres, i **cada grup** actua com **una rèplica** experimental. Això significa que, per a cadascuna de les zones seleccionades per a l'estudi —una per a cada ús del sòl: agrícola, urbà i forestal—, cada grup s'encarrega de recollir i analitzar una mostra, contribuint així a la replicabilitat del disseny experimental. Aquesta organització permet comparar estadísticament els resultats obtinguts entre diferents entorns. Per garantir la representativitat de les dades i afavorir una anàlisi comparativa rigorosa, es recomana que cada centre/institut disposi d'un mínim de tres a cinc grups (figura 5).

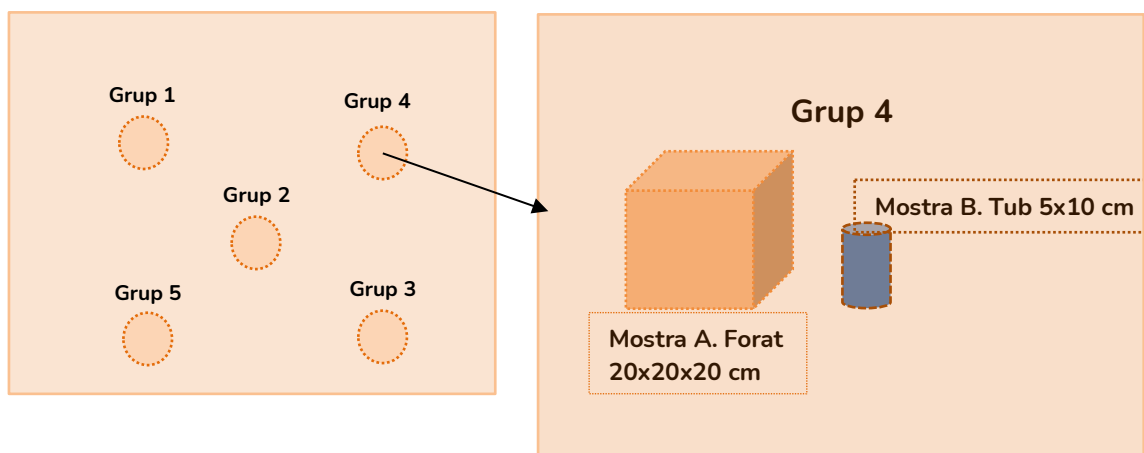


Figura 5. A l'esquerra: disposició espacial del mostreig de sòl en una de les zones seleccionades. Cada grup d'alumnes recollirà dades d'una rèplica de camp.

A la dreta: els dos tipus de mostra que cada grup haurà de prendre en el seu punt de mostreig.

Finalment, es lliura a cada grup un guió de treball amb les tasques assignades, tant per a la sortida de camp com per a la posterior sessió de laboratori, amb l'objectiu de promoure l'autonomia, l'organització i la responsabilitat de l'alumnat. Abans de la sortida, es revisen els possibles dubtes metodològics, especialment pel que fa al procediment de recollida de mostres (Figura 5), així com les pautes per conservar-les adequadament i preparar tot el material necessari.

També es repassen les instruccions per a la recollida d'informació específica al camp, assegurant que tot l'alumnat entengui clarament el protocol a seguir.

RECORDEU que disposeu de **fitxes de camp i laboratori en format PDF** que us serviran per a la **recol·lecció de dades**. Aquestes fitxes us ajudaran a identificar amb més facilitat les variables que analitzarem en la vostra avaluació.

Fase 2: Sortida de camp i recollida de mostres.

La sortida de camp ofereix a l'alumnat l'oportunitat d'observar *in situ* les característiques dels diferents tipus de sòl i d'aplicar les tècniques de mostreig treballades prèviament a l'aula. Cada grup es desplaça al punt assignat dins de la zona de mostreig corresponent i duu a terme la recollida de mostres seguint les indicacions del guió de treball. Un cop finalitzada la presa de mostres i la recollida d'informació, l'alumnat torna a l'institut per preparar i conservar adequadament les mostres, segons els requeriments de les anàlisis que es duran a terme posteriorment al laboratori.

Fixeu-vos però, **que algunes de les descripcions i determinació de paràmetres es poden realitzar *in situ* directament al camp.**

Així que consulteu el document en el que us descrivim els passos a seguir al camp: *Primers passes per a l'AVALUACIÓ DE LA QUALITAT DE L'HORIZZÓ SUPERFICIAL DEL SÒL* abans d'anar al camp per tenir-ho tot més clar.

Però, per no deixar-vos res, aquí us deixem un petit esquema del que haureu de fer al camp com a mínim...

Al camp determinarem, per cada ús (urbà, agrícola i forestal)....

A) Descripció de la zona d'estudi

B) Presa de mostres per analitzar

C) Algunes mesures al camp: descripció d'algunes característiques del sòls in situ

C.1 L'estructura del sòl.

C.2 La matèria orgànica (Fracció particulada: grau de descomposició en els horitzons orgànics).

C.3 Volum mostrejat (V) i Volum de pedres (VEG): informació necessària pels càlculs de Densitat aparent i porositat.

C.4 Capacitat.

PRIMERES PASSES per a l'AVALUACIÓ de la QUALITAT DE L'HORIZZÓ SUPERFICIAL del SÒL

Aquest document és una guia pràctica per analitzar algunes de les propietats més rellevants dels sòls. L'objectiu principal és que pugueu comprendre per què el sòl és un recurs essencial per a la vida al planeta i com els diferents usos —com l'agricultura, la urbanització o altres activitats humanes— poden afectar-ne la qualitat i provocar-ne el deteriorament.

A través d'aquest protocol, us proposem descriure i comparar alguns indicadors senzills que permetin avaluar l'estat i la qualitat dels sòls del vostre municipi, tenint en compte tant l'ús que se'n fa com les condicions ambientals locals.

L'estudi se centra en els **primers 20 cm del sòl**, ja que és en aquesta capa on es concentra la major part de l'activitat biològica i el desenvolupament de les arrels. Cal tenir present, però, que moltes propietats importants del sòl, com la profunditat arrelable o la capacitat total de retenció d'aigua, només es poden determinar amb anàlisis més profundes.

És important remarcar que la **qualitat del sòl** no es pot resumir en un únic valor universal, ja que depèn de l'ús que se'n vulgui fer. Per exemple:

- Un sòl amb excés d'humitat pot ser ideal per a un aiguamoll, però inadequat per a conreus de cereals.
- Un sòl calcari pot afavorir determinats cultius, però no serà apte per a totes les espècies.
- Un sòl salí pot limitar l'agricultura, però pot acollir ecosistemes únics i d'alt valor ecològic.

Així doncs, **l'avaluació que proposem és general** i orientada a determinar si el sòl és adequat per al desenvolupament de les arrels i la fauna edàfica. Ara bé, això no implica que els sòls que no assoleixin aquests valors siguin completament desfavorables; simplement poden ser més apropiats per a altres usos.

Per facilitar-ne l'avaluació, hem establert **una sèrie de llindars (veure a l'annex d'aquest document o a [fitxes de camp i laboratori](#))** per a cadascuna de les propietats (variables) que us proposem estudiar. Aquests rangs corresponen a valors desitjables per a cada propietat i tenen com a objectiu servir-vos d'orientació. Tot i així, és important tenir present que es tracta d'un exercici en què simplifiquem la complexitat real.

RECORDEU que, per a aquest estudi, podeu descriure fins a tres zones diferenciades: agrícola, urbana i forestal. En cadascuna d'aquestes zones, quan sortim al camp per analitzar el sòl, seguirem els passos següents:

A) Descripció de la zona d'estudi

Primer de tot, hem de descriure bé el lloc on agafem la mostra. Això ens ajudarà a entendre millor com s'ha format el sòl i per què té unes característiques concretes. Cal apuntar les coordenades els diferents factors formadors:

- **Coordenades** (on està exactament el lloc).
- **Clima** (dades mitjanes de precipitació i temperatura, p.ex. diagrames ombrotèrmics).
- **Ús actual del sòl** (si s'hi cultiva, si és bosc, si és urbà).
- **Ús anterior** (si es pot saber).
- **Forma del terreny** (muntanya, vall, turó, vessant,...).
- **Representativitat de la superfície** (extensió aproximada del que descriurem)
- **Vegetació i el seu grau de recobriment** (quines plantes hi ha i quina cobertura tenen).
- **Afloraments rocosos i pedregositat superficial**

Codi	Classe	Superfície ocupada
0	Sense	Sense afloraments ni pedres
1	Molt pocs	<2%
2	Pocs	2-10%
3	Alguns	10-25%
4	Molts	25-50%
5	Abundants	50-90%
6	Dominants	>90%

AFLORAMENTS

ROCOSOS (roques que tenen continuïtat en profunditat) i pedregositat superficial (graves, còdols en superfície) (ICGC 2019)

Codi	Classe	Superfície ocupada
0	Sense	Sense elements grossos
1	Molt pocs	<1%
2	Pocs	1-5%
3	Alguns	5-15%
4	Molts	15-35%
5	Abundants	35-70%
6	Dominants	>70%

ABUNDÀNCIA
D'ELEMENTS
GROSSOS
SUPERFICIALS
(>2MM)

- **Tipus de roca** sota el sòl (perquè influeix en la formació del sòl).
- **Altres observacions** que ens semblin importants.

NOTA: És molt útil fer **fotos i esquemes** de la zona i de tot allò que ens sembli important per tenir un bon registre de l'estudi.

B) Presa de mostres per analitzar

Material necessari al camp

- Espàtula
- Mòbil amb Taula Munsell, pàgina <https://andrewwerth.com/color/>
- Pala de jardineria per fer els forats
- Bosses de plàstic tipus escombraries, resistents.
- Proveta de plàstic d'1 litre de boca ampla
- Bidó amb aigua

Un cop hem descrit la zona d'estudi, agafarem una mostra de terra per portar-la al laboratori.

A la sessió prèvia ja haurem triat la zona d'estudi. Quan arribem, cada grup es col·locarà segons la disposició requerida (Figura 5), deixant com a mínim **1 metre de marge** respecte al camí o a les vores de la parcel·la. Així evitem l'efecte vora i ens assegurem que la mostra representa bé el sòl que volem estudiar.

Un cop cada grup està ubicat en el punt designat, procedirem a la recollida de mostres de la següent manera:

Procediment general de mostreig del sòl

1. Retirada de la capa superficial
 - Traiem la fullaraca i la vegetació present.
 - Aprofitem per descriure'n els components (tipus de fulles, branques, restes orgàniques, etc.).
2. Fer el forat per al mostreig d'indicadors físic-químics

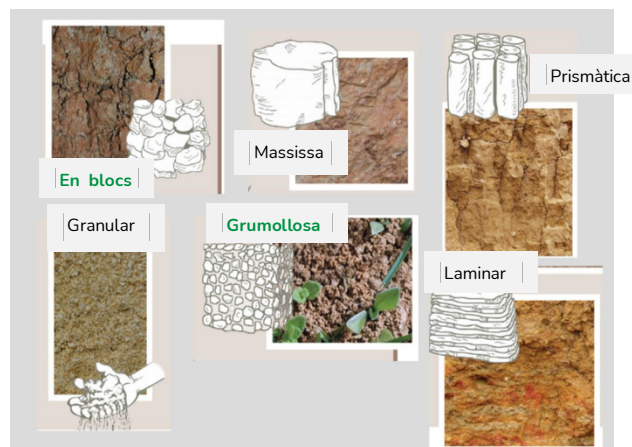
- Abans fes la prova de la compacitat clavant una espàtula.
 - Després, amb una pala, excavem un forat d'aproximadament 20 × 20 × 20 cm.
 - 3. Mostra addicional per a biodiversitat
 - A més del forat, agafem una mostra amb un tub (diàmetre aproximat: 5 cm; llargada: 10 cm).
 - Aquesta mostra s'utilitzarà per determinar la biodiversitat del sòl.
 - 4. Organització de les mostres
 - Obtindrem dues mostres diferenciades, que recollirem en bosses zip de plàstic separades segons el tipus d'anàlisi:
- A. Mostra per a la determinació de propietats fisicoquímiques **(Sessions 3 i 4)**
- **Quantitat:** aproximadament **1 kg**
 - **Procedència:** forat de **20 × 20 × 20 cm**
 - **Destí:**
 - En arribar al laboratori, **posar a assecar**.
 - **Abans de fer-ho, peseu 20 g** per a la determinació del **continu d'aigua** i deixeu aquesta fracció **assecar a part**
- B. Mostra per a l'anàlisi biològica del sòl **(Sessions 5)**
- **Quantitat:** aproximadament **250 g**
 - **Condicció:** mantenir la mostra **el més inalterada possible**
 - **Procedència:** forat realitzat amb un **tub** en una zona **pròxima al forat de mostreig**
 - **Destí:**
 - En arribar al laboratori, col·loqueu la mostra als **embuts Berlese** per a l'extracció de fauna.
 - Si no és possible fer-ho immediatament, **conserveu les mostres a la nevera** i realitzeu el procés **l'endemà**.

Abans de marxar del camp però...

Farem algunes mesures al camp

C. Algunes mesures al camp: descripció d'algunes característiques dels sòls *in situ*

C.1 L'estructura del sòl (vegeu l'esquema a la dreta) fa referència a la manera com s'organitzen espacialment els seus components en agregats o terrossos, i a com aquesta disposició tridimensional genera i manté un volum buit —la porositat— amb una morfologia característica segons el tipus d'estructura. L'estructura és essencial per l'aireació del sòl, el seu drenatge, la resistència a l'erosió i el desenvolupament de les arrels. Aquestes característiques estructurals sovint es perden durant la presa de mostres i el seu transport al laboratori, especialment quan se separa la fracció de terra fina per a les anàlisis. Per aquest motiu, és fonamental fer les observacions estructurals directament al camp.



Cal avaluar el **grau de desenvolupament de l'estructura** (vegeu Taula abaix). Si s'identifiquen formes estructurals, en un estudi més detallat descriurem la morfologia i la mida dels agregats.

GRAU DE DESENVOLUPAMENT DE L'ESTRUCTURA (només per estructura de blocs, grumollosa, prismàtica i laminar)

Codi	Classe	Descripció
D	Dèbil	Els agregats són tot just observables al lloc i només hi ha una disposició feble de les superfícies naturals. Quan està poc alterat, el material del sòl es trenca en una barreja d'agregats complets, molts agregats trencats i molt material sense cares agregades. La cara superficial dels agregats difereix una mica de l'interior dels agregats.
M	Moderada	Els agregats són observables al lloc i hi ha una disposició clara de les superfícies naturals. Quan està alterat, el material del sòl es trenca en una barreja de molts agregats complets, alguns agregats trencats i poc material sense cares agregades. La cara superficial dels agregats mostra generalment diferències clares amb l'interior dels agregats.
F	Forta	Els agregats són clarament observables al lloc i hi ha una disposició prominent de les superfícies naturals de feblesa. Quan està alterat, el material del sòl se separa principalment en agregats complets. La superfície dels agregats difereix generalment de manera notable de l'interior dels agregats.

Una alternativa per a avaluar l'**estabilitat estructural**, és fer servir l'app d'accés lliure *Slake* (en anglès) desenvolupada pel Soil Health Institute (Slake) que permet assignar un índex d'estabilitat per comparació dels agregats de sòl inalterats i un cop s'han submergit en aigua, utilitzant el mòbil. Com més inestable sigui l'estructura, més es desfaran els agregats.

Feu-li almenys un cop d'ull clicant aquí: <https://soilhealthinstitute.org/our-work/initiatives/slides/#download>

C.2. Pel que fa a **la matèria orgànica**, tot i representar una fracció quantitativament menor, té una gran rellevància qualitativa.

En els horitzons minerals es pot avaluar de forma indirecta o qualitativa amb el COLOR (**vegeu determinació del color del sòl Sessió 3**), i de forma directa amb les anàlisis de laboratori, que proporcionen dades sobre la quantitat de compostos orgànics (**Sessió 4**).

En el cas dels horitzons de fullaraca o virosta (horitzons orgànics), cal complementar-les amb observacions de camp sobre l'abundància i el tipus de restes orgàniques presents (**vegeu taula a continuació**). Aquestes observacions són útils per identificar el tipus d'humus i per avaluar la qualitat i l'estat de conservació del sòl.

GRAU DE DESCOMPOSICIÓ DE LA MATÈRIA ORGÀNICA EN LA CAPA DE FULLARACA (HORITZONS ORGÀNICS)

Codi	Classe
a	Massa molt fosca (humus), no es distingeixen clarament cap tipus de teixits ni d'òrgans vegetals
e	Barreja de massa fosca i restes de teixits i òrgans vegetals (branquetes, fulles, ...)
i	Gairebé completament compost per restes de teixits i d'òrgans vegetals poc descomposts que es reconeixen (fulles, acícules, branquetes,...)

Finalment, cal identificar **indicis d'activitat biològica**, com ara galeries, dejeccions o altres **rastres d'organismes edàfics**. La presència d'aquests elements sol estar associada a sòls ben estructurats, rics en nutrients i en bon estat de conservació.

També és important descriure la presència i l'estat de les **arrels** que exploren el perfil, ja que aporten informació rellevant sobre la fertilitat, la compacitat i la penetrabilitat del sòl. Se'n descriu l'abundància, la seva mida i si són vives o mortes. Sempre que sigui possible, és recomanable identificar l'espècie vegetal a la qual pertanyen. Tot i que aquest aspecte no es reculli explícitament a la fitxa de camp, és important anotar si les arrels presenten una orientació preferent o si es distribueixen de manera uniforme.

C.3. Presa de informació pels càlculs de Densitat aparent i porositat: volum de sòl mostrejat.

Aquesta mesura es important per fer els càlculs de densitat aparent i porositat (tens mes informació en l'apartat corresponent). Però per tal de no oblidar-nos, us resumim breument com fer-ho aquí:

Quin es el volum de sòl que hem mostrejat (V)? Al camp, un cop fet el forat el folrarem amb una bossa de plàstic a dins, oberta, i anirem abocant aigua amb la proveta, apuntant el volum gastat fins que l'aigua arribi a la superfície del sòl.

Quin es el volum de pedres que té el sòl que hem mostrejat (V_{EG})?

De la nostra mostra de sòl, escollirem unes 3-4 pedres que puguin entrar a la proveta. Pesarem cada pedra i en mesurarem el volum de cadascuna omplint la proveta fins a la meitat, introduint la pedra i mesurant el volum que desplaça. Dividim la massa pel volum i obtenim la densitat de les pedres fent la mitjana de les repeticions (recorda que cada equip de treball correspon a una repetició). Dividim M_{EG} per aquesta densitat i obtindrem el volum de totes les pedres V_{EG} .

NOTA: Aquests passos també estan descrits més endavant a la secció Densitat aparent i porositat. No cal repetir-los; simplement els hem indicat aquí per facilitar el seguiment del procediment.

C.4 Compacitat

A més de la densitat aparent, que indica indirectament la porositat del sòl, la compacitat pot avaluar-se mitjançant una prova simple que consisteix en estimar la força que cal per a fer penetrar una espàtula rígida o ganivet de punta rodona no afilat al sòl, perpendicular a la superfície o a la cara del perfil, segons els criteris del quadre:

Classe	Descripció
No coherent	L'espàtula penetra sense esforç fins al mànec
Poc compacte	Cal un petit esforç per a introduir l'espàtula
Compacte	L'espàtula només penetra de manera parcial fins i tot realitzant un esforç gran
Molt compacte	L'espàtula només es pot introduir uns pocs mil·límetres.

Finalment anem cap al laboratori!

No treballem en les anàlisis encara, però hem de guardar les mostres de manera adequada perquè els resultats siguin de qualitat

En arribar del camp, preparem el material recollit segons el tipus d'anàlisi a realitzar...

A. Mostra de sòl extreta del forat 20 × 20 × 20 cm (anàlisi fisicoquímica)

La mostra recollida del forat s'ha de conservar íntegrament en una bossa de plàstic tipus zip o similar i deixar-la assecar.

Procediment

1. Retirada de materials grossos

- Abans d'assecar, elimineu manualment pedres i arrels > 5 mm i reserveu-los per separat.
- Aquesta fracció també s'ha d'assecar (a l'aire o a l'estufa), ja que forma part de la massa d'elements grossos juntament amb la porció > 2 mm.
- Aquesta informació s'utilitza per calcular densitat aparent i porositat (vegeu la secció corresponent).

2. Reserva per a la determinació del contingut d'aigua (15–20 g)

- Abans d'assecar la mostra, peseu uns 20 g en un vas d'orina (o recipient similar).
 - Anoteu el pes del recipient per disposar de la tara.
 - Introduïu la mostra, peseu-la i registreu el pes del sòl en fresc (PF).
 - Deixeu assecar fins a pes constant a l'aire o, si en disposeu, a l'estufa.
- IMPORTANT:** Si no podeu fer aquestes mesures immediatament, feu-les el primer dia de laboratori. En aquest cas, guardeu la mostra a la nevera en una bossa zip ben tancada per evitar pèrdua d'aigua.

3. La resta del sòl 'hem d'assecar

- Esteneu la mostra sobre un material impermeable (p. ex., safata de plàstic).
- Si el sòl és molt humit, eviteu que es compacti.
- Idealment, al cap d'un dia, passeu un rodet per trencar blocs i evitar compactació.
- Deixeu assecar la mostra a temperatura ambient **durant mínim una setmana**.

4. Tamisat i pesatge

- Un cop seca, tamiseu amb una malla/tamís de 2 mm i peseu les dues fraccions:
 - Materials grossos (> 2 mm), incloent-hi els separats manualment al primer pas.
 - Terra fina (< 2 mm).

B. Mostra de sòl extreta amb tub de 5 × 10 cm (anàlisi biològica)

La mostra obtinguda amb el tub de 5 cm de diàmetre x 10 cm de llarg s'ha de recollir íntegrament en una bossa de plàstic tipus zip o similar. Cal recollir aproximadament 250 g de sòl per mostra.

IMPORTANT: Abans de començar, hem de tenir el sistema de Berlese muntat per poder col·locar les mostres i iniciar l'extracció d'organismes.

El sistema Berlese (vegeu **Sessió 5** per més informació)

El sistema Berlese és una tècnica clàssica per extreure fauna edàfica petita (com col·lèmbols, àcars, larves) a partir de mostres de sòl o fullaraca. El principi és senzill:

Com funciona?

1. Es col·loca la mostra en un embut amb una malla que la sosté.
2. A la part superior s'aplica una font de llum i calor (normalment una bombeta).
3. La llum i la calor creen un gradient: la part superior s'asseca i s'escalfa, fent que els organismes es desplacin cap avall per evitar la dessecació.
4. A la base de l'embut hi ha un recipient amb alcohol (o un altre conservant) on els organismes cauen i queden preservats.

Procediment en arribar del camp

En arribar, aboca el contingut íntegre de la mostra sobre el sistema Berlese prèviament muntat.

Tingues en compte:

- Si no pots col·locar les mostres immediatament al sistema Berlese, guarda-les a la nevera.
- No tamisar les mostres.
- Pertorba-les el mínim possible per evitar malmetre els organismes que volem observar.

Sessió 3. Avaluació de propietats físiques

Durada total: 2 hora aprenentatge + 2 h servei

La durada de la sessió inclou el temps de preparació de les mostres, la determinació de les diferents propietats i els càlculs associats

Avui determinarem....

3.a Determinació del color del sòl

3.b Densitat aparent i porositat

3.c Granulometria de la terra fina: determinació de la textura

3.a. El Color del sòl. *Opcionalment es pot determinar a CAMP o al LAB segons l'organització i preferències dels grups.*

El **color del sòl** és molt important, no només per classificar-lo, sinó també com a indicador d'alguns components, com per exemple la matèria orgànica o els òxids de ferro. Per descriure el color, utilitzem una guia especial anomenada **codi Munsell** (<https://andrewwerth.com/color/>), que ens permet identificar els colors de manera precisa i que és el codi adoptat a tot el món per a descriure el color del sòl.

Sempre descrivim el color de la matriu del sòl, és a dir, la fracció fina ben separada, per evitar confusions causades per ombres o irregularitats superficials. Al camp, observem el color de la mostra humida —i si està seca, la podem humitejar lleugerament. Si també es fa al laboratori, és recomanable fer-ho de manera paral·lela per garantir la coherència en les observacions.

Avaluació del color

Es fa determinant-lo amb els colors de la Taula Munsell general que es poden veure a la pàgina https://andrewwerth.com/color/#hue2_5YR. El color cal determinar-lo en humit (ja que desconexim quina és la humitat exacta del sòl quan el descrivim al camp): s'aplica una mica d'aigua a un terròs, es deixa absorbir i es determina quan la làmina brillant d'aigua desapareix de la superfície, preferiblement a l'ombra (mòbil, ulls i terròs). El color Munsell es descriu amb tres variables: el matís (o longitud d'ona, normalment la barreja de vermell i groc), la lluisor o brillantor que és el grau de clar o fosc del color, i la croma o intensitat cromàtica, que mesura com de fort és el color (proporció de gris o de color). Per exemple, un color 2,5YR 4/6 tindrà un matís 2,5YR (YR de yellow i red), una lluisor de 4 i una intensitat cromàtica de 6.

Els matisos (longitud d'ona) més freqüents als sòls de Catalunya són el 7,5YR i el 10YR. En alguns sòls molt vermells (terres rosses), podem trobar colors 5YR o més vermells, que indiquen més quantitats d'òxids de ferro deshidratats, com l'hematita.

Cada pàgina del codi Munsell correspon a un matís. Dins de cada matís hi ha una doble entrada per la llüïssor (vertical) i la croma o intensitat (horitzontal). Els colors més foscos serien aquells de baixa llüïssor i baixa croma, i indiquen quantitats més altes de matèria orgànica.

Es consideren sòls “negres” (alta fertilitat) quan la llüïssor i la croma estan per sota de 3,5 tots dos.

3.b Densitat aparent i porositat

El sòl, des del punt de vista físic, és un sistema porós (Figura 6), format de partícules sòlides i els porus o buits que es troben entre ells (canals d'arrels, esquerdes o fissures, galeries de cucs i insectes,...). Un sòl amb suficient espai porós serà capaç d'airejar-se després d'una pluja i també d'emmagatzemar aigua en els porus més fins com si fos una esponja per a que les plantes i els organismes la puguin absorbir. La porositat del sòl es defineix com el volum de porus dividit pel volum total del sòl sense alterar, és a dir, tal com es troba de forma natural, sense compactar-lo ni aixafar-lo. Aquest darrer volum s'anomena volum aparent. Quan el sòl conté pedres, aquest espai porós es veu reduït, ja que les pedres o elements grossos (amb una mida més gran que 2 mm) tenen una porositat molt baixa, gairebé nul·la. La fracció de partícules minerals del sòl lliure d'elements grossos (amb mides menors que 2 mm) s'anomena terra fina, que és la que precisament actua d'esponja i que es pot deformar i compactar, amb la qual cosa pot dificultar que les arrels hi penetrin i pot perdre qualitat com a hàbitat per a la biodiversitat.

La porositat del sòl es calcula a partir de la seva densitat aparent, que de forma estandarditzada és la densitat del sòl lliure d'elements grossos. Per a calcular-la ens caldrà conèixer el volum total de la mostra de sòl, el volum de pedres que conté, i la massa de terra fina, que s'obtenen segons l'esquema:

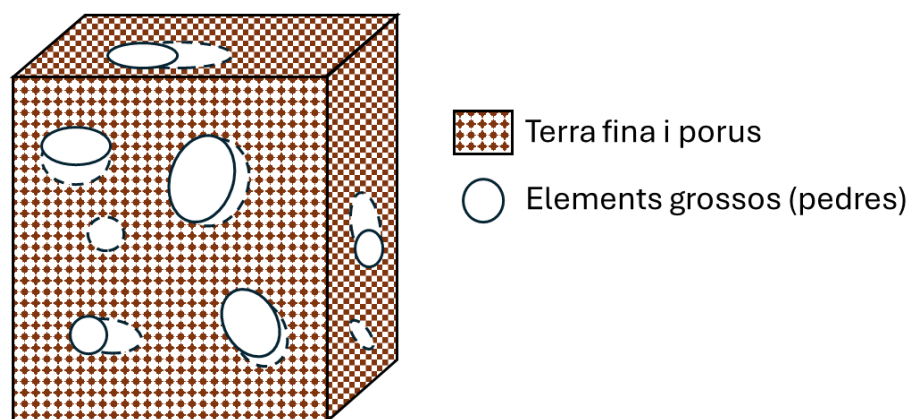


Figura 6. Esquema dels principals components del sòl que seran objecte de mostreig.

Cadascuna de les fraccions tindrà un volum i una massa, menys els porus que només tenen volum. Es compleix:

$$V = V_{EG} + V_{TF} + V_P$$

$$M = M_{EG} + M_{TF}$$

Determinarem les variables segons el quadre.

Us recordem alguns passos que vam fer al camp per a que quedi més clar el procediment:

	Massa (g)	Volum (cm ³)
Sòl sencer	M ① Vam fer un forat aproximadament 20x20x20 cm, guardant tot el sòl sencer en una bossa. La vam portar al laboratori i la hem deixat assecar el sol, amb la bossa oberta o en una safata de plàstic gran en un lloc ventilat durant 1 setmana aproximadament. Un cop seca la pesarem.	V ② Al camp, un cop fet el forat el folrarem amb una bossa de plàstic a dins, oberta, i anirem abocant aigua amb la proveta, apuntant el volum gastat fins que l'aigua arribi a la superfície del sòl.
Elements grossos	M _{EG} ③ Tamisarem tot el sòl per un tamís de 2 mm, i pesarem tot el que no passa pel tamís.	V _{EG} ④ Escollirem unes 3-4 pedres que puguin entrar a la proveta. Pesarem cada pedra i en mesurarem el volum de cadascuna omplint la proveta fins a la meitat, introduint la pedra i mesurant el volum que desplaça. Dividim la massa pel volum i obtenim la densitat de les pedres fent la mitjana de les repeticions. Dividim M _{EG} per aquesta densitat i obtindrem el volum de totes les pedres V _{EG} .
Terra fina	M _{TF} ⑤ S'obté o bé pesant el que passa pel tamís, o fent la diferència M-M _{EG} =M _{TF}	V _{TF} ⑥ S'obté considerant que les partícules minerals que formen la terra fina tenen una densitat constant de 2,65 g/cm ³ (densitat real). Cal dividir aleshores la massa de terra fina M _{TF} per aquesta densitat i obtenim el V _{TF} .
Porus	-	V _P ⑦ S'obté per diferència: $V_P = V - V_{EG} - V_{TF}$

Càlcul de la densitat aparent i de la porositat

Densitat aparent (sense pedres):

$$DA = \frac{M_{TF}}{V - V_{EG}}$$

Porositat (sense pedres):

$$Porositat(\%) = \frac{V_P}{V - V_{EG}} \times 100$$

Alternativament pot obtenir-se la mateixa porositat així:

$$Porositat(\%) = 1 - \frac{DA}{2,65} \times 100$$

NOTA: es pot proposar com a exercici demostrar que les dues expressions són iguals.

Valors acceptables pel desenvolupament de les arrels de **DA són 1,2 a 1,3 g/cm³**, que corresponen a **porositats d'aproximadament un 50-55%**. Valors per sobre de 1,5 g/cm² són excessius i dificulten el creixement de les arrels. Valors molt baixos (1 g/cm³ o menors) són propis de sòls volcànics o orgànics

3.c Granulometria de la terra fina

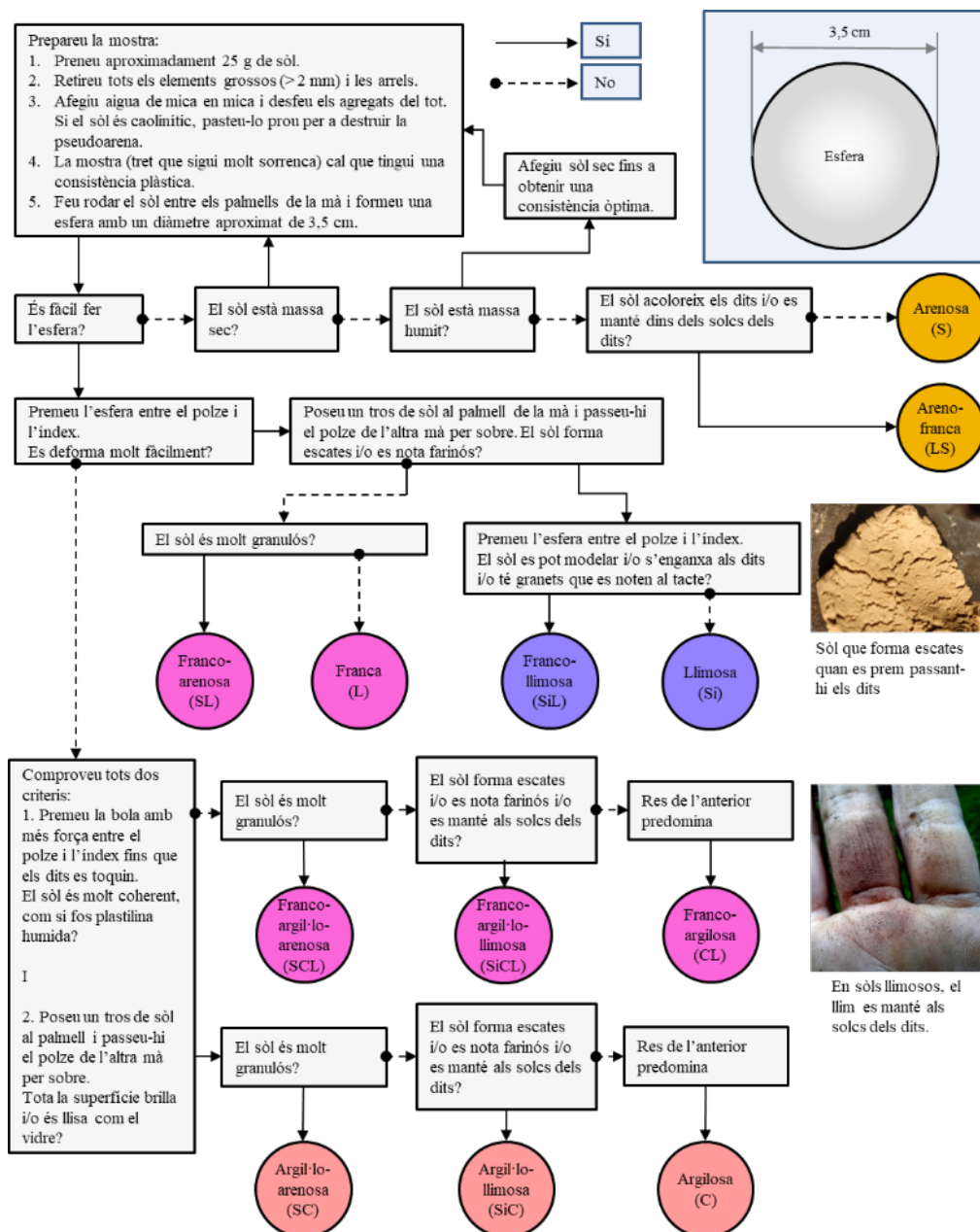
A diferència dels fragments grossos, la **terra fina** és la part del sòl amb la qual treballarem el gruix d'anàlisi al laboratori.

La terra fina es compon de tres fraccions segons la mida de les partícules minerals: sorra o arena (entre 0,05 mm i 2 mm), llim (entre 0,002 mm i 0,05 mm), i argila (menor de 0,002 mm o 2 micròmetres). La proporció relativa de les tres fraccions és el que coneixem com granulometria, que de forma sintètica es poden representar en diagrames triangulars (vegeu figura 7) que les agrupen en classes de textura. Així, podem tenir textures arenoses si predomina la sorra, textures llimoses si predominen els llims, o textures argiloses si predomina l'argila, i textures franques si les tres fraccions estan equilibrades.

La **prova de textura al tacte**, serveix per a saber quin tipus de textura tenim de forma aproximada sense necessitat d'analitzar-la al laboratori. Per fer-la, agafem una mica de terra fina de l'horitzó que volem estudiar, la mullem amb aigua fins que es pugui **modelar com si fos plastilina**.

Per determinar la textura seguim les instruccions del diagrama de flux següent:

Diagrama de flux per a la determinació de la classe textural dels sols estudiat



Les textures més adequades són les que tenen un equilibri entre sorra, llim i argila, és a dir, les **franques**.

Mètode alternatiu per determinar la classe textural

Per a estimar de forma aproximada les proporcions de llim, sorra i argila, es pot fer servir també el mètode del pot al laboratori (Jeffers, 2023, modificat: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/soil-texture-analysis-the-jar-test/>).

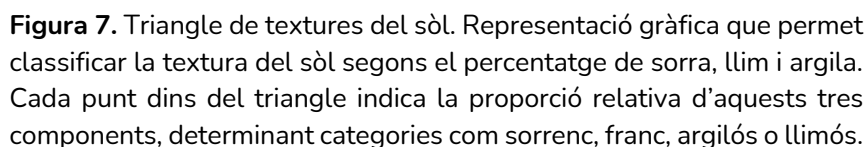
Materials:

- Pot transparent de parets rectes
- Retolador permanent
- Regle
- Rellotge o cronòmetre
- Sedàs metàl·lic o escorredor vell
- Calgon (de rentadores)

Procediment:

- Amb el sedàs o escorredor, garbelleu el sòl per eliminar restes, pedres i grans fragments de matèria orgànica (fulles, branques, arrels, etc.).
- Ompliu el pot fins a $\frac{1}{3}$ amb el sòl que es vol analitzar.
- Ompliu la resta del pot amb aigua neta, deixant un espai a la part superior.
- Afegiu mitja culleradeta de "Calgon" (de rentadora) per a dispersar les argiles.
- Tapeu el pot i agiteu-lo amb força fins que el sòl formi una barreja homogènia.
- Poseu-lo en una superfície plana i cronometreu 1 minut.
- Marqueu a l'exterior del pot el nivell de la capa de sorra grossa que s'ha sedimentat
- Deixeu el pot en un lloc pla durant 2 hores.
- Marqueu amb el retolador permanent la part superior de la següent capa sedimentada. Aquesta és la capa de llim.
- Deixeu el pot en un lloc pla durant 48 hores.
- Marqueu amb el retolador permanent la part superior de la següent capa. Aquesta capa d'argila s'ha sedimentat damunt de la de llim.
- Amb un regle, mesureu i anoteu l'alçada de cada capa i l'alçada total de les tres capes juntes, i calculeu el percentatge de cadascuna (p. ex. amb regles de tres).
- Feu servir la fitxa d'anàlisi de textura del sòl per enregistrar els resultats.

c) El percentatge de sorra és a la base, en sentit invers, amb línies diagonals ascendents de dreta a esquerra.



Sessió 4. Propietats químiques

Durada total: 1 hora aprenentatge + 2 h servei

La durada de la sessió inclou la determinació de les diferents propietats i els càlculs associats

Avui determinarem....

- 4.a El contingut d'aigua al sòl
- 4.b Mesurem la quantitat de matèria orgànica del sòl
- 4.c Detectarem la presència de sulfats i clorurs
- 4.d Determinarem la presència de carbonats
- 4.e Mesurarem el pH i la conductivitat elèctrica del sòl

4.a Determinació del contingut d'aigua al sòl

Objectiu: Determinar la **quantitat d'aigua continguda al sòl**, indicador de la seva **capacitat de retenció hídrica**, un factor essencial per al **creixement vegetal** i l'**activitat biològica**.

Un sòl amb **baixa disponibilitat d'aigua** pot limitar la **fertilitat**, reduir la **biodiversitat** i afectar negativament el funcionament de l'ecosistema..

Materials necessaris

- Balança (2 decimals si pot ser)
- Vasets d'alumini o pots d'orina
- Opcionalment: Estufa

A continuació es descriu el procés.

Algunes instruccions ja s'havien indicat per fer **en arribar del camp**; les repetim per assegurar que es compleixin correctament.

Si en aquell moment **no les vau aplicar** i vau conservar la mostra a la **nevera**, ara podeu reprendre els passos sense problema.

RECORDEU que havíem reservat uns 20 g de mostra de sòl extreta del forat de 20x20x20 fet al camp per a aquesta determinació.

1. Preparació de la mostra

- Col·loqueu la mostra dins d'un vas d'orina (o recipient similar).
- Abans, anoteu el pes del recipient per disposar de la tara.
- Introduïu la mostra, peseu-la i registreu el pes en fresc (PF).
- Deixeu-la assecat fins a pes constant a l'aire o, si en disposeu, a l'estufa.

2. Pesatge final

- Un cop seca, torneu a pesar el recipient amb la mostra.

3. Càlcul del percentatge d'humitat (H)

$$H = \frac{P_{\text{humida}} - P_{\text{seca}}}{P_{\text{seca}}} \times 100$$

On:

- P_{humida} = pes de la mostra abans de l'assecat (incloent el recipient).
- P_{seca} = pes de la mostra després de l'assecat (incloent el recipient).

(*) Si per qualsevol motiu canvieu el recipient on heu deixat assecar el sòl, cal restar els pesos corresponents de cada vas (tares) per evitar errors en l'estimació, ja que les diferències de pes entre recipients podrien alterar el resultat.

4.b Mesurem la quantitat de matèria orgànica del sòl segons el protocol d'estimació amb aigua oxigenada i globus

Objectiu: Fer una valoració qualitativa de la quantitat de matèria orgànica present al sòl estudiat.

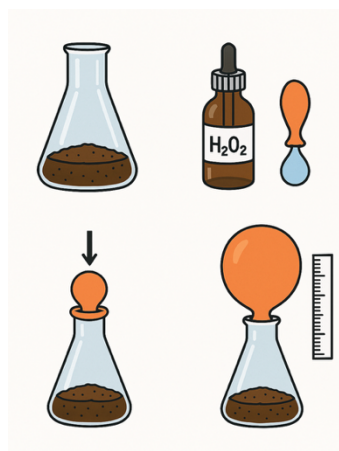
Penseu que la matèria orgànica és clau per la fertilitat, estructura i capacitat de retenció d'aigua i nutrients. Nivells baixos indiquen sòls degradats o amb poca activitat biològica. Ç

Aquesta mesura és complementària a la informació obtinguda mitjançant la determinació del color del sòl.

Per fer aquesta valoració, observarem la reacció entre la matèria orgànica del sòl i l'aigua oxigenada (H_2O_2) i estimarem la quantitat de matèria orgànica a partir del volum de gas generat, capturat en un globus. La reacció entre la matèria orgànica del sòl i l'aigua oxigenada (H_2O_2) genera oxigen (O_2). El volum de gas capturat en un globus és proporcional a la quantitat de matèria orgànica oxidada.

Material necessari

- **Mostra de sòl seca i tamisada (<2 mm)**
- Aigua oxigenada (H_2O_2) al 10–30%
- Provetes o flascons de vidre amb coll estret (Erlenmeyers)
- Globus petits
- Balança de precisió
- Embut
- Guants i ulleres de protecció
- Cinta mètrica o regla



Procediment

ATENCIÓ: L'aigua oxigenada és reactiva. Utilitzeu guants, ulleres i trebal·leu en un espai ben ventilat.

No tapeu hermèticament el flascó ni escalfeu la mescla.

1. Preparació de la mostra

- **De la fracció de terra fina (< 2 mm), peseu 20 g** de sòl sec i col·loqueu-lo dins del flascó/erlemeyer.

2. Col·locació del globus

- Amb un embut, ompliu el globus amb 20–30 ml d'aigua oxigenada.
- Sense vessar el líquid, col·loqueu el globus sobre el coll del flascó amb el sòl.

3. Inici de la reacció

- Abocar l'aigua oxigenada dins del flascó perquè entri en contacte amb el sòl.
- La reacció amb la matèria orgànica generarà oxigen (O₂), que inflarà el globus.

4. Mesura del volum de gas

- Un cop finalitzada la reacció (aprox. 10–15 minuts), mesurar la circumferència i l'alçada màxima del globus amb una cinta mètrica.
- Registrar les dades per comparar entre diferents tipus de sòl.
- Càlcul del volum d'aire obtingut per geometria del globus

5. Estimació per geometria del globus

- Amb el **diàmetre** del globus (cm) mesurat i assumint que el globus té una forma esfèrica, podem calcular el volum del globus segons:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \text{ on } r = \frac{\text{diàmetre}}{2}$$

5. Interpretació

- Globus molt inflat: mostra amb alta quantitat de matèria orgànica.
- Inflats moderats: contingut mitjà.
- Inflats mínims o nuls: sòl pobre en matèria orgànica.

4.c. Mètode per a detectar la presència de sulfats i clorurs

Moltes de les sals solubles responsables de la salinitat són sulfats (com la tenardita Na₂SO₄ o la mirabilita Na₂SO₄·10H₂O) o clorurs (com l'halita NaCl o la silvita KCl). Conèixer la naturalesa de la salinitat pot ajudar a trobar un tractament adequat.

La presència d'ions sulfat (SO₄²⁻) o clorur (Cl⁻) a la solució es pot detectar fàcilment al camp amb dos reactius específics que contenen cations de bari o plata, els quals els fan precipitar com a sulfat de bari (BaSO₄) o clorur de plata (AgCl), respectivament. El mètode per detectar sulfats també és útil per determinar la presència de guix (CaSO₄·2H₂O), que no es considera una sal soluble (solubilitat al voltant de 2,3 g/l).

Objectiu: Detectar la presència de sulfats (inclòs el guix) i clorurs al sòl per detectar problemes donat que concentracions elevades poden indicar salinització, que afecta la disponibilitat d'aigua per a les plantes i pot ser perjudicial per cultius sensibles. La no presència d'aquestes sals un indicador de qualitat química.

Material necessari

- 2 tubs d'assaig (de vidre o plàstic transparent)
- Embut petit
- Paper de filtre
- Solució de BaCl₂ (clorur de bari) al 10% (per detectar sulfats) o
- Solució d'AgNO₃ (nitrat de plata) al 5% (per detectar clorurs)
- Ganivet petit o espàtula
- Aigua desionitzada

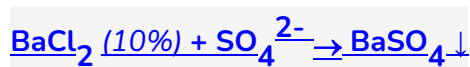
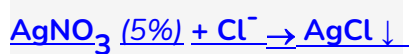
Procediment

- Agafa una petita porció de sòl amb la punta de l'espàtula i col·loca-la al tub d'assaig.
- Afegeix aigua desionitzada de manera que la proporció sòl/aigua sigui aproximadament d'1/10. Tapa el tub amb el dit polze i agita vigorosament durant alguns segons.
- Col·loca l'embut al segon tub d'assaig, cobreix-lo amb el paper de filtre i aboca-hi la mescla per filtrar-la.
- Espera uns minuts fins que tinguis aproximadament 1 cm de filtrat.
- Afegeix una gota de la solució de clorur de bari (per detectar sulfats) o de nitrat de plata (per detectar clorurs) al filtrat.
- Si es forma un núvol de precipitat, conté sulfats o clorurs.



Són proves molt ràpides que poden aplicar-se a sòls, crostes salines, acumulacions o fins i tot directament a aigües (aigua subterrània, de reg). En ser proves qualitatives que no poden mesurar la quantitat absoluta de sals, es necessiten mesures addicionals en laboratori. Un sòl no salí no hauria de reaccionar amb cap dels dos reactius.

Estequiometria de les reaccions que es produeixen ([mira't els links](#), [clica sobre la reacció](#))



4.d. Mètode qualitatiu per la determinació dels carbonats

Objectiu: Determinar la presència de carbonats al sòl, principalment de calci.

Pensa que els carbonats influeixen en el pH i en la disponibilitat de nutrients. Un excés pot limitar la disponibilitat de fòsfor per a les plantes i l'absorció de micronutrients com ferro o zinc, afectant la fertilitat. Per altra banda, el carbonat de calci afavoreix l'estabilitat de l'estructura i immobilitza alguns elements que poden ser tòxics.

Al laboratori (o al camp també) podem fer aquesta prova que consisteix a posar unes gotes d'àcid clorhídric (HCl 11%) sobre una mica de mostra de sòl. Si hi ha carbonats (sobretot de calci: CaCO_3), veurem que fa bombolles de CO_2 (efervescència, veure Figura 8). Com més bombolles, més carbonats hi ha.

Podem fer aquesta prova al:

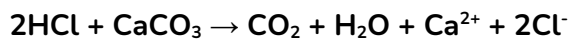
- Laboratori: sobre una part de la terra fina (<2mm) al lab
- Al camp: A la vora del nostre forat, sobre fragments de roca, pedres o altres elements sòlids

Material que necessitem

- HCl 17,5% en un goter petit

REACCIÓ AL HCl i CONTINGUT DE CARBONATS APROXIMAT

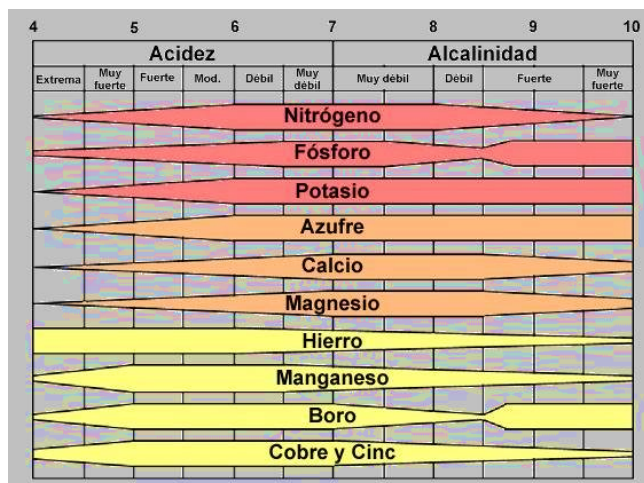
% CaCO_3	Classe	Reacció
0	No calcari	Efervescència no audible ni visible
0-2	Lleugerament calcari	Efervescència audible però no visible.
2-10	Moderadament calcari	Efervescència amb prou feines visible.
10-25	Molt calcari	Efervescència fortament visible, les bombolles formen una mica d'escuma
>25	Extremadament calcari	Reacció extremadament forta. Es forma escuma ràpidament.

$$2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$$


Efervescència observada en afegir àcid clorhídric a un sòl amb presència de carbonats. La reacció indica la descomposició dels carbonats i l'alliberament de diòxid de carboni (CO_2), utilitzada com a prova qualitativa per detectar carbonats en mostres de sòl.

Objectiu: Obtenir els valors de pH i conductivitat del sòl per **determinar problemàtiques de salinitat, alcalinitat o acidificació**

Recorda que el pH controla la solubilitat i disponibilitat de nutrients. Valors extrems (massa àcid o massa bàsic) poden ser limitants per a la vida del sòl. La disponibilitat de nutrients en funció del pH (línia superior) es mostra en aquest gràfic (*Diagrama de Trough*):



i la Conductivitat elèctrica és la mesura de la salinitat total. Depèn de la relació sòl/aigua amb la que es fa la suspensió. Valors alts indiquen risc per a cultius i microorganismes.

Material necessari

- Mostra de sòl seca i tamisada (<2 mm)
- Vas de precipitats (100–250 ml)
- Aigua destil·lada
- Agitador de vidre o vareta
- pH-metre calibrat
- Conductímetre calibrat
- Pipeta o proveta
- Paper i bolígraf per registrar dades

1. Preparació de la suspensió sòl-aigua

- Pesar **10 g de sòl** tamisat i col·locar-lo en un vas de precipitats.
- Afegir **25 ml d'aigua destil·lada** (relació sòl-aigua 1:2,5) pel pH, i **50 ml d'aigua destil·lada** per la conductivitat.
- Barrejar amb l'agitador durant **1 minut**.
- Deixar reposar la suspensió durant **30 minuts**, remenant suaument cada 10 minuts.

2. Mesura del pH

- Introduir l'elèctrode del pH-metre a la suspensió.
- Esperar que la lectura s'estabilitzi.
- Registrar el valor del pH.

3. Mesura de la conductivitat elèctrica

- Rentar l'elèctrode del conductímetre amb aigua destil·lada.
- Introduir-lo a la mateixa suspensió.
- Esperar que la lectura s'estabilitzi.
- Si el conductímetre té un calibratge per la temperatura, corregir-lo a una temperatura de 25°C.
- Registrar el valor en **dS/m** (decisiemens per metre) a 25°C.

Valors de referència

- pH extracte 1:2,5 en aigua: <https://www.iec.cat/mapasols/Cas/Llibre.asp?Id=6>, p. 37.
Valors adequats de pH: entre 6,5 i 8,5 (pels sòls de Catalunya) .
- Conductivitat Elèctrica (CE) de l'extracte 1:5:
<https://www.iec.cat/mapasols/Cas/Llibre.asp?Id=6>, p. 49
Valors adequats de CE_{1:5}: ≤0,2 dS/m a 25°C (sòls no salins, excepte quan tenen guix).

Si la CE dona > 0,2 dS/m a 25°C, fer proves qualitatives de clorurs i de sulfats. Si la CE dona valors al voltant de 2, i dona positiu als sulfats, molt probablement el sòl té guix, que no és origen de salinitat (CaSO₄·2H₂O).

Sessió 5. Estudi de la biodiversitat edàfica segons la riquesa de microartròpodes

Durada total: 2 hora aprenentatge + 2 h servei

La durada de la sessió inclou el temps de preparació dels Berleses, la determinació i classificació dels diferents organismes i els càlculs associats.

Objectiu de l'activitat: Analitzar la diversitat edàfica dels sòls a partir de la riquesa d'espècies de microartròpodes, un dels grups més abundants i diversos del sistema sòl.

Amb aquesta experiència, es pretén que l'alumnat:

- Comprengui què és la biodiversitat i en valori la seva importància.
- Prengui consciència i entengui les conseqüències que pot tenir la seva pèrdua sobre el funcionament dels ecosistemes.

Mètode d'anàlisi: ràtio àcars/col·lèmbols

Per a l'estudi de la biodiversitat edàfica, s'utilitzarà una adaptació de l'índex QBS-ar (Qualitat Biològica del Sòl). Aquest índex es basa en la presència de grups com col·lèmbols i àcars, dos dels més habituals i representatius de la mesofauna del sòl.

El principi fonamental del QBS-ar és que els sòls de més qualitat contenen un nombre més elevat d'organismes morfològicament adaptats a la vida subterrània. Aquests organismes han desenvolupat, al llarg de l'evolució, trets característics com:

- Reducció o absència d'ulls i pigmentació.
- Antenes, potes i pèls modificats.
- Absència d'estructures per al desplaçament ràpid o el vol.

Aquests trets poden ser observats amb lupa o microscopi.

Tanmateix, com que el càlcul del QBS-ar pot resultar complex per la seva dificultat taxonòmica, es proposa una alternativa més senzilla: la ràtio àcars/col·lèmbols (A/C), segons la proposta de Bachelier (1986), que considera que :

- Aquesta relació és útil per comparar la qualitat del sòl segons el seu ús, ja que aquests dos grups solen mantenir-se relativament estables en diferents condicions ambientals.
- L'índex A/C es basa en les densitats de les comunitats d'àcars i col·lèmbols.

Recollida de mostres i extracció de la fauna pel mètode de l'embut de Berlese

Materials generals

- Ampolles de plàstic reciclades per fer els embuts (1 per cadascuna de les mostres)
- Malles metàl·lica de 2-2.5 mm
- Alcohol etílic al 70%
- Llum de làmpada
- Sòl

- Lupa binocular
- Tubs de plàstics de 100 ml o tubs d'orina
- Placa de Petri de vidre o plàstic

Procediment per a la recol·lecció d'organismes del sòl

1. **RECORDATORI:** Ja vam explicar breument la Recollida de mostres de sòl al camp amb tub de 5 (diàmetre)x10(alçada) cm, representa aproximadament una mostra d'uns 250 g de sòl per mostra. No cal pesar-ho.

IMPORTANT!

- Si en arribar del camp no les heu pogut col·locar sobre el sistema de Berleses, gardeu-les **a la nevera**.
 - Aquestes mostres **no s'han de tamisar**.
 - De fet s'han de **pertorbar-les el mínim possible** per evitar malmetre els organismes que volem observar.
2. Col·locar la mostra sobre una malla metàl·lica.
 3. Humitejar lleugerament per afavorir la mobilitat dels organismes i deixar els sòls sobre l'estructura durant 6 dies.
 4. Al **7è dia**, aplicar llum durant 24 h per provocar el desplaçament dels organismes cap a l'interior de l'embut.
 - Alhora que enceneu els llums, destapeu els taps dels pots d'orina situats a la boca de l'embut perquè hi caiguin els organismes.
 5. Els organismes travessen les malles i cauen a l'alcohol, on queden fixats per a la seva identificació i quantificació.
 - El **8è dia**, recolliu els pots d'orina, afegiu una mica més d'etanol si cal, tanqueu els recipients i prepareu la mostra per visualitzar-la a la lupa.

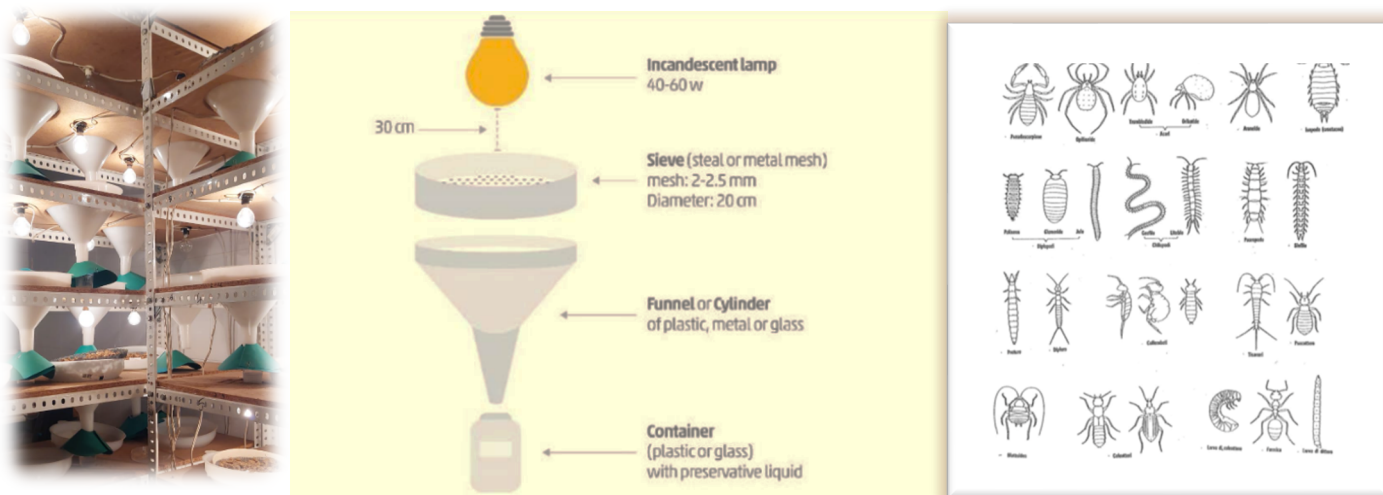
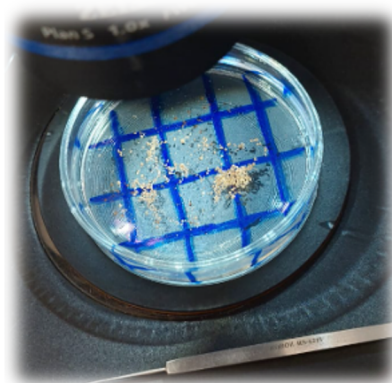


Figura 9. Mètode de Berlese. La figura mostra d'esquerra a dreta: una fotografia d'un sistema de Berleses per la obtenció de mostres de fauna edàfica; un detall del muntatge Berlese; i finalment alguns dels organismes que configuren la comunitat d'organismes microartròpodes que habiten el sòls.

Observació sota la lupa

Després de recollir la mostra en el pot d'orina, pinta amb **retolador permanent** (preferiblement blau, ja que el negre pot dificultar la visibilitat) una sèrie de línies a mode de **cel·les** sobre la placa de Petri. Aquestes cel·les faciliten el recompte d'àcars i col·lèmbols.

L'objectiu és que cada cel·la coincideixi amb la mida del **camp de visió de la lupa**. Per això, les cel·les han de tenir aproximadament l'**amplada del teu dit polze** i no més. Finalment, **diposita la mostra** en una placa de Petri (de vidre o plàstic) i comença a observar-la amb la lupa.

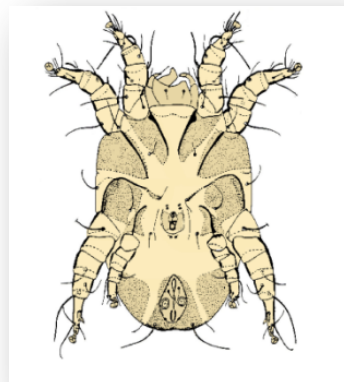


Grups estudiats i les seves característiques

Àcars:

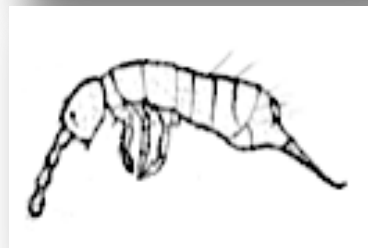
Els àcars es caracteritzen per tenir el cap o gnatòssoma, ubicat a la part anterior, les peces bucals (quelícers, que pot finalitzar en forma de pinça) i els palps (amb funcions sensorials). Els àcars tenen un total de 4 parells de potes, és a dir, 8 apèndixs. A més, manquen d'antena i ulls.

Imatge obtinguda a http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_15.pdf



Col·lèmbols:

D'altra banda, els col·lèmbols es caracteritzen per tenir 3 parells de potes, és a dir, 6 parells d'apèndixs i manquen d'ales. Molts d'ells posseeixen una estructura anomenada furca, que els permet desplaçar-se ràpidament. Pel que fa a la pigmentació, s'han trobat col·lèmbols blancs, blaus, grisos i vermells.



INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS. En aquesta ocasió mesurarem l'abundància total del número d'àcars i col·lèmbols que hi ha a la nostra mostra.

- Si la abundància té un quocient $A/C > 2$ sòl de bona qualitat.
- Si la abundància té un quocient A/C de > 1 , sòl amb indicis d'alerta.
- Si la abundància té un quocient $A/C < 1$ sòl baixa qualitat.

No existeix un llindar universal, però molts estudis utilitzen aquesta ràtio com a indicadora dels desequilibris que es produeixen en sòls alterats. Algunes fonts generals sobre l'ús ecosistèmic d'aquestes ràtios són Bachelier, 1963²⁵ i Menta et al., 2012²⁶.

Per saber una mica més de....

Col·lèmbols

Els **col·lèmbols** (ordre *Collembola*) són petits hexàpodes que tradicionalment s'han considerat propers als insectes, però actualment es classifiquen com a **entognats**, separats dels insectes veritables. No són paràsits habitualment, sinó que viuen en el sòl, la fullaraca o ambients humits, alimentant-se de matèria orgànica en descomposició, fongs o bacteris. Viuen a la superfície de l'aigua, i on trobem aigües tranquil·les. Els poden reconèixer fàcilment per la seva llarga "cua" que pleguen sota l'abdomen i per la seva mida molt petita (1-3 mm).

Tanmateix, en la literatura científica es parla de **parartròpodes** com a grups afins als artròpodes que poden mostrar característiques mixtes: alguns són paràsits, d'altres aquàtics, i alguns tenen trets morfològics que recorden als amfípodes (que són crustacis aquàtics). Aquests grups inclouen formes primitives o especialitzades que no encaixen del tot en les classificacions tradicionals.

Diferenciarem diferents grups de col·lèmbols sota la lupa :



Formes amb mida mitjana-gran (>2 mm), present pigmentació complexa, apèndixs llargs i ben desenvolupats, aparell visual ben desenvolupat (taca ocular i ulls).



Apèndixs ben desenvolupats (possibles) i aparell visual ben desenvolupat.



Formes de petita mida—tot i que no necessàriament—limitades generalment a la fullaraca, amb pigmentació modesta, longitud mitjana d'apèndixs i aparell visual desenvolupat.



Amb aparell visual desenvolupat, apèndixs no allargats i cutícula amb pigmentació.



Amb nombre reduït d'ommatícia (ulls), apèndixs escassament desenvolupats, sovint curts o absents i presència de pigmentació.

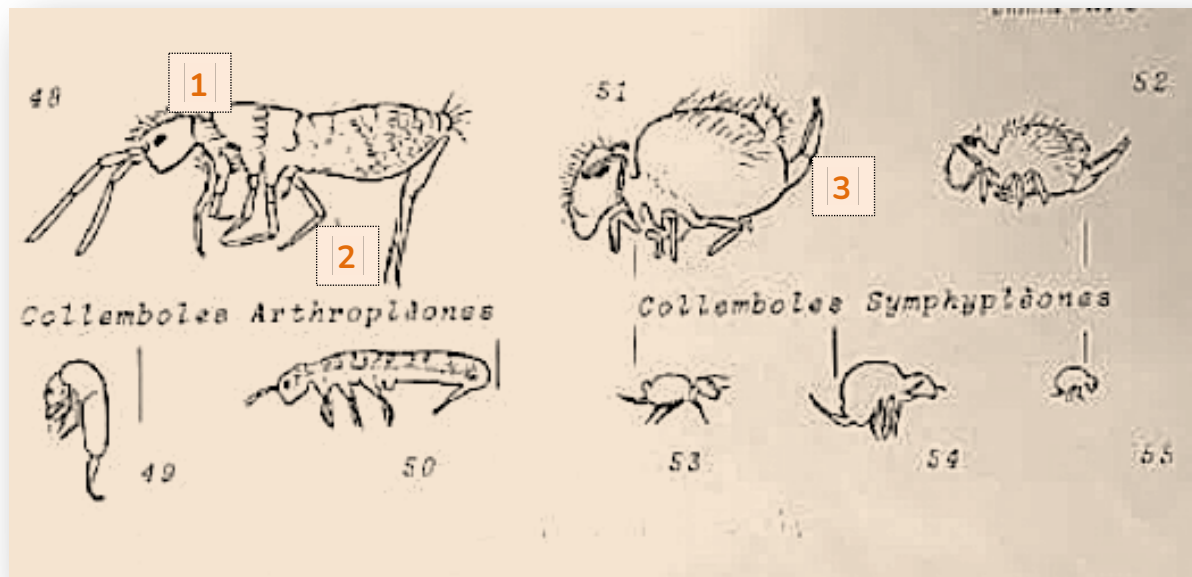


Sense pigmentació, reducció o absència d'omatidi (ull), furca present, però reduïda.



Sense pigmentació, absència de furca, apèndixs curts, presència d'estructures típiques com pseudo-òculls, òrgans desenvolupats (caràcter no necessàriament present) i estructures sensorials apomòrfiques.

Sota la lupa, es diferencien perquè posseeixen un abdomen amb 6 segments o menys, sense ales i normalment són de mida petita (menor a 3 mm). Algunes característiques rellevants d'aquest grup que es poden observar a la il·lustració són les següents:



1. aparell visual desenvolupat
2. presència de apèndixs llargs i desenvolupats
3. presència de furca

Per saber una mica més dels....

Àcars

Els àcars del sòl són microartròpodes molt diversos que exerceixen un paper essencial en la descomposició de la matèria orgànica i en l'equilibri ecològic del sòl. La majoria actuen com a descomponedors, tot i que també n'hi ha de depredadors i paràsits. Habiten en la fullaraca, el sòl i la matèria vegetal en descomposició, on contribueixen a la fragmentació de residus i a la regulació de les comunitats microbianes. Tots tenen un esquelet extern i potes articulades, amb vuit potes en l'estadi adult —a diferència dels insectes, que en tenen sis—, i un abdomen proporcionalment més gran que el cap. Presenten una gran varietat morfològica, però generalment tenen el cos compacte i sense segmentació visible. La seva presència i diversitat són indicadors útils de la qualitat ecològica del sòl. Amb l'ajuda de la lupa, podem diferenciar diversos grups d'àcars segons les seves característiques anatòmiques i funcionals.

Amb 8 potes i un cos globós, no posseeixen antenes. La seva mida és molt petita, entre 1 i 7 mm. Viuen associats a cossos lenítics d'aigua (amb poc moviment) com aiguamolls, llacs i basses. En general, els àcars han colonitzat tots els ambients i se'ls pot trobar gairebé a qualsevol lloc.

Sota la lupa, els àcars es caracteritzen per tenir un cos globós, aparentment no segmentat. Mida molt petita. Es distingeixen fàcilment de les aranyes, que també tenen 8 potes, perquè no tenen un cos amb dos segments principals (cefalotòrax i abdomen).



Estigmata



Que no tenen segmentació evident, de cos estret i allargat o curt i ovalat. La seva coloració varia de color blanc a marró. A més dels quatre parells de potes.



Oribàtids



Tenen un exoesquelet (esquelet extern) dur que els caracteritza, i normalment són de color marró. A més dels quatre parells de potes.



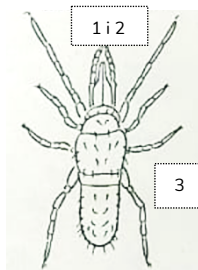
Prostigmata



Gran diversitat de forma i mides. Però en general, tenen un cos globós, ovalat o romboïdal. A més dels quatre parells de potes.



Mesostigmata



El grup amb més nombrós de parasitiformes, presenta una coloració ambar, quatre parells de potes, estigmes presents, peritremes llargs, plaques ventrals separades per regions.

Algunes característiques rellevants d'aquest grup que podeu observar a la il·lustració són:

1. presència de pedipalps.
2. presència de quelícers.
3. presència de 4 parells de potes.

Sessió 6. Avaluació de la qualitat del sòl i detecció dels principals impactes al municipi

Durada total:

- 2 h d'aprenentatge
- 1 h de servei comunitari

Objectiu general de la sessió

Aquesta sessió té com a finalitat avaluar la qualitat del sòl al municipi a partir d'una sèrie d'indicadors analitzats al camp i al laboratori. Els alumnes identificaran els principals impactes que afecten la salut del sòl i reflexionaran sobre com aquests varien segons l'ús del sòl (urbà, agrícola, forestal). L'activitat promou una mirada crítica sobre la gestió del sòl i la seva sostenibilitat, tot fomentant el compromís amb el territori.

Objectius didàctics específics

- Interpretar dades reals sobre la qualitat del sòl.
- Reconèixer els impactes ambientals locals que afecten la salut del sòl.
- Comunicar els resultats de manera clara i significativa.
- Participar en una acció de servei comunitari vinculada a la ciència ciutadana.

Determinació de la qualitat del sòl al vostre municipi

6.A Mapatge col·laboratiu amb [Instamaps](#)

Per facilitar la **discussió i la visualització dels resultats**, es proposa **l'abocament de les dades en un mapa digital** mitjançant l'eina de **mapatge col·laboratiu Instamaps (Institut Cartogràfic de Catalunya)**. Aquesta plataforma permet geolocalitzar les dades, identificar punts crítics de degradació del sòl i comparar-les amb altres zones del territori, afavorint una anàlisi més rica i contextualitzada.

Aquesta eina permet:

- Geolocalitzar els punts d'estudi i visualitzar els resultats.
- Identificar "hotspots" de degradació del sòl.
- Comparar les dades amb altres municipis i regions.
- Contribuir a una base de coneixement sobre la salut del sòl a nivell municipal a Catalunya.

L'eina està disponible en català, castellà i anglès, i facilita la comprensió visual dels impactes detectats. A més, vol promoure la conscienciació de les problemàtiques ambientals associades al sòl, i la participació activa, i fonamentada en un context analític, en la presa de decisions ambientals.

Resultats esperats

- Una base de dades local sobre la qualitat del sòl.
- Una reflexió crítica sobre els usos del sòl i els seus impactes.
- Una acció de servei que connecta l'aprenentatge amb la comunitat.

Com ho farem?

Mitjançant **les fitxes de camp i laboratori** preparades per l'avaluació en cada punt, trobareu la classificació de cadascuna de les variables analitzades, juntament amb els [Líndars de valoració de la qualitat de sòls i els valors d'alerta representats en format "Semàfor"](#).

Segons els resultats obtinguts per a cada ús (urbà, agrícola i forestal) podreu indicar en el mapa l'estat de la qualitat dels vostres sòls. Per fer-ho disposeu de [targetes d'avaluació](#) que us permetran visualitzar de manera senzilla quines propietats presenten una problemàtica potencial. **RECORDEU** que aquestes targetes especifiquen quines funcions del sòl considerem prioritàries de preservar en cada tipus d'ús, i que una mala qualificació actuarà com a sistema d'alerta. Hem preparat [un tutorial pas a pas](#) per a que pugueu afegir els vostres punts fàcilment.

6B. Elaboració i comunicació dels resultats

Cada grup elaborarà un document científic-tècnic sobre l'estat del sòl al municipi, tenint en compte el seu ús (urbà, agrícola o forestal). L'informe haurà de destacar els resultats obtinguts durant el treball de camp i laboratori, fer una valoració crítica de la problemàtica detectada, i proposar solucions viables per revertir els impactes observats.

Per desenvolupar amb rigor aquests dos darrers punts, es proposa que l'alumnat cerqui informació complementària sobre els impactes identificats i les possibles estratègies de millora. Aquesta recerca s'haurà de vincular als resultats obtinguts per cada grup, i podrà ampliar o concretar els continguts presentats pels docents en les sessions inicials.

Aquesta activitat es durà a terme de manera col·laborativa a l'aula, fomentant la discussió proactiva entre els estudiants. Es promourà l'intercanvi d'idees i la reflexió conjunta sobre les dades recollides i les propostes de solució, com a pas previ a la redacció final de l'informe.

Posteriorment, els alumnes treballaran en grups per **analitzar les dades obtingudes** i preparar una **comunicació dels seus resultats**. Es proposen diverses opcions per fer-ho, adaptades als diferents formats de presentació.

Opció A: Article científic-tècnic per a l'administració local

Cada grup redactarà un **article** que inclogui:

- **Resultats analítics:** pH, humitat, textura, biodiversitat, entre d'altres.
- **Impactes detectats:** compactació, contaminació, erosió, etc.
- **Propostes de millora:** accions concretes per revertir la degradació del sòl.

Hem preparat una bastida per el vostre article [format PDF](#) o [format word](#), per a que tingueu una guia per la vostra redacció.

Aquest document es podrà **lliurar a l'ajuntament del municipi**, prèvia **avaluació i validació dels resultats** per part del professorat. L'objectiu és que els alumnes participin activament en la **transferència de coneixement** al seu entorn, contribuint a la sensibilització i a la presa de decisions informades sobre la gestió del sòl.

Opció B: Presentació de pòsters en un Workshop

Cada grup redactarà un **pòster** que inclogui:

- **Resultats analítics:** pH, humitat, textura, biodiversitat, entre d'altres.
- **Impactes detectats:** compactació, contaminació, erosió, etc.
- **Propostes de millora:** accions concretes per revertir la degradació del sòl.

Hem preparat una bastida per el pòster [format PPT](#) o [format PDF](#), per a que tingueu una guia per la vostra redacció.

Per la presentació dels pòsters us proposem l'organització d'un taller participatiu dins l'institut o a algun equipament de municipi, on els diferents grups presenten els seus resultats tant a la resta de l'alumnat com a altres agents del municipi. Aquesta activitat fomenta l'intercanvi de coneixement entre iguals i la reflexió col·lectiva sobre la qualitat del sòl al municipi.

Es proposa convidar entitats locals com ara representants de l'ajuntament, associacions ambientals, tècnics municipals o experts en gestió del territori. La sessió pot incloure una taula rodona per debatre les conclusions dels informes, afavorint el diàleg entre estudiants i agents del territori.

Altres Opcions:

Altres opcions: segons les possibilitats de cada centre, podeu plantejar formats alternatius que vosaltres mateixos organitzeu. L'objectiu ja el sabeu, és afavorir la transferència de resultats, sensibilitzar en la presa de decisions i acostar la política local als seus usuaris.

REFERENCIES BIBLIOGRÀFIQUES PER ORDRE DE CITACIÓ

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. [Capítol 13: Europa]. Recuperat de: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-13/>
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. [Capítol 7: Agricultura, silvicultura i ús del sòl]. Recuperat de: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-7/>
3. European Environment Agency. (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. EEA Report No 04/2019. Recuperat de: <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>
4. Generalitat de Catalunya. (2021). *Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic 2021–2030 (ESCACC30)*. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Recuperat de: <https://canviclimatic.gencat.cat/ca/ambits-dactuacio/adaptacio/escacc30/>
5. Generalitat de Catalunya. (s.d.). *Projecte Carboni al sòl*. Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Recuperat de: <https://canviclimatic.gencat.cat/ca/ambits-dactuacio/mitigacio/projectes/carboni-al-sol/>
6. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). (s.d.). *La sal, un repte per a l'agricultura al delta de l'Ebre*. Recuperat de: <https://www.irta.cat>
7. RuralCat. (s.d.). *Pagament per serveis ambientals*. Xarxa RuralCat. Recuperat de: <https://ruralcat.gencat.cat>
8. ARIAS NAVARRO, C., BARITZ, R. and JONES, A. editor(s), 2024. The state of soils in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, https://data.europa.eu/doi/10.2760/7007291_JRC137600.
9. Informes de MedECC sobre canvi climàtic a la regió mediterrània: <https://www.medecc.org/reports/>
10. Sankar et al., 2024 <https://www.nature.com/articles/s41893-024-01436-1>
11. Scharenbroch and Catania (2012) *Arboriculture & Urban Forestry* 2012. 38(5): 214–228
12. Ajuntament de Barcelona. (2020). *Pla del Verd i de la Biodiversitat de Barcelona 2020*. Recuperat de <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla%20del%20verd%20i%20de%20la%20biodiversitat%20de%20Barcelona%202020.pdf>
13. Ajuntament de Barcelona. (s.d.). *Refugis climàtics a les escoles*. Barcelona pel Clima. Recuperat de <https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/ca/escoles-refugi-climatic>
14. L'independent de Gràcia. (2022). *El canvi de Pla General a Gràcia s'embolica en l'aplicació de l'índex de devolució ecològica*. Recuperat de <https://www.independent.cat/noticia/76468/canvi-de-pla-general-gracia-embolica-aplicacio-de-index-evolucio-ecologica>
15. European Commission. (2021). *EU Soil Strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate*. COM(2021) 699 final. Recuperat de https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-health/soil-strategy-2030_en
16. European Commission. (2021). *Forging a climate-resilient Europe: The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*. COM(2021) 82 final. Recuperat de

- https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-and-resilience-climate-change/eu-adaptation-strategy_en
17. Pouyat, R. V., Yesilonis, I. D., & Nowak, D. J. (2006). Carbon storage by urban soils in the United States. *Journal of Environmental Quality*, 35(4), 1566–1575. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0215>
 18. Morel, J. L., Chenu, C., & Lorenz, K. (2015). Urban soils for sustainable cities: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 163–186. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0246-7>
 19. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
 20. Nottingham, A. T., et al. (2020). *Warming tropical forests increases soil respiration*. *Nature Communications*, 11, 4891. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18743-1>
 21. Generalitat de Catalunya. (2021). *B10. El paper del sòl forestal en el canvi climàtic*. Informe tècnic CREAM per a l'Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic. <https://canviclimatic.gencat.cat>
 22. Generalitat de Catalunya. (s.d.). *Projecte Carboni al sòl*. Oficina Catalana del Canvi Climàtic. <https://canviclimatic.gencat.cat/ca/ambits-dactuacio/mitigacio/projectes/carboni-al-sol/>
 23. UNESCO. (2017). *Educació per als Objectius de Desenvolupament Sostenible: Objectius d'aprenentatge*. París: UNESCO. ISBN 978-92-3-100209-0. Disponible en català: [Educació per als Objectius de Desenvolupament Sostenible \(PDF\)](#).
 24. Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G.M., Marten, R., Myers, S.S., Nishtar, S., Osofsky, S.A., Pattanayak, S.K., Pongsiri, M.J., Romanelli, C., Soucat, A., Vega, J., Yach, D. (2015). *Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health*. *The Lancet*, 386(10007), 1973–2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).
 25. Bachelier, G. (1963). *La vie animale dans les sols* (Initiations-Documentations Techniques, n° 3). Paris : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.)
 26. Menta, C. (2012). *Soil Fauna Diversity – Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration*. En G. L. Akeem (Ed.), *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World* (pp. 59–94). IntechOpen, London. Publicat el 29 d'agost de 2012. DOI: 10.5772/51091 [\[intechopen.com\]](http://intechopen.com), [\[scirp.org\]](http://scirp.org)
-

ALTRES RECURSOS I WEBGRAFIA

[Infografia Serveis Ecosistèmics dels Sòls de la FAO](#)

[Infografia Com es formen els Sòls de la FAO](#)

[Infografia Amenaces dels sòls de la FAO](#)

[Infografia Biodiversitat del sòl per la FAO](#)

Més materials a [LOESS](#)

A nivell internacional

- **FAO Soils Portal**
<https://www.fao.org/soils-portal>
Portal global amb informació sobre salut del sòl, bones pràctiques i materials educatius.
- **Global Soil Partnership (FAO)**
<https://globalsoilpartnership.org>
Iniciativa per promoure la gestió sostenible del sòl i recursos formatius.
- **USDA Soil Topics**
<https://www.usda.gov/topics/soil>
Guies pràctiques, protocols i indicadors per a la qualitat del sòl.

A nivell europeu

- **EU Soil Strategy for 2030**
https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-health/soil-strategy-2030_en
Estratègia europea per a la salut del sòl amb objectius, accions i materials divulgatius.
- **EU Soil Health & Monitoring**
https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-health_en
Informació sobre legislació, observatori europeu del sòl i projectes educatius.
- **European Soil Data Centre (ESDAC)**
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu>
Base de dades i mapes sobre sòls europeus, útil per projectes educatius i científics.

Recursos tècnics i educatius

- **SoilCare Project – Indicadors de qualitat del sòl**
<https://soilcare-project.eu/ca/resources/glossary/all-terms/211:indicators-of-soil-quality-biological>
Definicions i mètodes per mesurar indicadors biològics, físics i químics del sòl.
- **IERE – Why Is Soil Health Important?**
<https://iere.org/why-is-soil-health-important/>
Article divulgatiu sobre la importància del sòl i pràctiques sostenibles.

Llindars de valoració de qualitat de sòls valors d'alerta (Semàfor)

Indicador	Sòl urbà	Sòl agrícola	Sòl forestal
Afloraments rocosos	Sense a molt pocs pocs a alguns molts a dominants	Sense molt pocs pocs a dominants	Sense a molt pocs pocs a alguns molts a dominants
Pedregositat superficial	Pocs a molts sense o molt pocs abundants a dominants	Sense a Pocs alguns a molts abundants a dominants	Pocs a molts sense o molt pocs abundants a dominants
Estructura: forma	Grumollosa, granular, en blocs prismàtica massissa, laminar	Grumollosa, en blocs prismàtica massissa, granular, laminar	Grumollosa, en blocs prismàtica massissa, granular, laminar
Estructura: grau	Forta ¹ moderada feble	Forta moderada feble o sense estructura edàfica	Forta moderada feble o sense estructura edàfica
Lluïssor / croma (color en humit)	Sense restricció	<4/<4 4-5/4-5 >5/>5	<3/<3 3-4/3-4 >4/>4
Compacitat	Poc compacte Compacte no coherent o molt compacte		
Textura	Arenosa, arenofranca, francoarenosa Franca, francollimosa, llimosa la resta	Franca Les que comencen per Franco- la resta	Franca, Francoargil·lollimosa, Francollimosa, Francoargilosa La resta que comença per Franco- la resta
Carbonats	Sense restricció	Moderadament calcari No calcari i extremadament calcari	Lleugerament calcari i Molt calcari
pH	Sense restricció	6,5-7,5 >7,5-8,5 o 5,5-<6,5 la resta	
àcars/col·lèmbols	>2 entre 1-2 <1		
Porositat (%)²	>55 45-55 <45	45-55 40-45 <40	>55 45-55 <45
Densitat aparent³ (kg/m ³)	<1200 1200-1400 >1400	<1400 1400-1600 >1600	<1200 1200-1400 >1400
Sulfats	Absents presents		
Clorurs	Absents presents		
Sals solubles (CE _{1:5} , dS/m a 25°C) ⁴	<0,2 0,2-0,5 >0,5		
Matèria orgànica (mètode globus, mL gas)	>100 50-100 <50	>150 80-150 <80	>250 150-250 <150

¹No aplica si l'estructura és granular simple, és a dir, graveta fina o sorra.

²Està relacionada amb la densitat aparent, es pot fer servir un o l'altre.

³En el cas de sòls sobre materials volcànics (possiblement alguns instituts de La Garrotxa i El Gironès) la densitat aparent pot ser bastant més baixa, fins a 1000 kg/m³ (60% porositat) o menys.

⁴Si la prova de sulfats surt positiva, no fer servir aquest semàfor de conductivitat.

Per facilitar l'avaluació, prioritzem per a cada ús una sèrie de funcions que, en el nostre cas, podrien considerar-se prioritàries en un context general a Catalunya.

Sòls urbans: es valora la seva qualitat pel servei ecosistèmic de **regulació del cicle hidrològic**. A una ciutat ens interessa que es minimitzi l'efecte del segellat (impermeabilització) del sòl, i per tant els espais amb sòls hauran de ser permeables: textures més aviat grosses, densitats aparents baixes (porositats altes), i que tinguin un mínim de propietats per a sostenir una coberta vegetal.

Sòls agrícoles: es valora la seva qualitat pel servei ecosistèmic de **producció de biomassa** (aliments, farratges, fibres). Les propietats han de ser les adequades per al desenvolupament de les arrels, sense restriccions químiques ni físiques.

Sòls forestals: es valora la seva qualitat pel servei ecosistèmic d'**emmagatzematge de carboni orgànic**. Són semblants a les d'agrícoles, però es primen les textures amb més argila que faran que tinguin més capacitat per a formar complexos argil·lohúmics i retenir la matèria orgànica, i també una major porositat per a permetre un millor hàbitat per a microorganismes. Aquest exercici s'ha de considerar merament metodològic, perquè les variables utilitzades són molt simples, i els límits poden variar considerablement en funció de la zona (clima, ús del sòl passat, material parental, ...). Per exemple, és molt possible que sòls forestals del Pirineu tinguin pH àcid i sense carbonats, i estiguin emmagatzemant molta matèria orgànica.

Figura suplementari: Diagrama /triangle textures complementari

