

SOSTE NIBILI TAT



Sòls vius i fertilitat biològica

Un «sòl viu» és un sòl biològicament actiu, amb una diversitat de microorganismes, com bacteris, fongs, protozous i nematodes, i organismes més grans, com cucs de terra, que contribueixen al cicle de nutrients i al seu equilibri com a ecosistema. El maneig del sòl incideix directament en la seua activitat biològica, per la qual cosa l'elecció de les pràctiques agrícoles adequades és una eina fonamental per a construir fertilitat i aconseguir un sòl de qualitat.

La implementació de pràctiques de maneig que milloren i conserven la qualitat del sòl resulta essencial per a mantindre la productivitat i garantir una agricultura sostenible.

Els darrers anys, la percepció del sòl agrícola ha experimentat un canvi significatiu a mesura que s'ha aprofundit en la comprensió de la complexitat dels seus processos i el seu paper en la producció d'aliments, la salut ambiental i la mitigació del canvi climàtic. De ser considerat simplement com un suport per al cultiu, el sòl ha passat a ser reconegut com a peça fonamental per a aconseguir nivells òptims de producció i, al mateix temps, assegurar la gestió sostenible de l'agrosistema.

Hi ha un fenomen ben conegut en agricultura pel qual, tot i realitzar-se una fertilització mineral adequada i el maneig fitosanitari habitual, es produeix una reducció en el desenvolupament de les plantes i una disminució de les collites obtingudes. De vegades, les fulles esgrogueeixen i fins i tot comencen a manifestar-se malalties que fins llavors no suposaven un problema. Aquest fenomen és anomenat **fatiga o cansament del sòl** i apareix com a conseqüència de la disminució de la seua qualitat. Un sòl de baixa qualitat presentarà problemes, com mal drenatge, erosió, presència de contaminants, baixa fertilitat i activitat biològica reduïda, que repercutiran en el desenvolupament del cultiu. Per tant, la implementació de pràctiques de maneig que milloren i conserven la qualitat del sòl resulta essencial per a mantindre la productivitat i garantir una agricultura sostenible. Aquest enfocament cobra encara més importància en l'agricultura ecològica, on les eines disponibles per a lluitar contra possibles problemes són limitades i la clau radica a minimitzar al màxim la seua aparició.

Diversos factors determinen la qualitat d'un sòl, però, sobretot, destaquen el contingut de matèria orgànica i el nivell d'activitat biològica.

Diversos factors determinen la qualitat d'un sòl, però, sobretot, destaquen el contingut de matèria orgànica i el nivell d'activitat biològica. Sense un òptim contingut de matèria orgànica i una bona activitat biològica, un sòl no pot funcionar adequadament. La matèria orgànica és un component essencial del sòl, si no el de major importància. Està en la base de la seua estructura física, de la seua capacitat de mantindre aigua, aire i nutrients a la disposició de les plantes, i del manteniment de la vida en el sòl. L'activitat biològica, també anomenada fertilitat biològica del sòl, reflecteix la capacitat d'aquest per a albergar i promoure l'activitat d'organismes vius beneficiosos que faciliten l'alliberament de nutrients, estimulen el creixement vegetal i dificulten la proliferació de microorganismes patògens. Considerar el contingut de matèria orgànica d'un sòl com a indicador de la seua qualitat és àmpliament conegut; no obstant això, pot resultar insuficient. Efectivament, encara que un sòl puga exhibir un contingut òptim de matèria orgànica, la seua qualitat pot vore's notablement deteriorada per una activitat biològica reduïda; per exemple, per la presència d'un abocament tòxic. És per això que avaluar la fertilitat biològica i potenciar el maneig dels sòls com a «sòls vius», preservant i millorant les seues propietats biològiques, està cobrant cada vegada més rellevància i resulta determinant per a obtindre sòls de qualitat. Les normatives actuals relacionades amb els sòls agrícoles s'orienten en aquest sentit. El Reglament Europeu sobre producció ecològica i etiquetatge dels productes ecològics (UE 2018/848) indica clarament la necessitat de produir en sòls vius i d'incrementar i mantindre la fertilitat biològica del sòl. Així mateix, el recentment publicat Reial decret pel qual s'estableixen normes per a la nutrició sostenible en els sòls agraris (RD 1051/2022) pretén regular una aportació sostenible de nutrients i productes fertilitzants que protegeixen i estimulen l'activitat i la biodiversitat lligades als sòls agraris.

PRINCIPALS FACTORS DETERMINANTS DE LA QUALITAT D'UN SÒL AGRÍCOLA



MATÈRIA ORGÀNICA

- Efecte en l'estructura del sòl:
 - Major resistència a l'erosió i la degradació.
 - Augment de la porositat, facilitant la ventilació.
 - Augment de la capacitat de retenció d'aigua, incrementant la humitat del sòl.
 - Augment de la infiltració, millorant la capacitat de llavat.
- Efecte en l'absorció de nutrients:
 - Major temperatura del sòl.
 - Augment de la humitat.
 - Major capacitat del sòl a resistir a canvis de pH.
- Augment de la Capacitat d'Intercanvi Catiónic (CIC).
- Augment del contingut dels nutrients essencials.
- Augment de la capacitat de segrest de C del sòl.

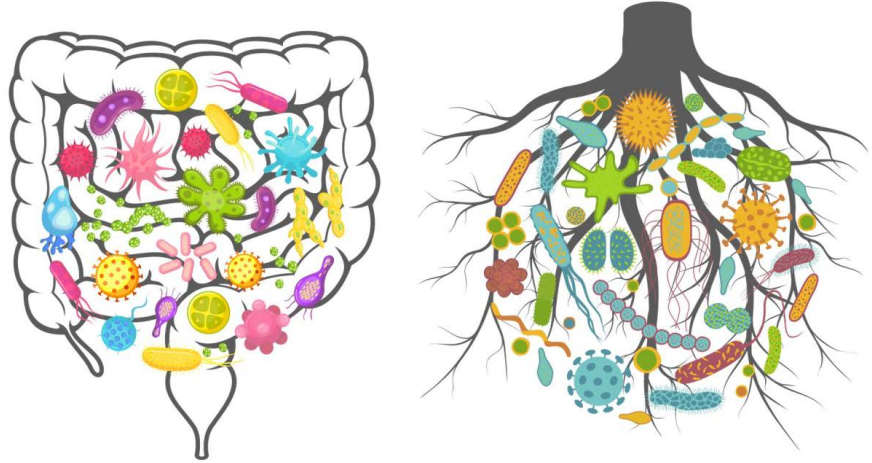
ACTIVITAT BIOLÒGICA

- Descomposició de la matèria orgànica: mineralització.
- Formació de matèria orgànica estable: humificació.
- Solubilització de nutrients.
- Promoure l'absorció de nutrients.
- Creació i manteniment de l'estructura del sòl.
- Descontaminació de sòls.
- Promoure la capacitat fotosintètica de les plantes i l'ús eficient de l'aigua.
- Tolerància a l'estrés de les plantes.
- Supressió de malalties.

Un sòl de qualitat s'aconsegueix mitjançant la combinació d'un contingut adequat de matèria orgànica i una activitat biològica òptima, formant un tàndem guanyador. La relació estreta entre ambdós elements es manifesta en la seua complementarietat funcional. La matèria orgànica enriqueix el sòl, millorant la seua estructura i capacitat per a retindre nutrients, mentre que l'activitat biològica, que inclou l'acció de microorganismes beneficiosos, contribueix a la descomposició de matèria orgànica i l'alliberament de nutrients essencials per al creixement de les plantes. En conjunt, aquest tàndem enforteix la salut del sòl, proporcionant un entorn propici per al desenvolupament sostenible dels cultius.



MICROBIOMA INTESTINAL, MICROBIOMA DEL SÒL: DIFERENTS ECOSISTEMES, MATEIXOS PRINCIPIS



Existeixen moltes similituds en la forma en què els éssers humans i les plantes depenen dels microorganismes per a la nutrició, la defensa contra patògens i la salut en general. De la mateixa manera que una dieta equilibrada afavoreix la flora intestinal en l'ésser humà, un adequat contingut de matèria orgànica en el sòl afavoreix l'abundància de microorganismes i la seua activitat (font: Nina Vinot, «Gut Microbiome, Soil Microbiome: Different Ecosystems, Same Principles», publicat en *Medium*, octubre de 2023).

La importància dels microorganismes radica en la seua participació en una gran varietat de processos que sustenten la salut i la fertilitat del sòl i el bon estat de tot l'ecosistema.

LA IMPORTÀNCIA DELS MICROORGANISMES DEL SÒL

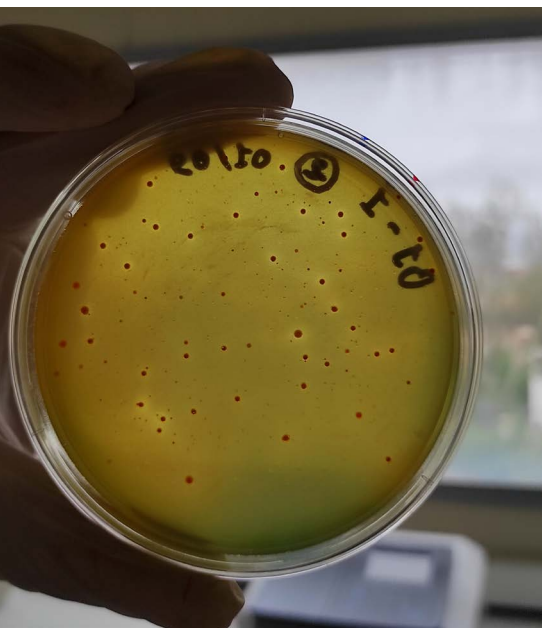
El concepte de «sòl viu» sol associar-se amb un sòl ric en cucs, insectes, miriàpodes... La macrofauna (2-20 mm de grandària) i la mesofauna (0,1-2 mm) del sòl fragmenten restes de plantes, ajuden a mesclar les partícules orgàniques i minerals, creen bioporus que faciliten la ventilació del sòl i promouen la mineralització de la matèria orgànica i la creació d'humus. No obstant això, un sòl viu va més enllà; es tracta d'un sòl abundant en microorganismes, com ara bacteris, fongs, protozous i nematodes. Un gram de sòl pot contindre fins a cent milions de bacteris, cent mil propàguls fúngics, deu mil protozous i mil nematodes, i presentar una biodiversitat de fins a deu mil genotips microbians diferents. Els microorganismes es troben a la superfície i a l'interior dels agregats del sòl, formant part de la rizosfera de les plantes i creixent a la superfície de les restes de cultiu. La seua gran importància resideix en la participació que tenen en una varietat de processos que sustenten la salut i la fertilitat del sòl, així com la salut general de l'ecosistema.

Els microorganismes produeixen enzims que descomponen la matèria orgànica del sòl alliberant nutrients essencials, com carboni, nitrogen i fòsfor, en formes que les plantes poden absorbir. L'activitat enzimàtica contribueix així mateix a la formació de matèria orgànica estable o humus. Aquests enzims poden estar associats a microorganismes vius o estar estabilitzats en el complex argilo-húmic del sòl, on conserven la seua activitat durant llargs períodes de temps. Els microorganismes són també capaços de solubilitzar nutrients que es troben en formes minerals no disponibles per a les plantes.

Amb l'objectiu d'incrementar la qualitat dels sòls agraris, Europa desenvolupa noves normatives per a regular una aportació sostenible de nutrients i de productes fertilitzants que promoguen i protegeixen la fertilitat biològica.

És el cas, per exemple, d'espècies bacterianes pertanyents al gènere *Bacillus*, capaces de solubilitzar el fòsfor i el potassi presents en el sòl en forma de fosfat de calci o de mica, respectivament. Igualment, existeixen microorganismes productors de sideròfors, molècules que capten el ferro difícilment assimilable pels cultius, actuant a manera de quelats orgànics. L'absorció de nutrients per les arrels de les plantes també pot veure's millorada per l'acció de diferents organismes. És el cas de les micorrizes. Aquesta associació simbiòtica entre fongs i arrels permet a la planta explorar un major volum de sòl que el que pot abastar per si sola, alhora que es beneficia de la capacitat del fong per a captar amb major facilitat uns certs elements (fòsfor, **nitrogen**, calci i potassi). De la mateixa manera, algunes espècies bacterianes i fúngiques són capaces de produir fitohormones, com àcid indolacètic, giberel·lines i auxines que promouen el creixement radicular. La capacitat fixadora de nitrogen dels bacteris associats a les arrels de les lleguminoses és àmpliament coneguda, però igualment hi ha bacteris fixadors de nitrogen de vida lliure en el sòl, com les del gènere *Azotobacter* i *Clostridium*, que exerceixen un paper important en la fixació de nitrogen.

Els microorganismes del sòl poden secretar substàncies, com polisacàrids i glicoproteïnes, que actuen com a cola natural, unint-se a les partícules del sòl i formant agregats estables. Exerceixen, per tant, un paper essencial en la creació i manteniment de l'estructura del sòl, en afectar la porositat i la retenció d'aigua. D'altra banda, algunes espècies bacterianes tenen la capacitat d'incorporar substàncies tòxiques, com hidrocarburs, en el seu metabolisme, la qual cosa resulta en una contribució significativa a la descontaminació del sòl. Des d'una perspectiva fitosanitària, l'activitat microbiana actua com un fre al desenvolupament d'organismes patògens mitjançant diversos mecanismes, enfortint així la capacitat supressiva del sòl enfront de malalties.

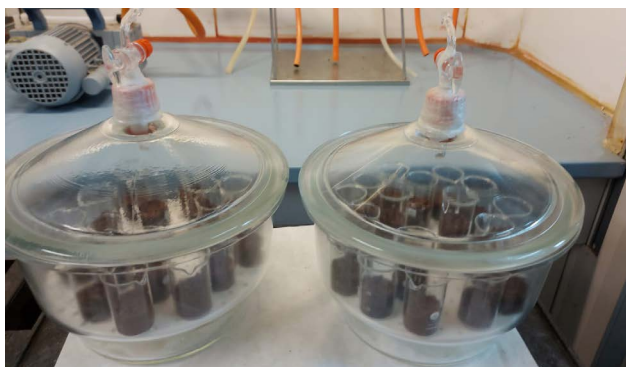


Les anàlisis biològiques dels sòls s'aborden responant a tres qüestions: quants microorganismes hi ha, quin és el seu nivell d'activitat i quins són.

Dalt, medi de cultiu selectiu per a la determinació de bacteris solubilitzadors de fòsfor.

Dreta, dalt, mètode de fumigació extracció per a la determinació de la biomassa microbiana del sòl.

Dreta, baix, anàlisi de l'activitat deshidrogenasa, indicadora del nivell d'activitat dels microorganismes vius presents en el sòl.





COM MILLORAR L'ACTIVITAT BIOLÒGICA D'UN SÒL?

Hi ha dues maneres d'abordar aquesta qüestió: introduint microorganismes beneficiosos mitjançant l'aplicació de bioestimulants microbians, o estimular els microorganismes ja existents en el sòl per mitjà de diferents pràctiques agrícoles. La introducció de microorganismes en el sòl és un mètode eficaç depenent de les dosis utilitzades, del moment i mètode d'aplicació, i, sobretot, de les interaccions entre els microorganismes introduïts i la microbiota nativa del sòl, ja que poden cooperar o, tot el contrari, competir, amb la microbiota existent.

Les restes de cultiu, les restes de collita no comercialitzades i els adobs verds constitueixen una font essencial de nutrients que, aplicats al sòl, serveixen d'aliment per als microorganismes i, en alguns casos, inhibeixen el desenvolupament de patògens.

L'activitat biològica pot ser millorada mitjançant pràctiques agrícoles adequades, atès que el maneig del sòl exerceix un efecte directe sobre els microorganismes presents. Així, per exemple, l'excés de conreu pot pertorbar l'estructura del sòl i disminuir la població microbiana, per la qual cosa es recomana optar per pràctiques de conreu mínim o fins i tot la sembra directa. La utilització de cobertes vegetals proporciona cobertura i protecció al sòl, la qual cosa millora la seua estructura, temperatura i humitat i crea un entorn propici per al desenvolupament de microorganismes. Adicionalment, les arrels exerceixen un paper crucial en alliberar compostos orgànics, coneguts com a exsudats radiculars, que actuen com a font d'aliment i estimulació per a la microbiota.

La rotació de cultius és una altra pràctica recomanada, ja que augmenta la diversitat de les comunitats microbianes presents en el sòl. No obstant això, la forma més directa i efectiva d'assegurar una bona fertilitat biològica és augmentar i preservar el contingut de matèria orgànica del sòl. Les restes de cultiu, les restes de collita no comercialitzades i els adobs verds constitueixen una font important de nutrients que, en ser aplicats al sòl, serveixen d'aliment per als microorganismes. A més, alguns d'aquests residus posseeixen propietats desinfectants, com és el cas de les restes de bràsiques, riques en glucosinolats, que inhibeixen el desenvolupament de patògens, contribuint així a l'adequat estat sanitari dels cultius.

L'aportació de fems també és una manera d'augmentar l'activitat biològica; no obstant això, en tractar-se de **matèria orgànica** fresca o poc estabilitzada, pot generar problemes que han de tindre's en compte. Efectivament, els fems poden produir una proliferació excessiva de la microbiota del sòl i, amb això, donar lloc a un descens de l'oxigen disponible, amb la conseqüent asfíxia radicular i la producció de substàncies fitotòxiques. A més, la presència de gèrmens patògens per a l'home pot suposar un problema addicional si els fems no s'apliquen en el moment i forma adequats. Com a alternativa a tot això, es troba l'aplicació de material compostat. Un compost realitzat de manera adequada és un producte estabilitzat i higienitzat, que serà beneficiós per a les plantes, al mateix temps que augmenta la biomassa microbiana del sòl, estimula la seua activitat i augmenta la seua diversitat.



L'elecció de tècniques agrícoles adequades és fonamental per a estimular els microorganismes del sòl. L'ús de cobertes vegetals, la rotació de cultius i l'aplicació de fem són pràctiques que ajuden a construir fertilitat biològica.

EL CONEIXEMENT DELS MICROORGANISMES

Aprofundir en el coneixement dels microorganismes del sòl és essencial per a avançar en pràctiques agrícoles sostenibles, millorar la resiliència dels ecosistemes i abordar desafiaments ambientals com la degradació del sòl i el canvi climàtic. Un millor maneig dels microorganismes del sòl podria traduir-se en un augment de la productivitat agrícola, una millora de la salut de les plantes, major eficàcia en l'absorció de nutrients i menor incidència de malalties. Comprendre i manejar els microorganismes del sòl revolucionaria la forma en què abordem actualment l'agricultura, promovent el desenvolupament de solucions més eficaces i sostenibles en la gestió de la terra i l'agricultura.

LA QUALITAT DEL SÒL I LA SOSTENIBILITAT DE L'AGROSISTEMA

Preservar i millorar la qualitat del sòl és fonamental per a aconseguir nivells òptims de producció i gestionar de manera sostenible l'agrosistema. El sòl és un component viu, per la qual cosa resulta fonamental emprar pràctiques agrícoles que promoguen la quantitat, activitat i diversitat dels organismes presents en ell. L'activitat biològica del sòl pot millorar-se introduint microorganismes beneficiosos mitjançant l'aplicació de bioestimulants microbians o estimulants la microbiota nadiua mitjançant pràctiques agrícoles adequades, com la reducció del conreu, l'ús de cobertes vegetals, la rotació de cultius i l'aplicació de matèria orgànica estabilitzada.

Aprofundir en el coneixement dels microorganismes del sòl és essencial per a avançar en pràctiques agrícoles sostenibles, millorar la resiliència dels ecosistemes i abordar desafiaments ambientals com la degradació del sòl i el canvi climàtic.



>Autora de l'article

Ana Pérez Piqueres

*Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA). Centre per al Desenvolupament de l'Agricultura Sostenible.
perez_anapiq@gva.es*