

La importància del sòl, possibles beneficis del model regeneratiu i adaptació a l'emergència climàtica

Xavier Domene

CREAF-Universitat Autònoma de Barcelona

PATT Retornar la vida al sòl: tècniques i beneficis de l'agricultura regenerativa
14 maig 2025

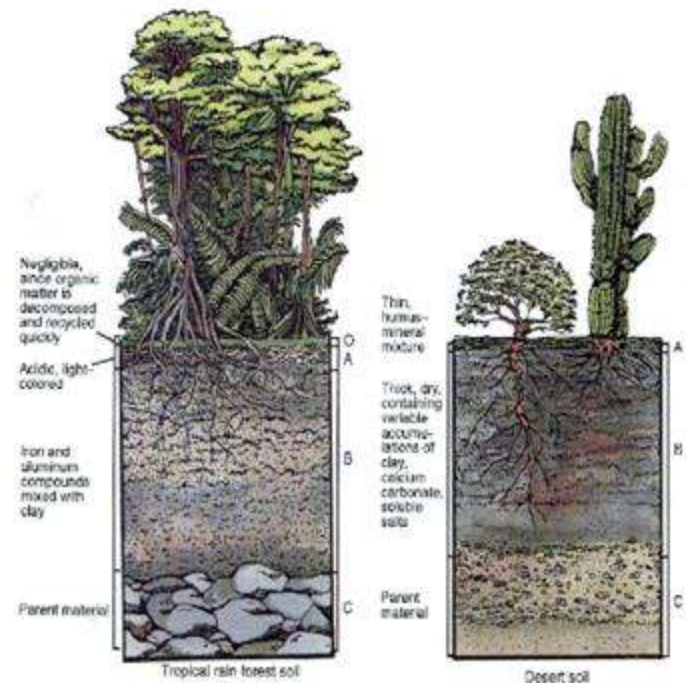
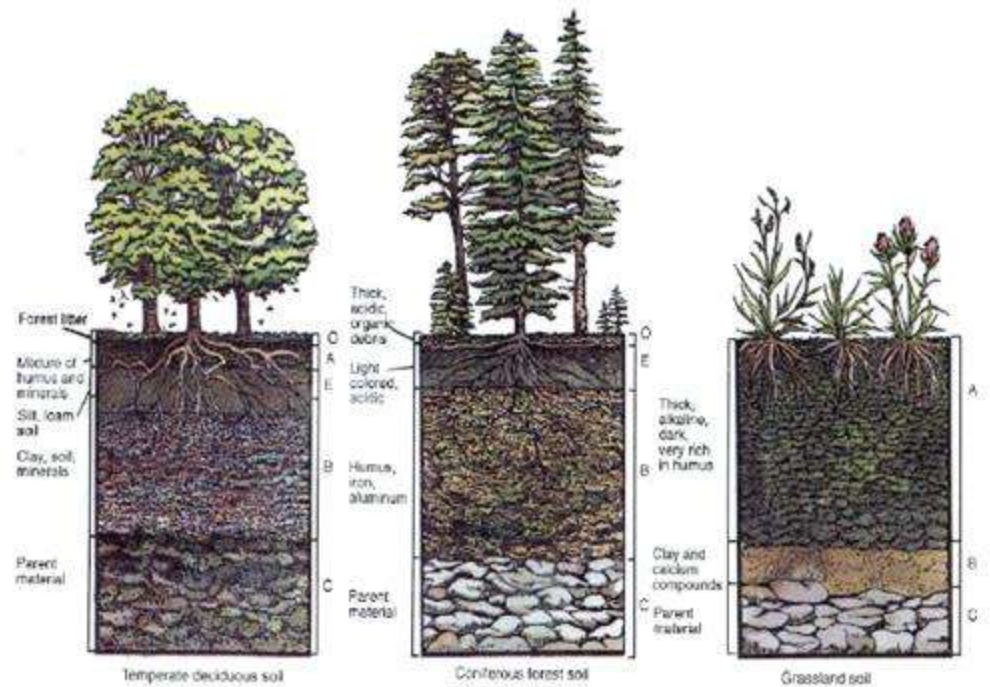


1) Què és un sòl?

Capa superficial de l'escorça terrestre, resultat de la interacció de la litosfera amb el clima i els organismes vius.

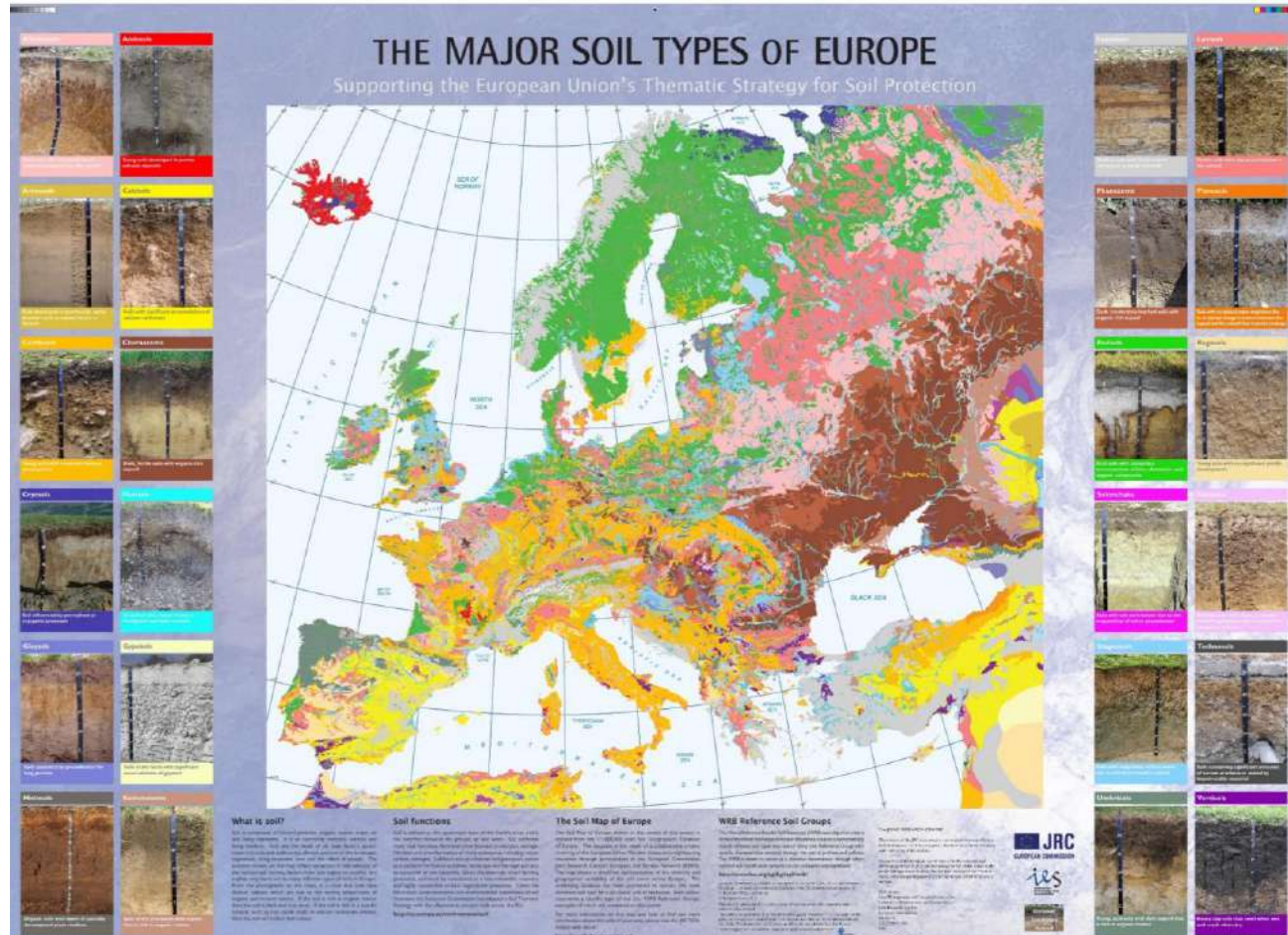
Format per constituents **minerals, orgànics i organismes vius.**

Dividit en **horitzons de gruix i profunditat variables**, resultants de l'acció transformadora del material geològic parental de **processos físics, químics i biològics.**



Un compartiment ambiental **divers!**

Cada sòl és
una
combinació
única **de 5**
factors
formadors ...



... per tant, si en dos llocs del món és dóna la mateixa combinació de factors formadors, haurient de tenir **el mateix tipus de sòl!**

4. Organismes

3. Topografia

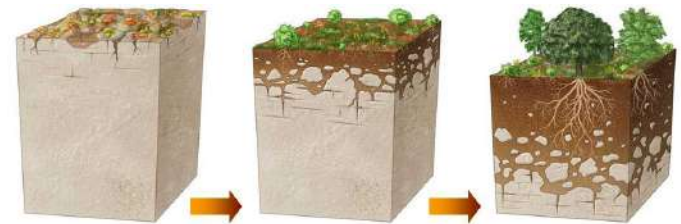
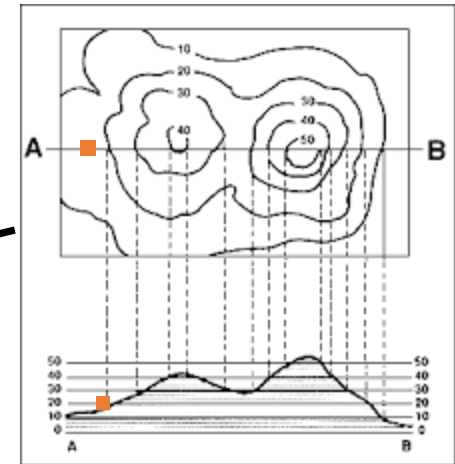
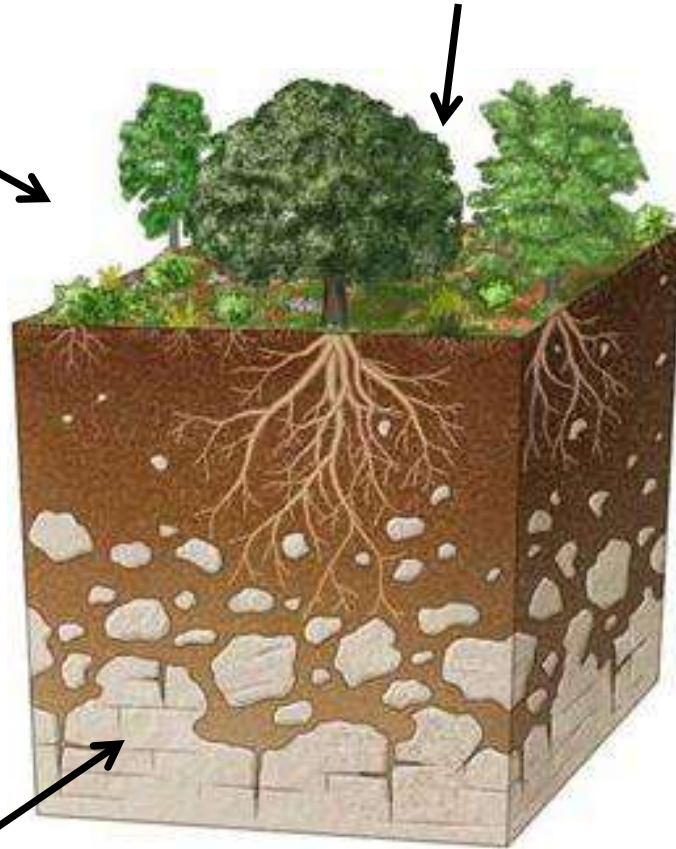
5. Temps



2. Clima



1. Materials parentals





Representative catena of soil profiles and forest cover types along the study area transect (145-km) in northern Lower Michigan) driven by increased snowmelt percolation in the west.

Un compartiment ambiental **clau** per la seva connexió entre les seves funcions ecològiques i els serveis ecosistèmics.



Un compartiment ambiental **complexe!**

(a) Complexe en composició

FASE SÒLIDA (MATRIU)

MATÈRIA MINERAL

- Minerals primaris
 - alterables
 - no alterables
- Minerals secundaris
 - argiles
 - oxi-hidròxids
 - sals

MATÈRIA ORGÀNICA

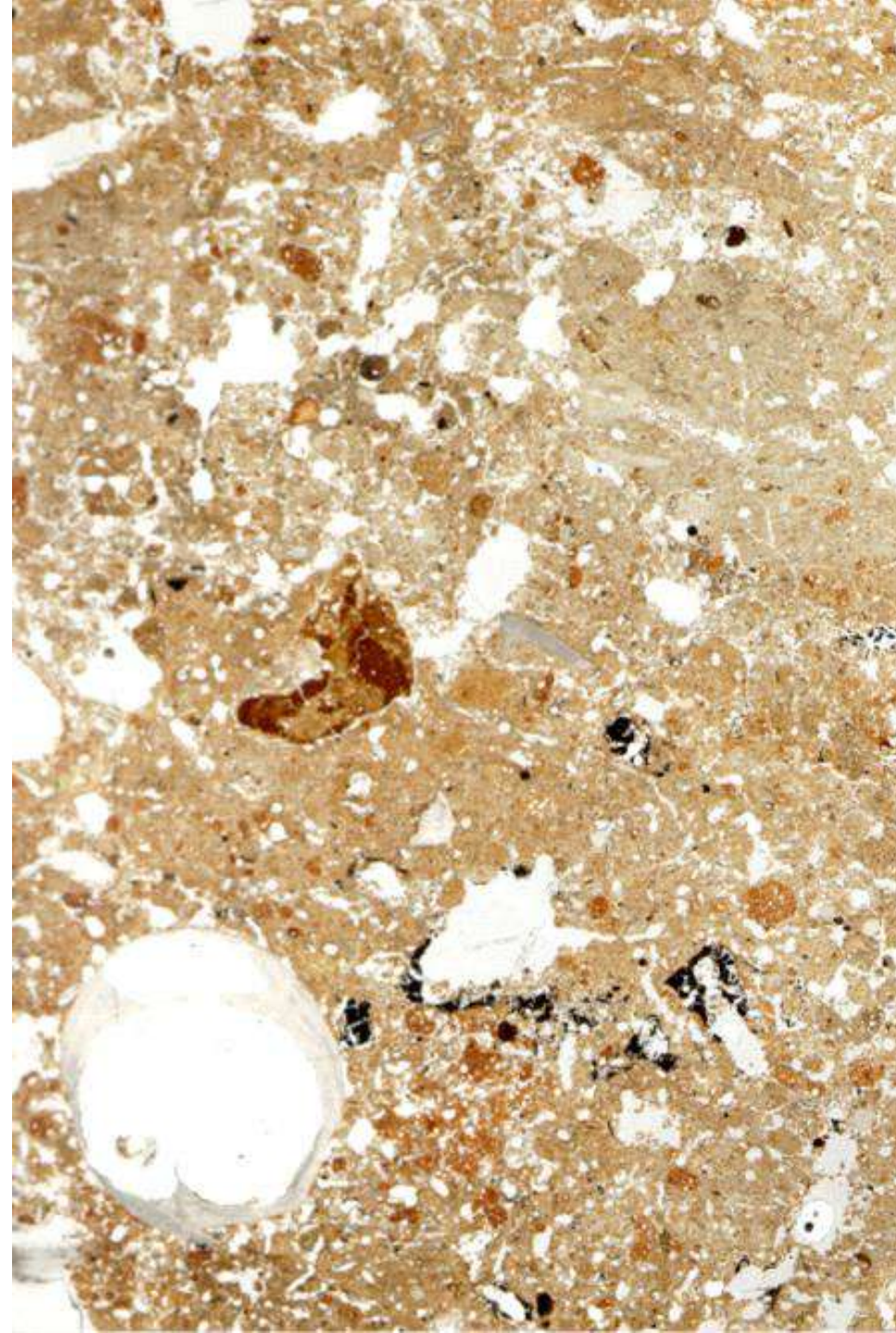
- Restes d'organismes (vegetals, animals, fongs)
- Biopolímers
- Carbó
- Humus

FASE LÍQUIDA (AIGUA DEL SÒL)

- Aigua
- Ions i molècules en dissolució

FASE GASOSA (ATMOSFERA DEL SÒL)

**ESPAI
PORÓS**

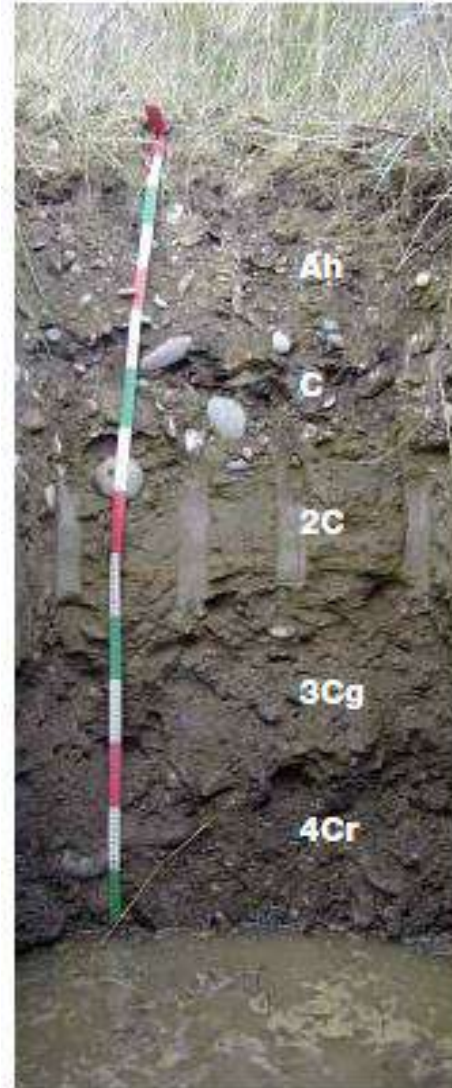


*(b) Complexe en la seva formació
(pedogènesi)*

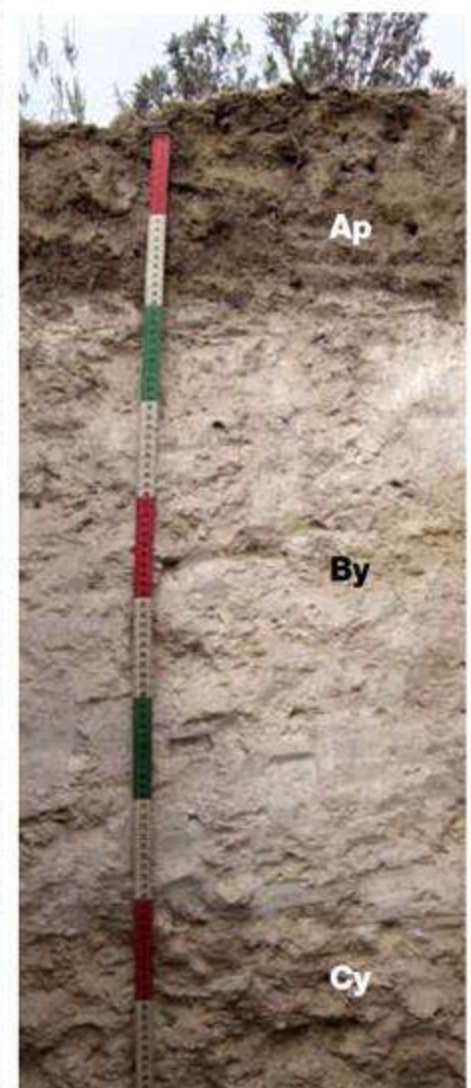
Horitzó edàfic = Capa horitzontal, aproximadament paral·lela a la superfície, i diferent de les capes situades per sobre i per sota en termes de propietats físiques, químiques o biològiques



Phaeozem



Fluvisol

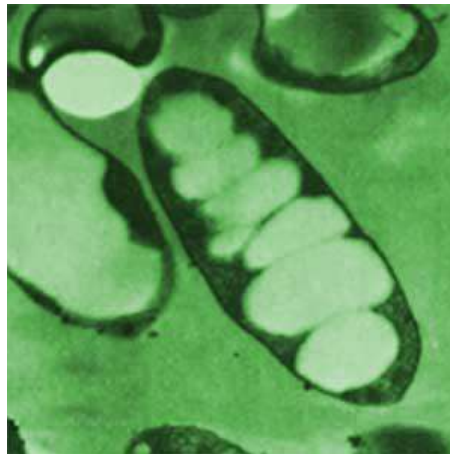


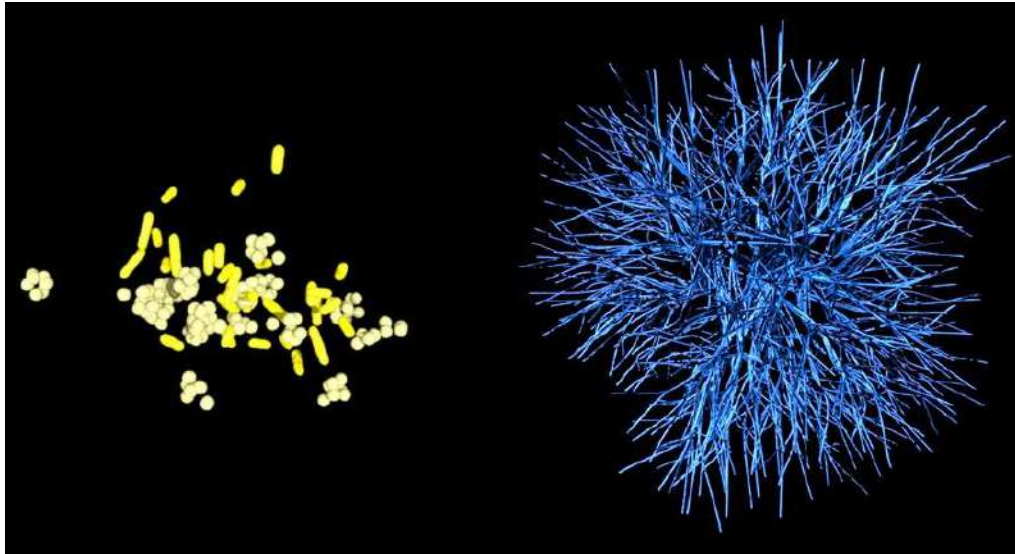
Gypsisol

2) Propietats biològiques del sòl

Existeix una gran **diversitat** de grups biològics que viuen al sòl!

PRODUCTORS PRIMARIS (plantes sobretot però també molles, líquens, algues i bacteris fotosintètics): responsables de la producció de MO que es s'incorpora continuament al sòl.





DESCOMPONEDORS = MICROORGANISMES (bacteris, fongs): responsables de la descomposició i mineralització.



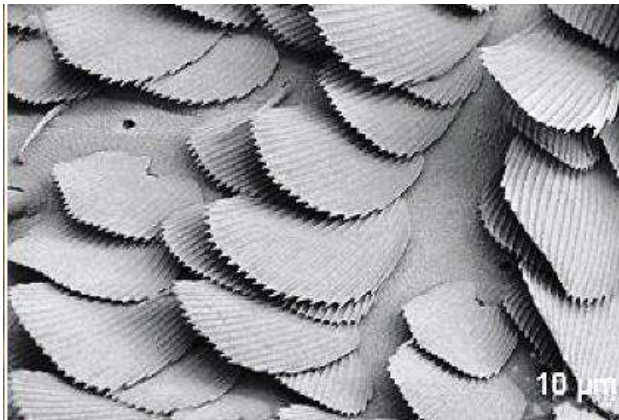
MICROFAUNA (protozous i nemàtodes): regulen la descomposició i mineralització en alimentar-se de microorganismes.

MESOFAUNA (àcars, col·lèmbols, enquitreids i altres)



- Brostejadors de microorganismes (fongs, bacteris), detritívors i depredadors **regulen la descomposició i la mineralització.**
- **Regulen la producció primària** en afectar la velocitat d'alliberament dels nutrients a partir de la matèria orgànica del sòl

- **Disseminen propàguls** de bacteris, fongs i protists a través de les seves dejeccions i la cutícula en moure's pel sòl.



Philippe Garcelon, <https://collemboles.fr/>

- A microescala, **milloren l'estructura del sòl** amb els seus **pèlets fecals**, que en omplir els porus, donant consistència a la vegada que porositat.

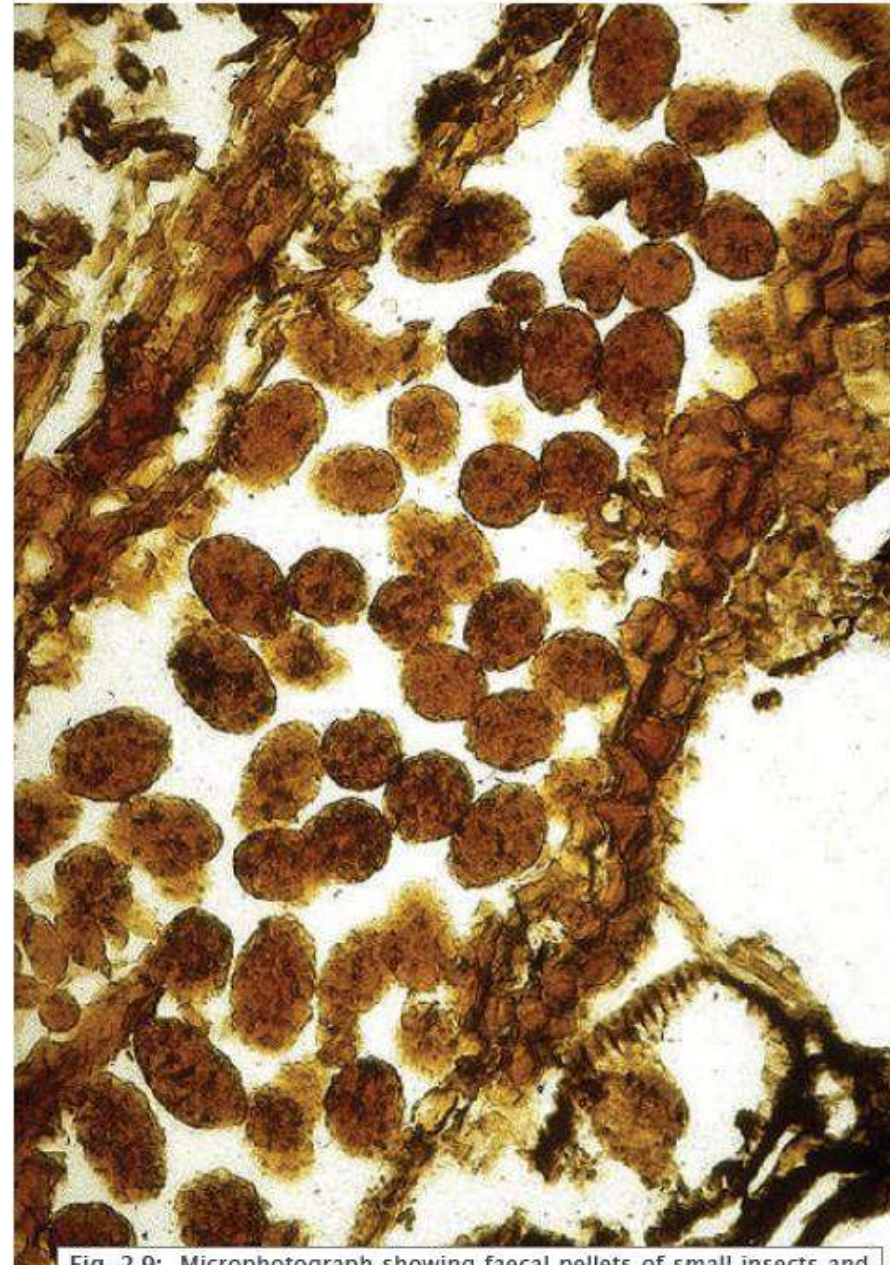
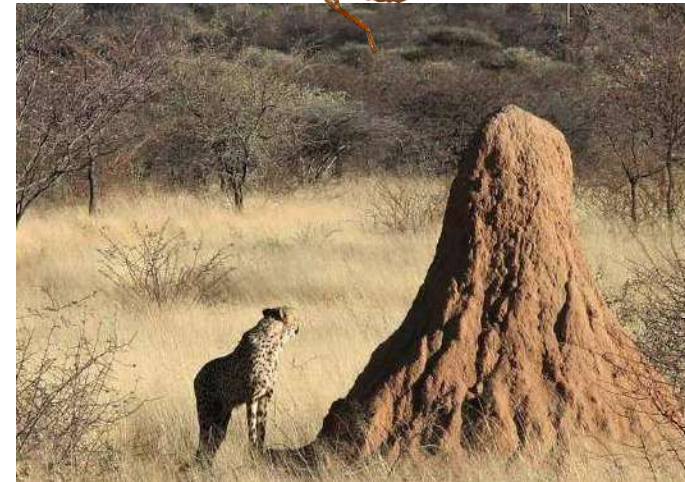


Fig. 2.9: Microphotograph showing faecal pellets of small insects and mites. The white areas represent the pores. Frame length 33 mm. (EAF)

Jeffery et al. (2010)

MACROFAUNA (cucs de terra, formigues, tèrmits) (enginyers del sòl)

- **Construeixen** túnels i cavitats que actuen como a bioporus
- Causen **bioturbació**, e.d. moviment i barreja de partícules minerals i matèria orgànica en el perfil
- **Faciliten** el desenvolupament de poblacions d'altres organismes del sòl, per creació d'hàbitat



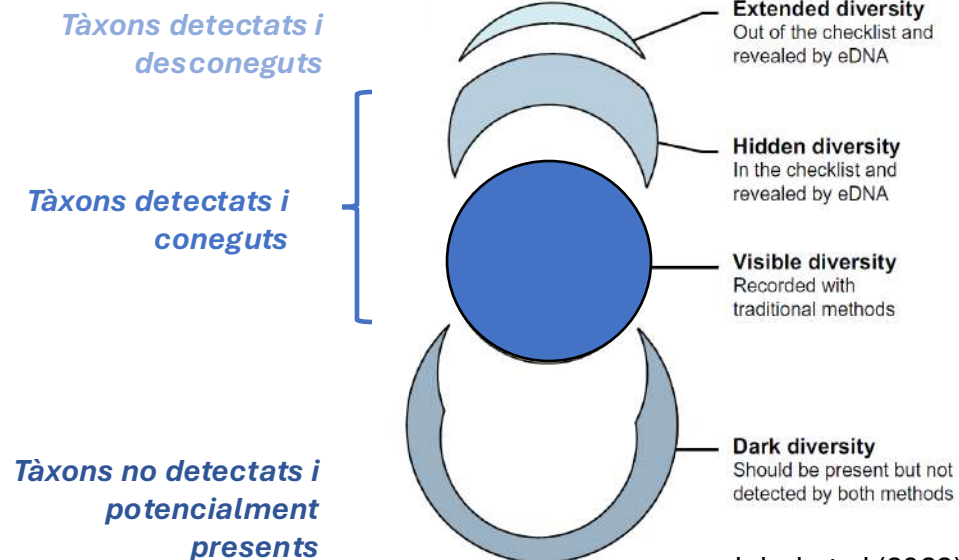
3) La biodiversitat del sòl

Biodiversitat en xifres

Table 9.1. Known and unknown diversity of species groups that are mainly soil dwelling (data from Coleman (2008) and Turbé *et al.* (2010)).

Species group	Species described	Species estimates
Bacteria	5,000	1,000,000–1,000,000,000
Fungi	70,000	1,500,000–7,000,000
Protozoa	40,000	20,000–200,000
Nematodes	25,000	50,000–1,900,000
Oligochaeta	3,650	7,000–8,000
Acari	45,000	80,000–1,000,000
Collembola	7,500	15,000–50,000
Isoptera	2,600	10,000

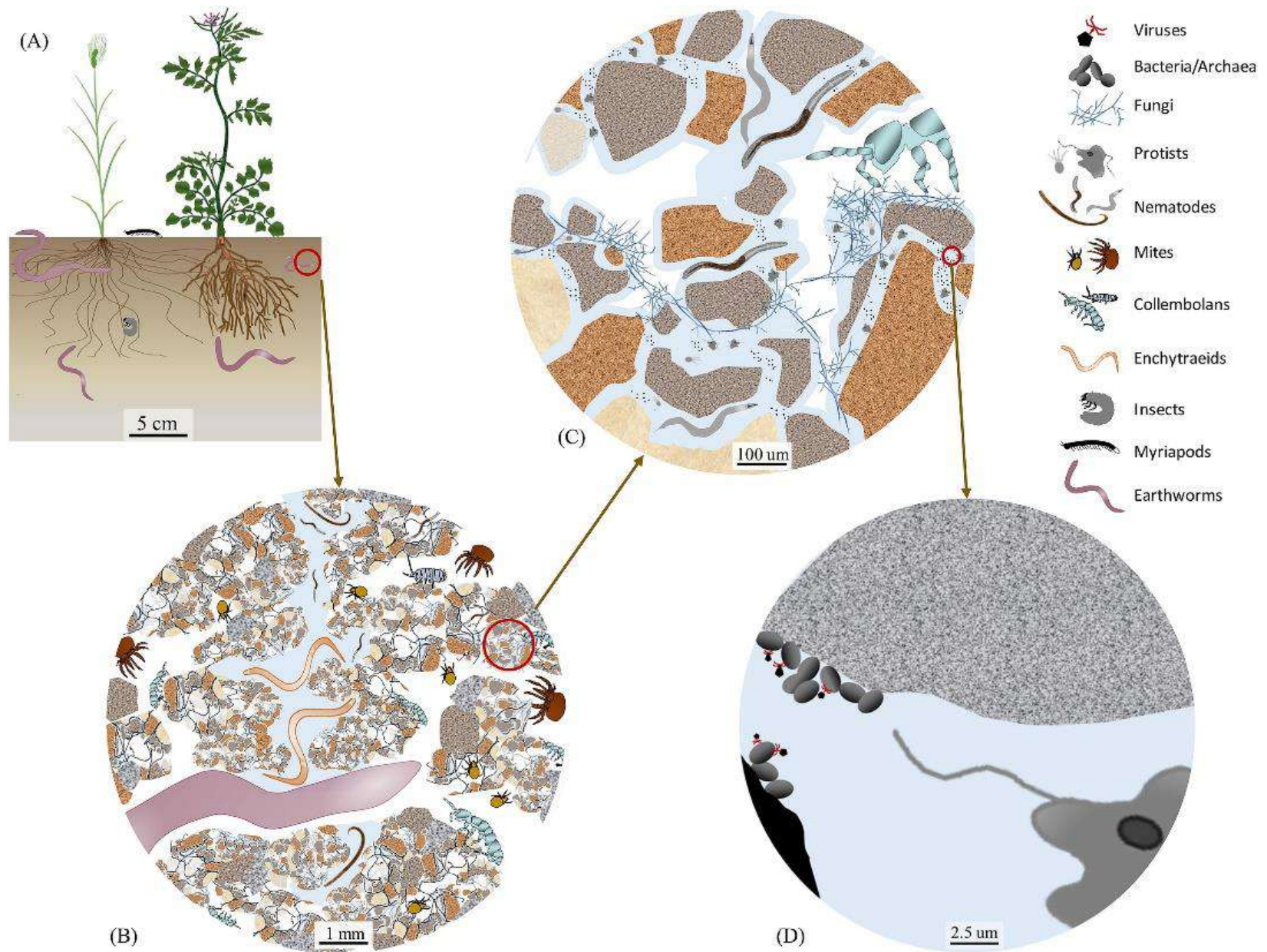
Kuyper and K.E. Giller (2011)



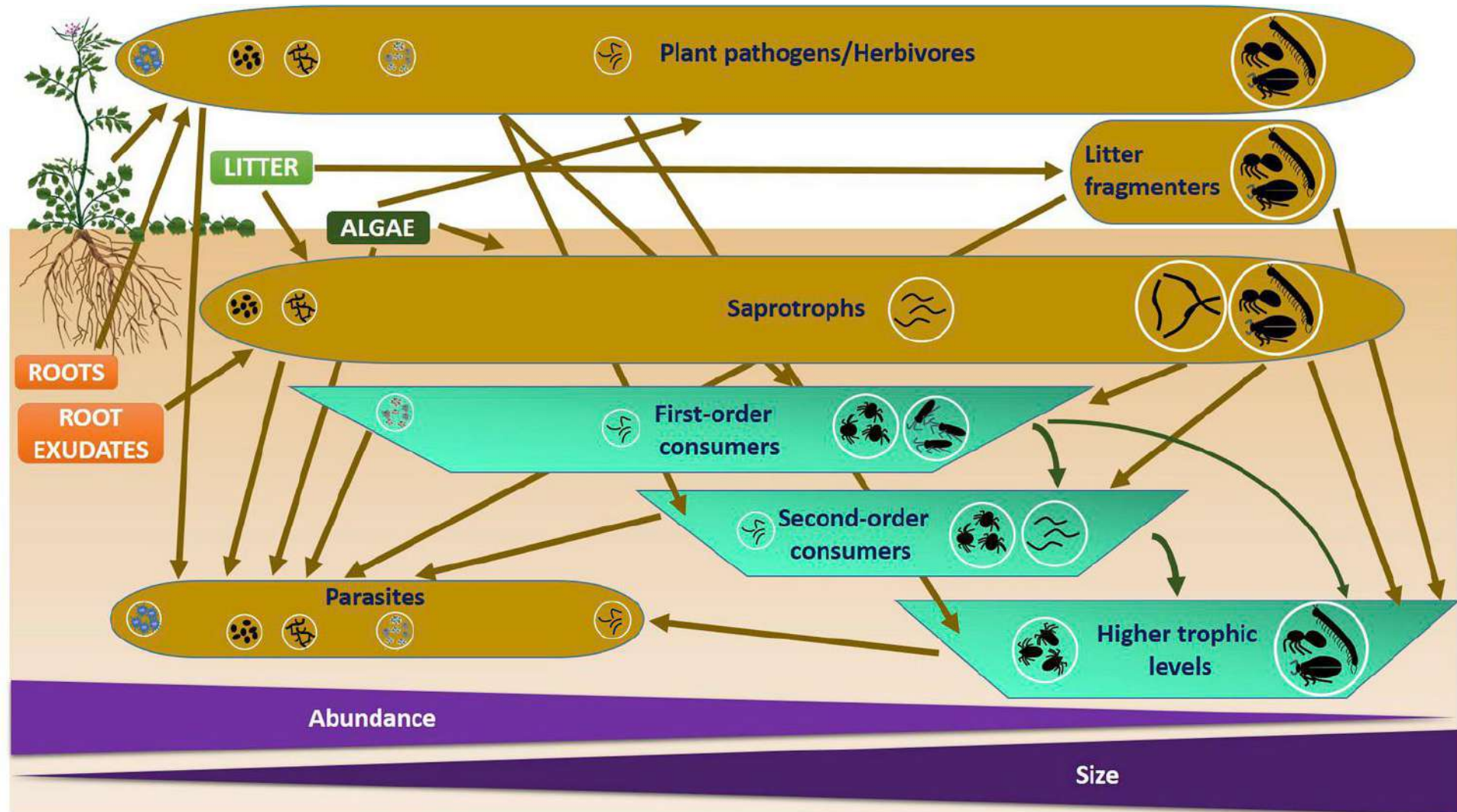
Juhel et al (2022)



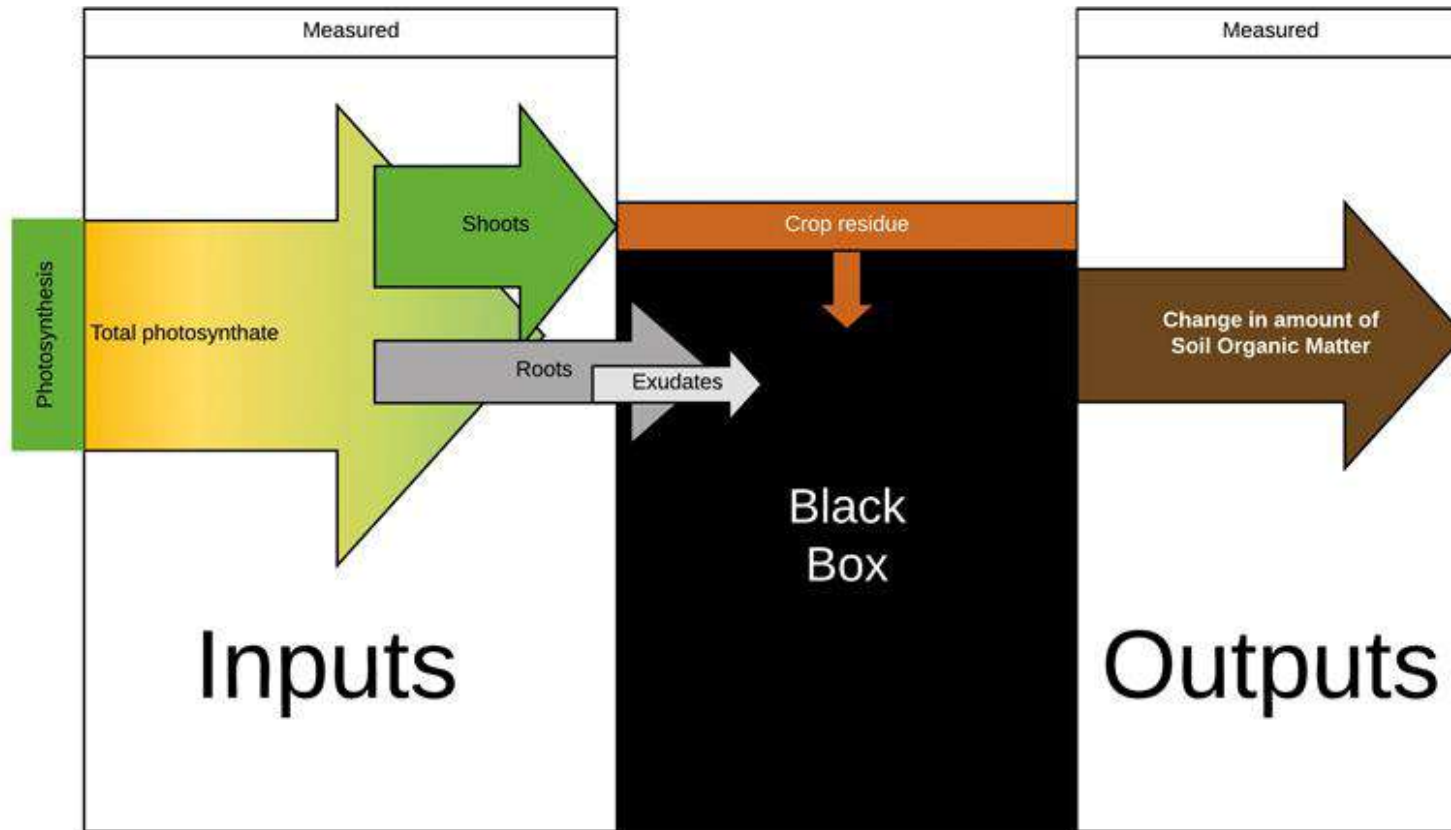
Biodiversitat del sòl a diferents escales espacials de la matriu del sòl



La xarxa tròfica del sòl es descriu en forma de grups funcionals d'organismes

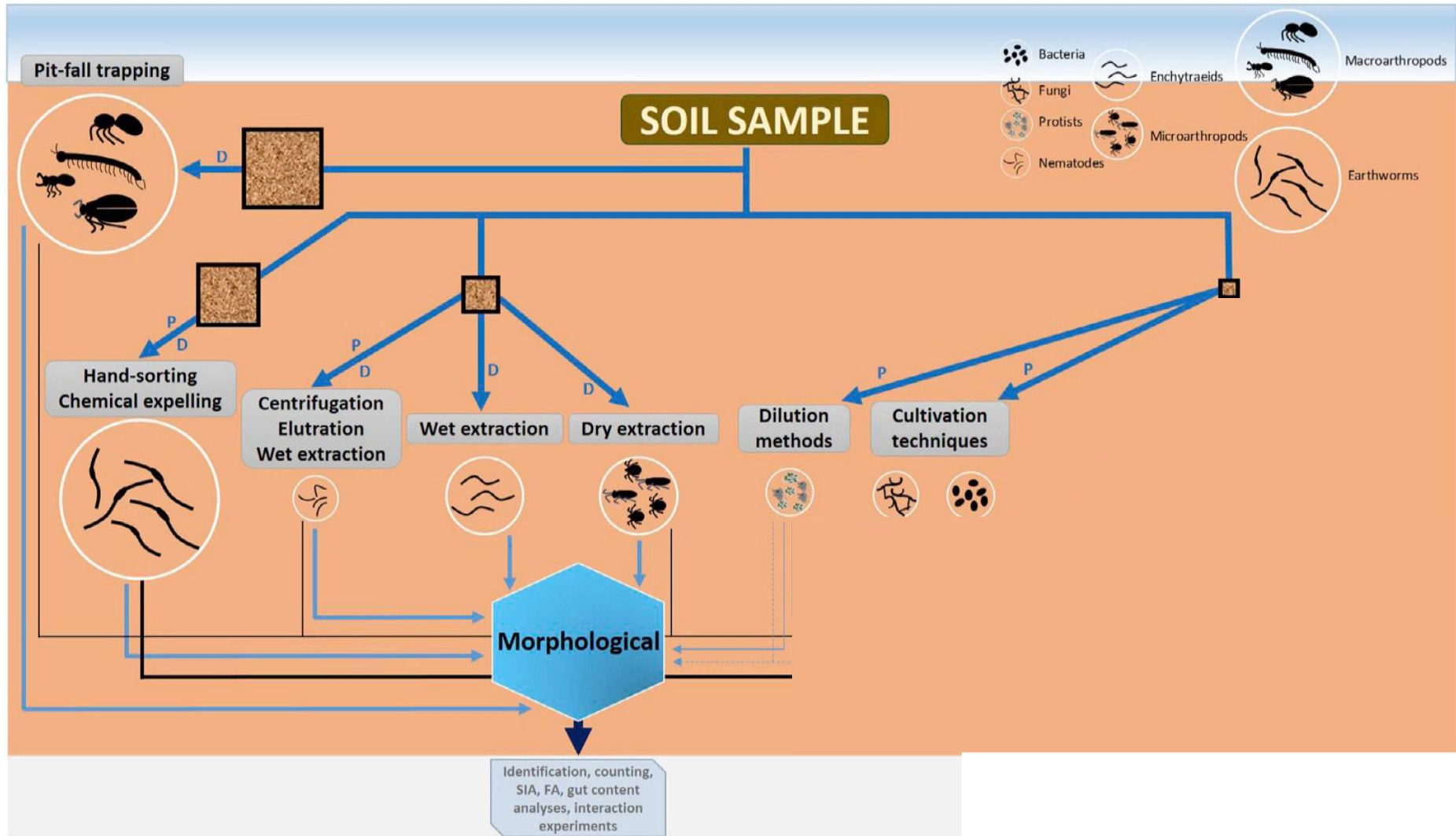


Els ecosistemes del sòl s'han considerat tradicionalment com una 'capsa negra': són claus, però no entenem completament com funcionen



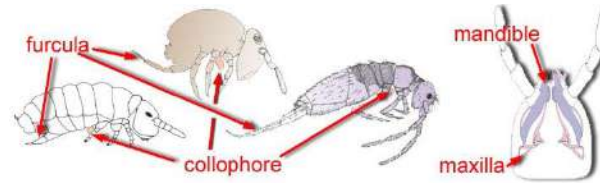
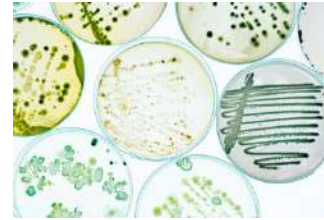
*“Existeixen **deficiències de coneixement i habilitats** en l'àrea de la biodiversitat del sòl, especialment pel que fa als invertebrats i els microorganismes del sòl, tant per les dificultats de classificar-los taxonòmicament com per determinar les complexes interaccions entre ells i els factors ambientals que els afecten” (Giller et al., 2021).*

Les limitacions de les metodologies d'estudi tradicionals han endarrerit històricament l'estudi de la biodiversitat del sòl...



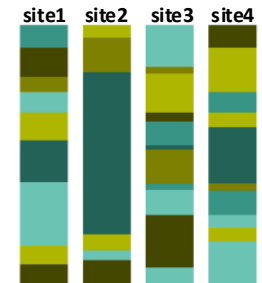
... però aquestes limitacions han estat superades actualment en part gràcies als avenços en noves tècniques moleculars (genètiques) i bioquímiques

Como evaluem la biodiversitat edàfica?

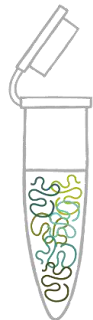


Identificació per cultiu (en microorganismes)
o morfològica (fauna)

**Riquesa
d'espècies**



Riquesa d'OTUs



Extracció i
purificació d'ADN

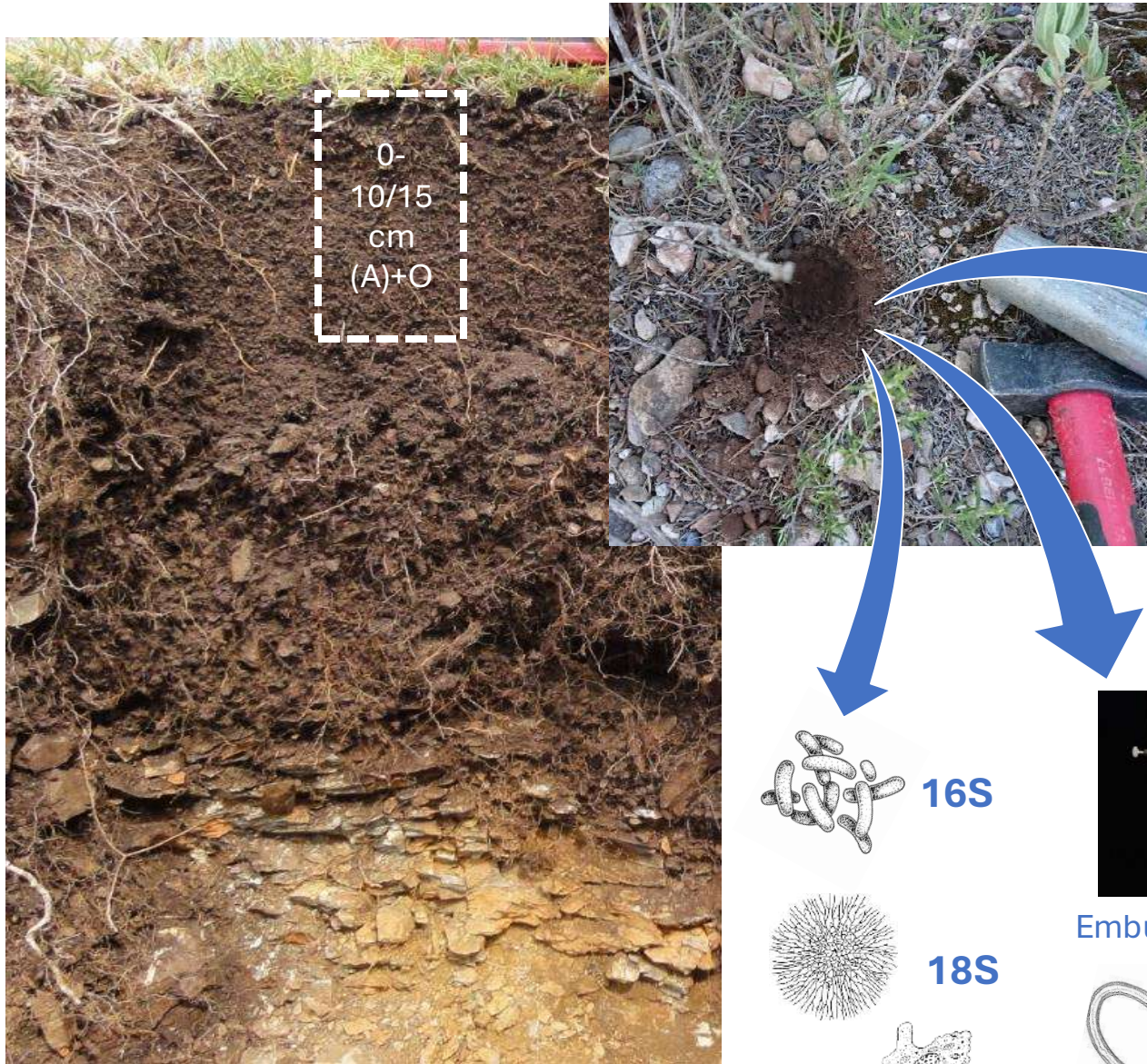
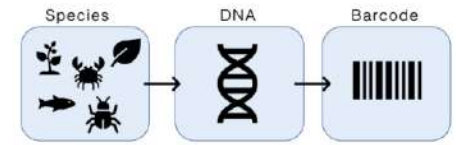
• **Amplificació d'un gen
representatiu comú
en el grup biològic**
(còpies o **barcodes**)

tttgagtatacaact
ttcgagcatagact
aacgtccaagaggt
ttggagcatagact
aaggtccaagaggt
ttcgagcatagact
atcgccaatggagt
aaggtccaagaggt
aacgtccaagaggt
tttgagtatacaact

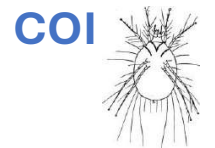
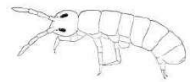
- **Recompte i seqüenciació
(metabarcoding)** de seqüències
diferents o **OTUs** (= *operational
taxonomical units*)

"El metabarcoding es pot aplicar a l'ADN de qualsevol entorn o organisme, i està guanyant cada cop més protagonisme en els estudis de biodiversitat. Aquest enfocament ja s'utilitza de manera rutinària per caracteritzar les comunitats microbianes del sòl, però s'està estenent a la mesofauna i la macrofauna" (Orgiazzi et al 2015)

Mostreig d'organismes del sòl i metabarcoding



Embuts Berlese



COI



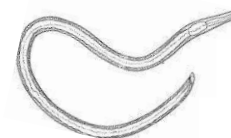
16S



18S



Embuts Baermann



18S_nem

4) La biodiversidad edáfica genera un interés creixent



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Soil biodiversity: the hidden world beneath our feet

Plants nurture a whole
world of creatures in the
soil, that in return feed
and protect the plants.

This diverse community
of living organisms
keeps the soil healthy
and fertile.

This vast world
constitutes soil
biodiversity and
determines the main
biogeochemical
processes that make
**life possible
on Earth.**

Soil Community



MEGAFAUNA

Toads, moles, beavers,
rabbits and badgers are the
principal agents of soil
turnover and distribution.



MACROFAUNA

Several centimeters

Earthworms, termites, ants,
millipedes and woodlice help
with soil drainage and aeration.



MESOFAUNA

Less than 2 mm

Microscopic invertebrates such as
collembolans, diptera, proturans,
nematodes, mites and tardigrades are
biological regulators of decomposition.



MICROFAUNA AND MICROORGANISMS

Less than 0.1 mm

Bacteria, protozoans, fungi and nematodes
are the smallest and most numerous organisms
in the soil. They are responsible for
biogeochemical processes.

Thanks to the financial support of







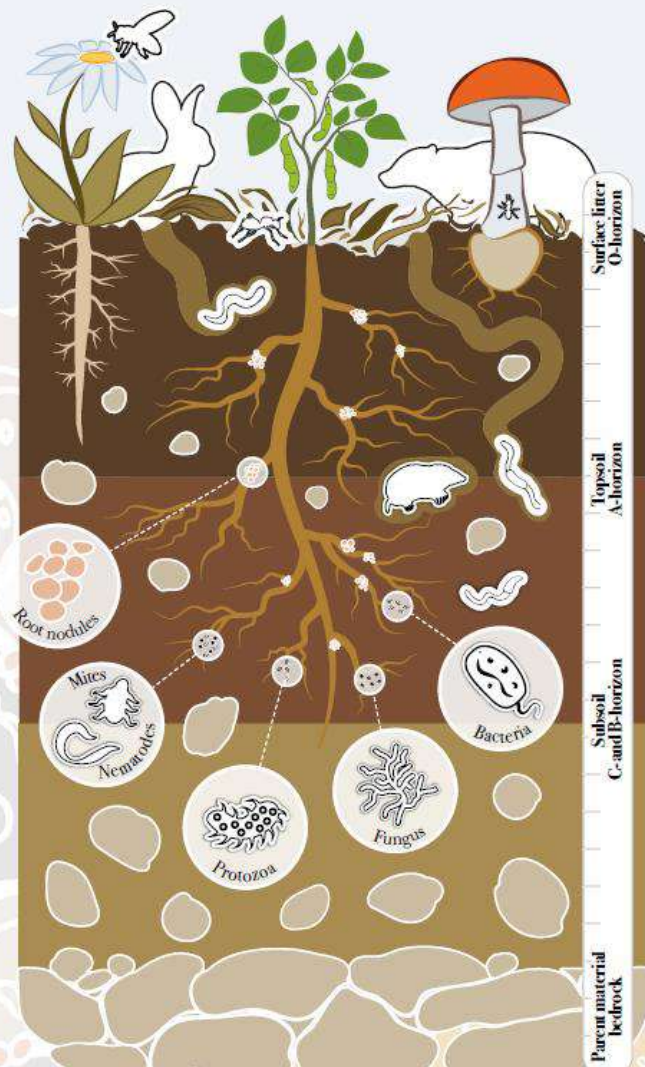




KEEP SOIL ALIVE
PROTECT SOIL
BIODIVERSITY



04/10/2021
CA8251EN/03/20



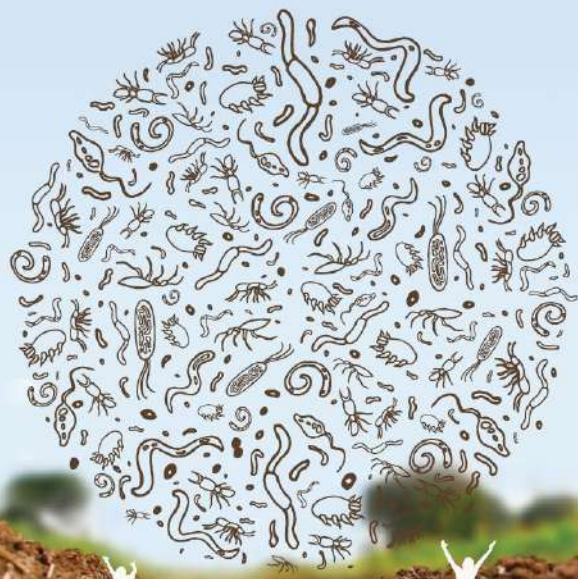
The diagram illustrates the vertical layers of soil and the organisms that inhabit them. From top to bottom, the layers are: Surface litter (O-horizon), Topsoil (A-horizon), Subsoil (C- and B-horizon), and Parent material (bedrock). Various organisms are shown in their respective layers: a bird and a rabbit in the surface litter; a mole and a rabbit in the topsoil; a mole and a rabbit in the subsoil; and a mole and a rabbit in the parent material. The diagram also shows the roots of a plant and a tree, and a mushroom growing from the surface litter. The organisms shown include: Root nodules, Mites, Nematodes, Bacteria, Protozoa, and Fungus.



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Report
2020

STATE of KNOWLEDGE of SOIL BIODIVERSITY



Status, challenges and potentialities

itps
INTERNATIONAL
TECHNICAL GROUP ON SOILS



Convention on
Biological Diversity



European
Commission



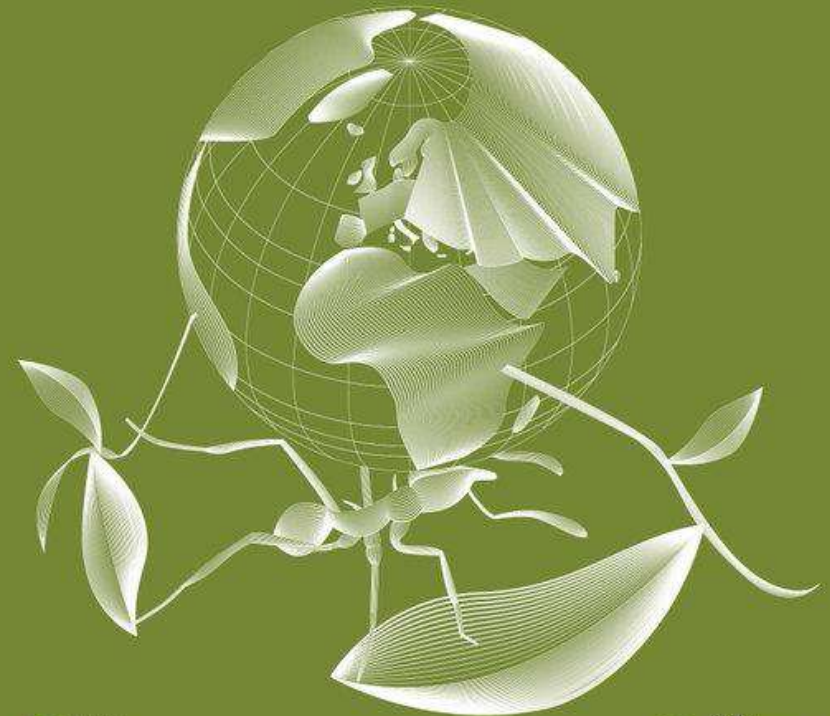
GLOBAL
SOIL BIODIVERSITY
INITIATIVE

FAO, ITPS, GSBI, CBD & EC (2020)

<https://www.fao.org/3/cb1928en/cb1928en.pdf>



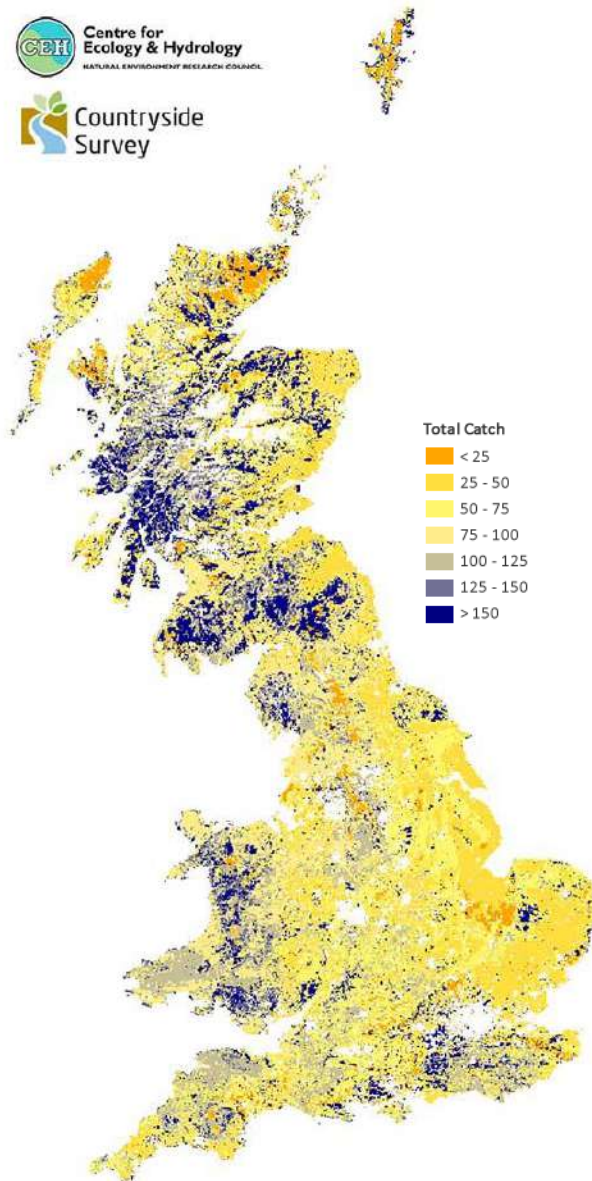
GLOBAL SOIL BIODIVERSITY ATLAS



Joint Research Centre-European Commission(2016)

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c54ece8e-1e4d-11e6-ba9a-01aa75ed71a1>

Xarxes de monitoreig de la biodiversitat



UK Countryside Survey (1998, 2000, 2007)

<https://catalogue.ceh.ac.uk/documents/b535ca33-c5e3-48fa-9912-ee9c0502ba1b>

- 256 plots
- All land uses
- Physical and chemical soil properties
- Contaminant levels including heavy metals and, persistent organic pollutants
- **Biodiversity status**, including the **first national maps of bacteria and fungal diversity and mesofauna abundance and diversity**
- Soil functions (potential nitrogen mineralisation, nitrification rates, basal respiration rates, carbon substrate utilisation rates and water holding capacity assessed by moisture content at both time of sampling and at field capacity)
- Dried and frozen samples are archived to enable the emergence of new contaminants to be tracked back and new molecular techniques to be applied as they become available.
- Integrated analysis with change in land use and vegetation composition

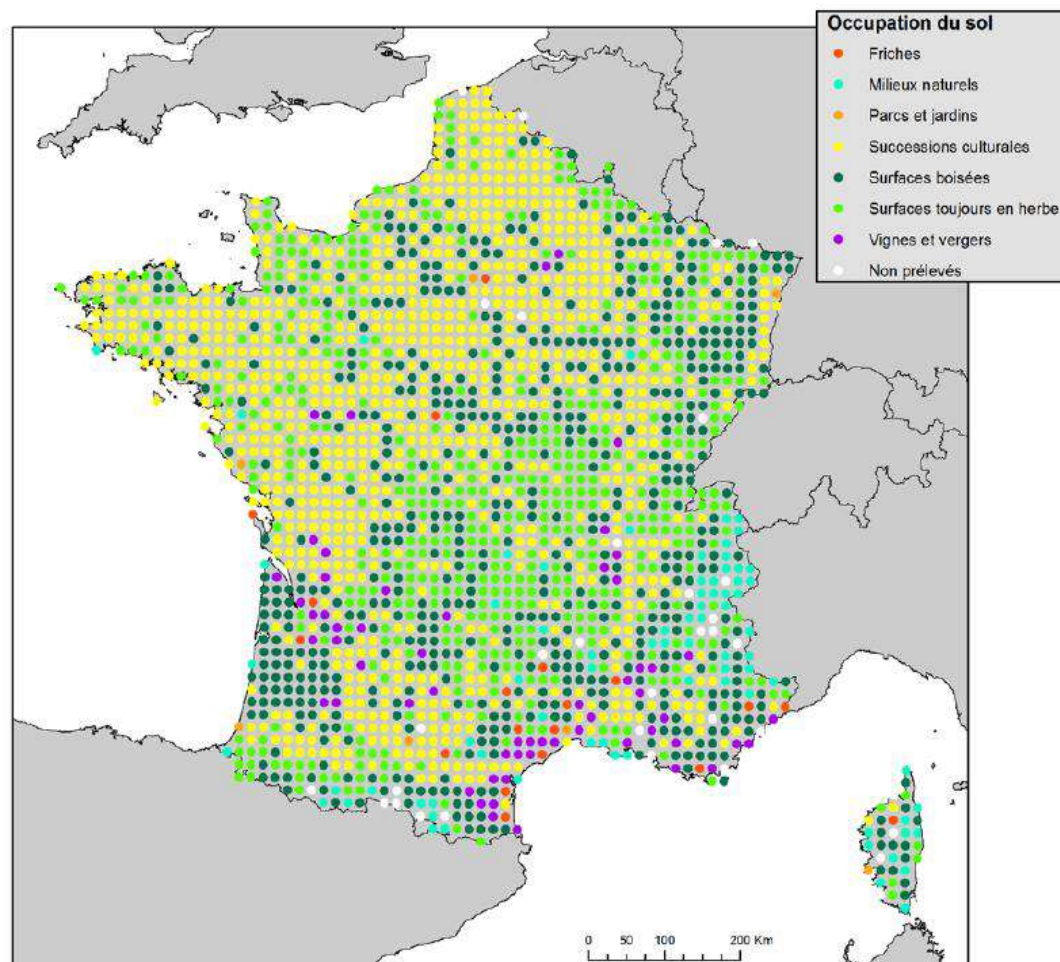
Topsoil invertebrate broad taxa number (0-8cm soil depth). For topsoil invertebrate data, a total of 947 cores from **256 (1km x 1km) squares** across Great Britain were collected and analysed in 2007.

<http://www.ukso.org/static-maps/countryside-survey-topsoil.html>

French soil quality monitoring network (Réseau de mesures de la qualité des sols-RMQS) (2000-2009, 2016-2027)

<https://hal.inrae.fr/hal-03823026/document>

- 2246 plots
- All land uses
- Soil properties
- Carbon stocks
- **Microbial richness and diversity** (since 2000)
- **Macro and mesofauna** (since 2018)



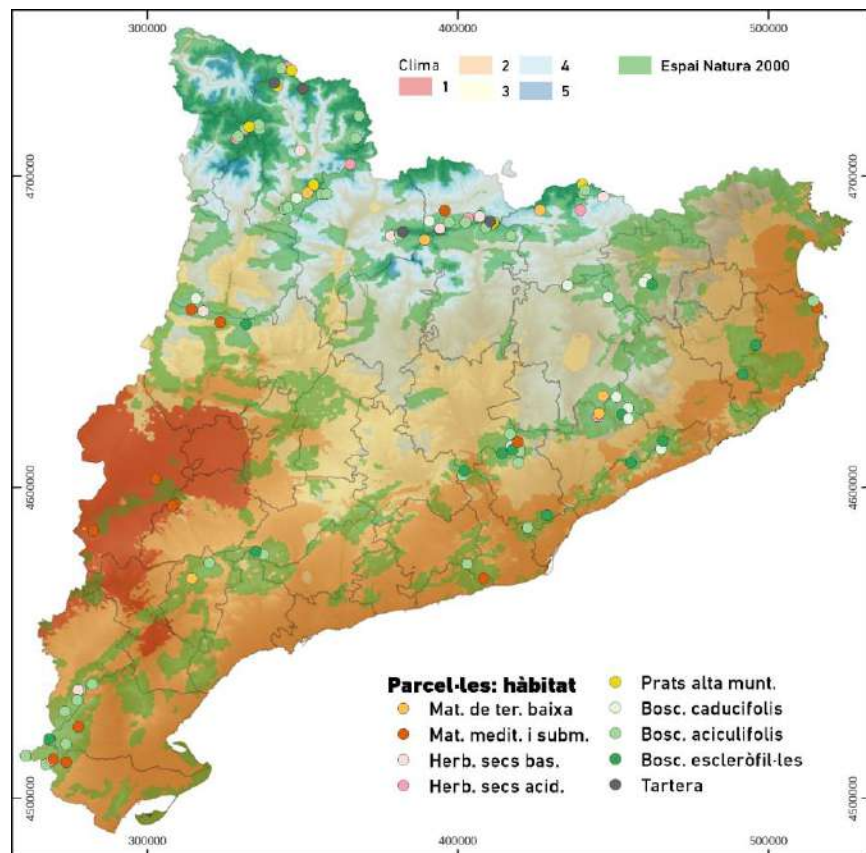
Bispo et al (2021) https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-11/9_bispo_soil_biodiversity_monitoring_in_france.pdf

Community metrics		Forest			Grassland			Crop system			Vineyards		
		Mean	sd	Diff.	Mean	sd	Diff.	Mean	sd	Diff.	Mean	sd	Differences
Diversity 	Richness in OTUs	1,083.3	224.0	c	1,238.1	157.1	b	1,305.9	167.9	a	1,342.8	152.3	a
	Shannon's index for OTUs	5.27	0.39	c	5.41	0.32	b	5.50	0.31	a	5.57	0.23	a
	Evenness for OTUs	0.18	0.04	ns	0.18	0.04	ns	0.19	0.04	ns	0.19	0.03	ns
	Richness in genera	284.6	54.1	c	333.4	32.0	b	360.2	28.4	a	359.5	24.6	a
	Shannon's index for genera	4.04	0.31	c	4.19	0.21	b	4.25	0.2	a	4.26	0.12	ab
	Evenness for genera	0.21	0.03	ns	0.2	0.03	ns	0.2	0.03	ns	0.2	0.02	ns

Community metrics for the 4 land uses: 6 indices of bacterial diversity and 7 indices of bacterial network (from 1717 sites out of 2240 sites) (Karimi et al 2019)

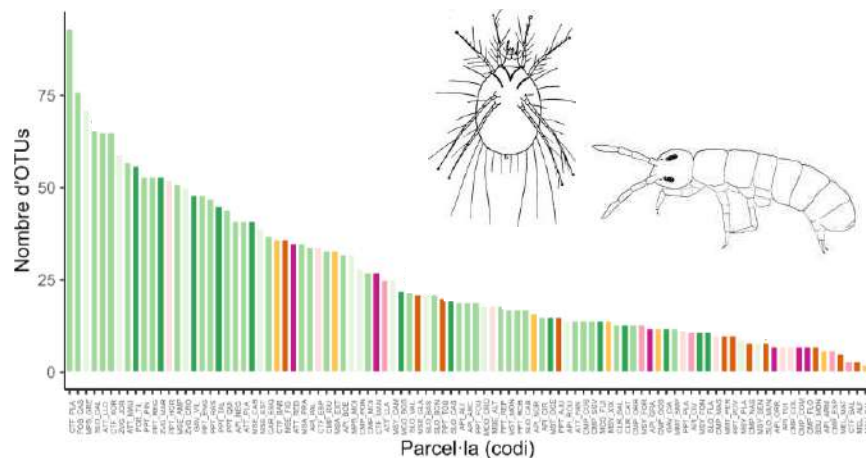
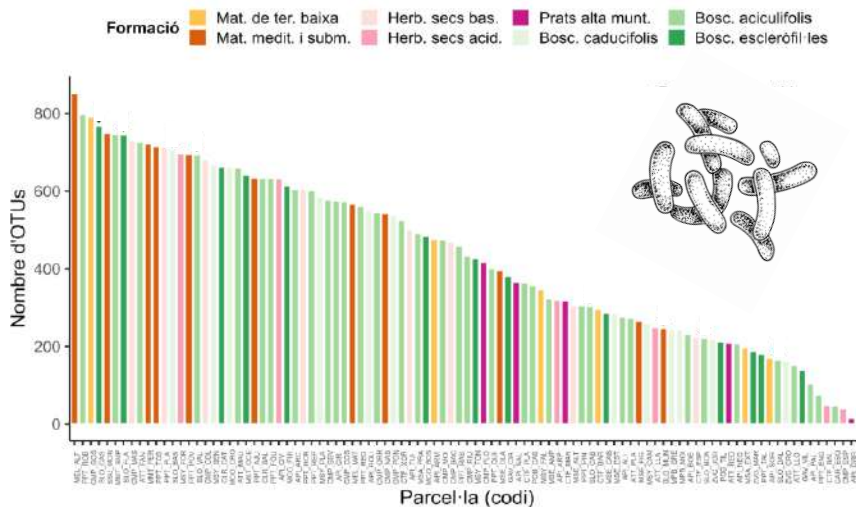
Sistema de Parcel·les de Seguiment de la Biodiversitat de Catalunya – SISEBIO (2018-present)

- 109 parcel·les permanents
- Boscos, matollars i prats
- Propietats edàfiques
- Diversitat vegetal
- **Diversitat edàfica** (bacteris, fongs, protists, nematodes, àcars i colèmbols)



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
 Alimentació i Agenda Rural**
 Direcció General Polítiques
 Ambientals i Medi Natural

Riquesa d'OTUs de bacteris (Bacteria)



5) Agricultura regenerativa: un concepte antic que ressorgeix

"**L'agricultura està en crisi.** La salut del sòl s'enfonsa. La biodiversitat s'enfronta a la seva sisena extinció massiva. El rendiment dels cultius s'ha estancat. El sistema alimentari mundial està en crisi, trencat, i per tant també el benestar humà"(Giller et al 2021)

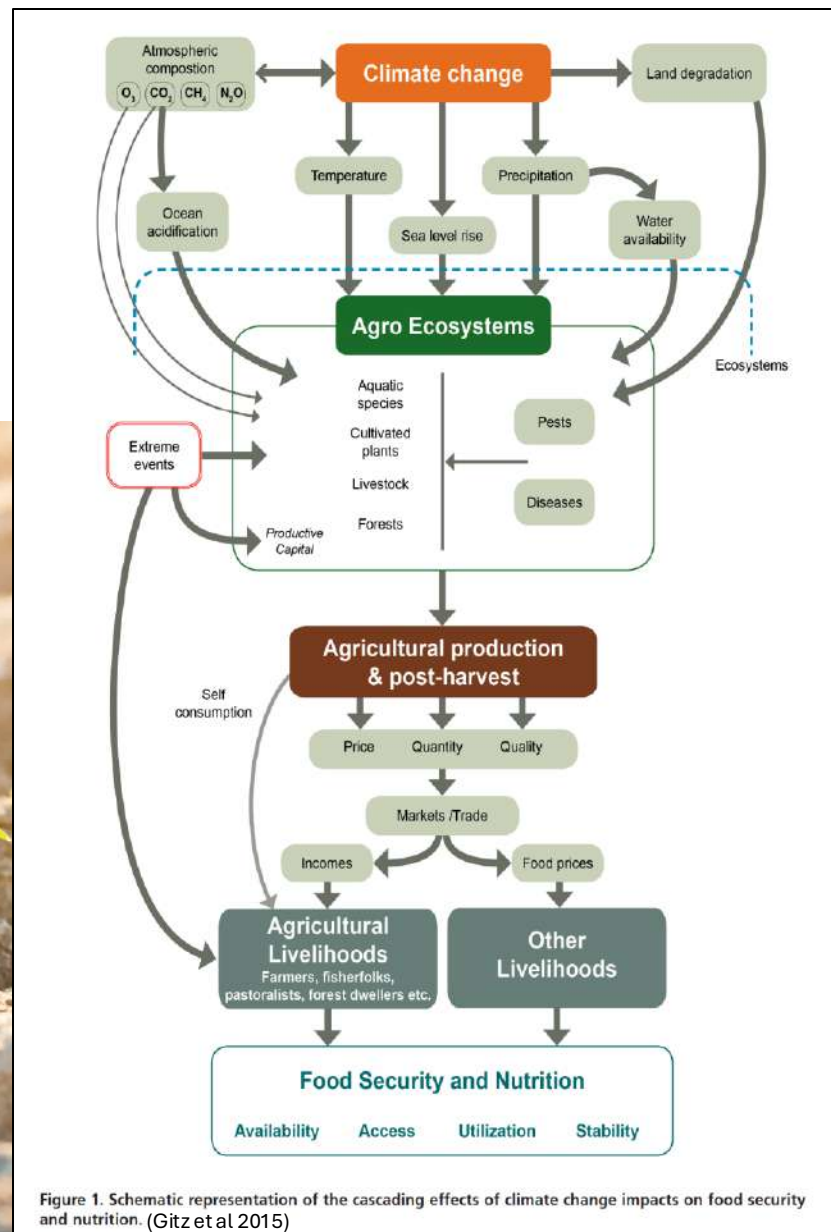
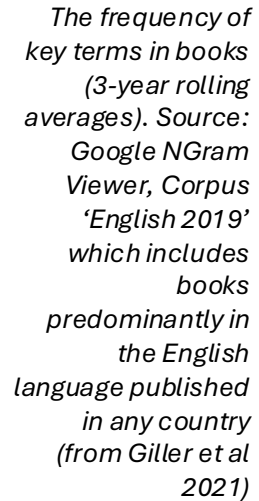


Figure 1. Schematic representation of the cascading effects of climate change impacts on food security and nutrition. (Gitz et al 2015)

“Pel seu paper en combatre aquesta crisi, **bufen vents favorables a l'agricultura regenerativa**, un concepte que ha conquerit tant l'àmbit públic com l'acadèmic.” (Giller et al 2021)



The frequency of key terms in books (3-year rolling averages). Source: Google NGram Viewer, Corpus 'English 2019' which includes books predominantly in the English language published in any country (from Giller et al 2021)



“Què és l'Agricultura Regenerativa i per què està guanyant tanta visibilitat? Quins problemes soluciona des del punt de vista agronòmic? Com?” (Giller et al 2021)

Existeix una **manca de consens pel que fa a una definició en particular**, i els primers intents es van centrar a fer una distinció clara entre l'agricultura regenerativa, l'orgànica i altres agricultures 'alternatives'



Burgess et al. (2019) van indicar que bona part de les definicions d'AR es centren en la **noció de millora**: en la matèria orgànica del sòl i la biodiversitat (California State University 2017); en el sòl, les masses d'aigua i els ecosistemes (Terra Genesis, 2017); la biodiversitat i la quantitat de biomassa (Rhodes 2017); o la salut del sòl (Sherwood i Uphoff 2000).



El Rodale Institute va llançar el 2014 la idea que l'AR és una **aproximació holística** que busca la innovació i el benestar humà, indicant que l'AR promovria la innovació contínua de les explotacions agrícoles i el **benestar ambiental, social, econòmic i espiritual**" (Rodale Institute, 2014)



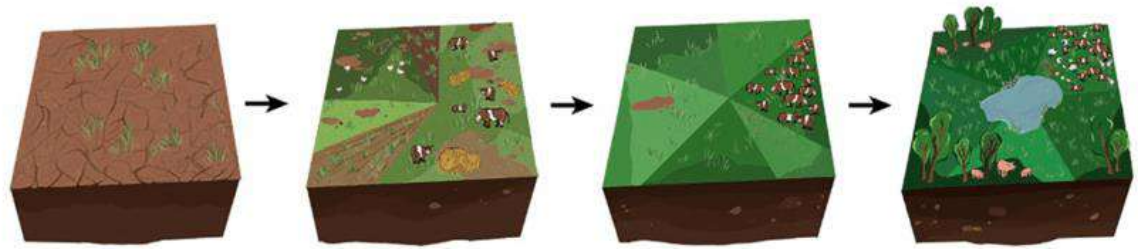
Giller et al (2021) resumeixen l'AR como un **conjunt de principis, cadascun amb unes pràctiques que hi incideixen**

Principles	Practices
Minimize tillage	Zero-till, reduced tillage, conservation agriculture, controlled traffic
Maintain soil cover	Mulch, cover crops, permaculture
Build soil C	Biochar, compost, green manures, animal manures
Sequester carbon	Agroforestry, silvopasture, tree crops
Relying more on biological nutrient cycles	Animal manures, compost, compost tea, green manures and cover crops, maintain living roots in soil, inoculation of soils and composts, reduce reliance on mineral fertilizers, organic agriculture, permaculture
Foster plant diversity	Diverse crop rotations, multi-species cover crops, agroforestry
Integrate livestock	Rotational grazing, holistic [Savory] grazing, pasture cropping, silvopasture
Avoid pesticides	Diverse crop rotations, multi-species cover crops, agroforestry
Encouraging water percolation	Biochar, compost, green manures, animal manures, holistic [Savory] grazing

Giller et al (2021) també indica aquests principis en conjunt indicideixen en **resoldre dos desafiaments principals:**

1. La restauració de la salut del sòl

En termes de **funcions/serveis**, incloent la producció de cultius pero també altres serveis com la captura de CO₂ per mitigar el cambio climàtico, entre otros.

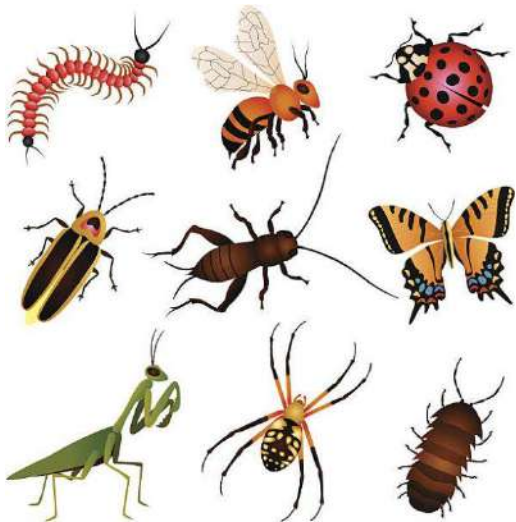


2. La reversió de la pèrdua de biodiversitat (in-farm)

2.1 En els cultius (mitjançant cultius intercalats, bandes florals, cobertes verdes, rotacions, etc)

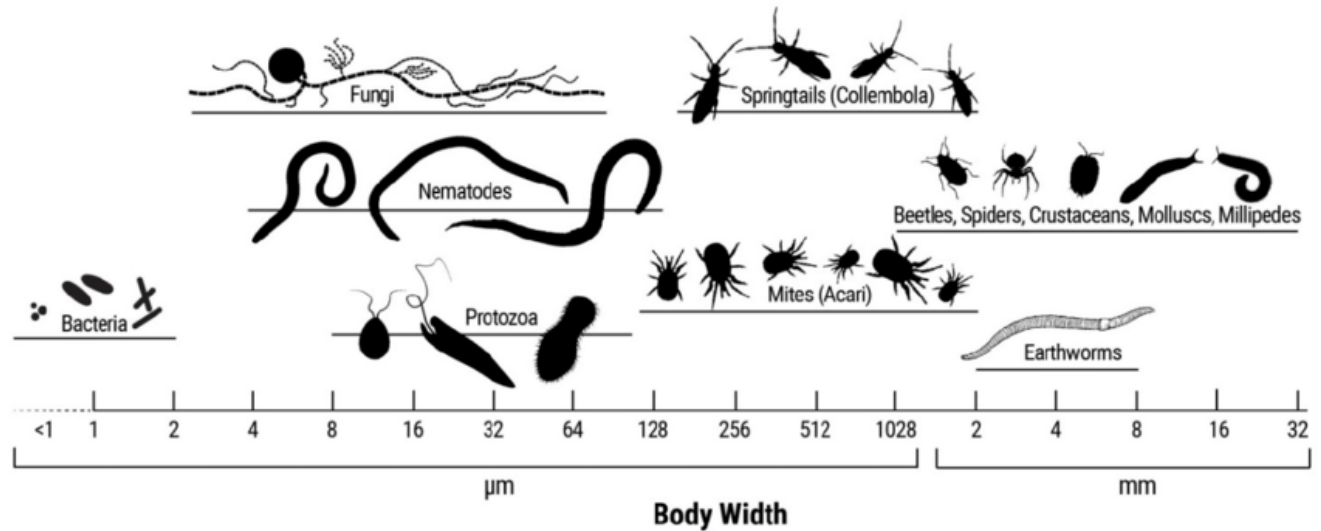


2.2. Promoure espècies beneficioses (depredadors de plagues i polinitzadors)



Malgrat tot, el concepte de biodiversitat a l'AR encara es refereix principalment a la biodiversitat a la granja, i **no sol considerar la biodiversitat al propi sòl**.

**In-farm
biodiversity**
(organismes del
sòl)



Brackin et al (2017)



... ni tampoc a la **renaturalització dels ecosistemes circumdants a l'explotació** (Giller et al., 2021).

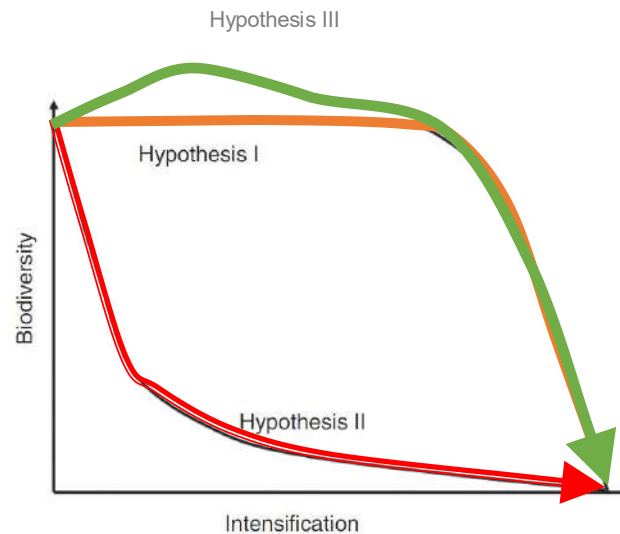
Off-farm biodiversity (habitats naturals circumdants)

6) Que hi hagi menys biodiversitat implica menor funcionalitat?

Diferents estudis han demostrat que la disminució de la biodiversitat edàfica **està associada a la intensificació agrícola i la simplificació de les xarxes tròfiques del sòl** (de Vries et al., 2013; Tsiafouli et al., 2014).

Alguns autors indiquen que la qualitat del sòl ha disminuït fins a un punt crític, **almenys en part per la dràstica reducció de la biodiversitat del sòl**.

Altres autors **han indicat que hi ha poques evidències d'aquesta causalitat** (per exemple Kuyper i Giller, 2011



Hypothesized relationship between agricultural intensification and biodiversity (Kuyper and Giller 2011 after Perfecto and Vandermeer, 2008).

... i en altres estudis s'ha observat un **increment de la biodiversitat a baixos nivells d'intensificació** (Giller et al. 1997).

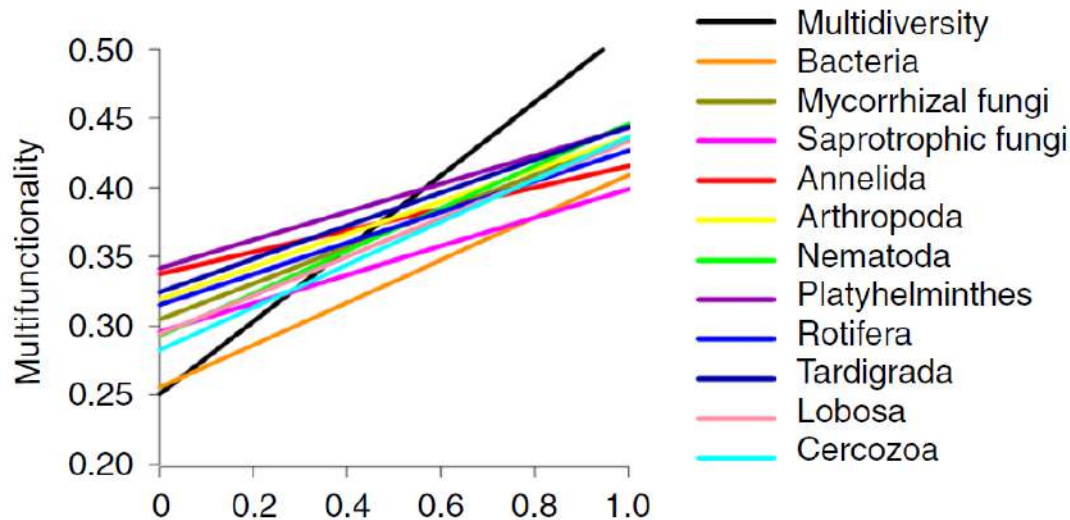
Multiple elements of soil biodiversity drive ecosystem functions across biomes

Manuel Delgado-Baquerizo^{1,2,3*}, Peter B. Reich^{3,4}, Chanda Trivedi³, David J. Eldridge⁵, Sebastián Abades⁶, Fernando D. Alfaro⁶, Felipe Bastida⁷, Asmeret A. Berhe⁸, Nick A. Cutler⁹, Antonio Gallardo¹, Laura García-Velázquez¹, Stephen C. Hart⁸, Patrick E. Hayes^{10,11,12}, Ji-Zheng He^{13,14}, Zeng-Yei Hseu¹⁵, Hang-Wei Hu^{13,14}, Martin Kirchmair¹⁶, Sigrid Neuhauser¹⁶, Cecilia A. Pérez¹⁷, Sasha C. Reed¹⁸, Fernanda Santos⁸, Benjamin W. Sullivan¹⁹, Pankaj Trivedi²⁰, Jun-Tao Wang³, Luis Weber-Grullon^{21,22,23}, Mark A. Williams²⁴ and Brajesh K. Singh^{3,25}

<https://www.nature.com/articles/s41559-019-1084-y>

Delgado-Baquerizo et al (2020)

- 83 ecosistemes naturals (no agrícoles)
- multifuncionalitat (11 funcions del sòl/ecosistema)
- biodiversitat (12 tàxons)



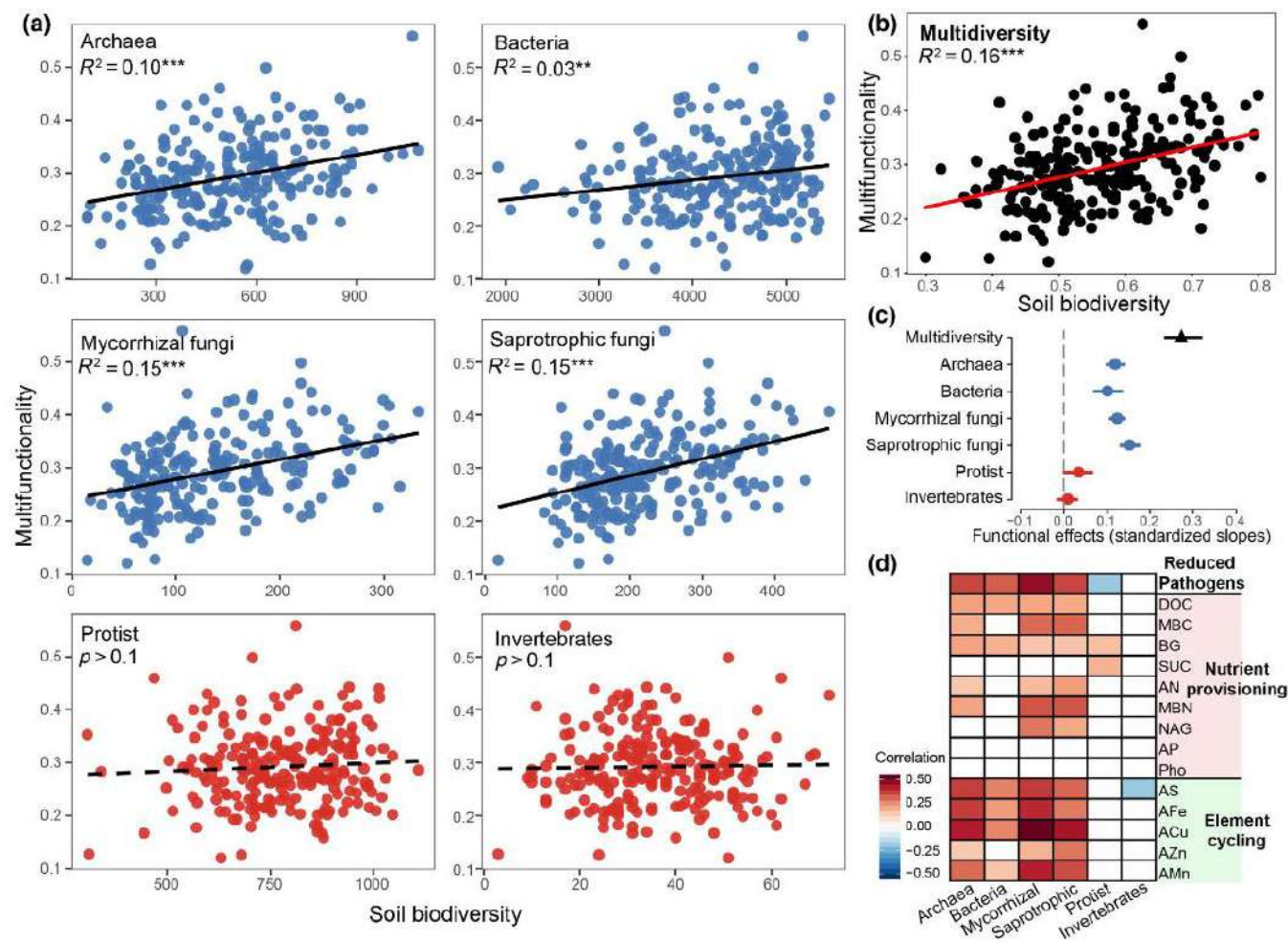
S'han demostrat **relacions positives entre la diversitat de tàxons i la multifuncionalitat** (tant junts com per separat)

Soil multitrophic network complexity enhances the link between biodiversity and multifunctionality in agricultural systems <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.15917>

Shuo Jiao^{1,2} | Yahai Lu² | Gehong Wei¹

- 228 sòls agrícoles a la Xina
- multifuncionalitat (15 funcions del sòl)
- biodiversitat (6 tàxons)

Jiao et al. (2021)
demostraren una
correlació positiva
entre biodiversitat i
multifuncionalitat pel
que fa als
microorganismes
(però no en protists i
invertebrats)



7) Rol de la biodiversitat en les pràctiques d'AR

Principles	Practices
Minimize tillage Maintain soil cover	Zero-till, reduced tillage, conservation agriculture, controlled traffic Mulch, cover crops, permaculture
Build soil C Sequester carbon Relying more on biological nutrient cycles	Biochar, compost, green manures, animal manures Agroforestry, silvopasture, tree crops Animal manures, compost, compost tea, green manures and cover crops, maintain living roots in soil, inoculation of soils and composts, reduce reliance on mineral fertilizers, organic agriculture, permaculture
Foster plant diversity	Diverse crop rotations, multi-species cover crops, agroforestry
Integrate livestock	Rotational grazing, holistic [Savory] grazing, pasture cropping, silvopasture
Avoid pesticides Encouraging water percolation	Diverse crop rotations, multi-species cover crops, agroforestry Biochar, compost, green manures, animal manures, holistic [Savory] grazing

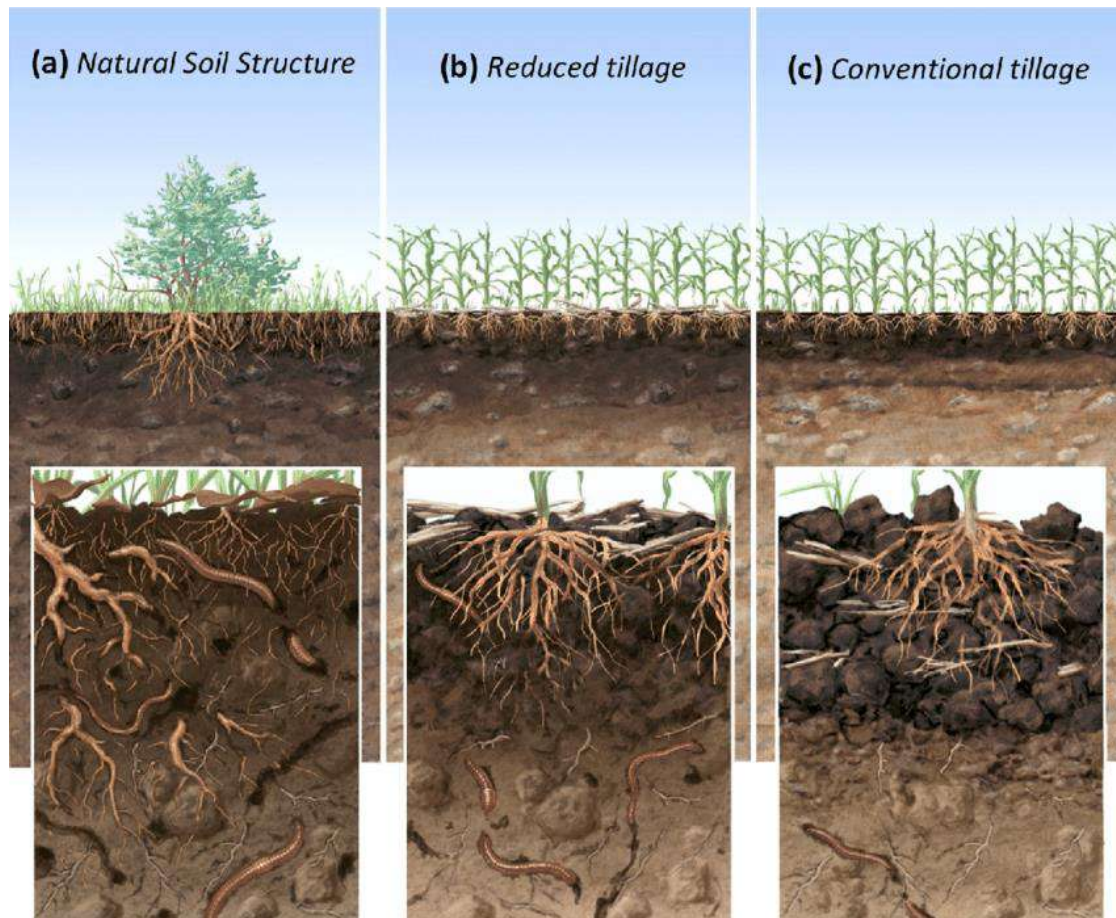
Agronomic principles and practices considered to be part of Regenerative Agriculture (Giller et al (2021) based on the listing of McGuire (2018), Burgess et al. (2019), and Merfield (2019)).

Principis que **depenen directament** de la biodiversitat i que per tant promouen les seves funcions de millora del sòl

Principis que **promouen indirectament** la biodiversitat i per tant milloren les seves funcions

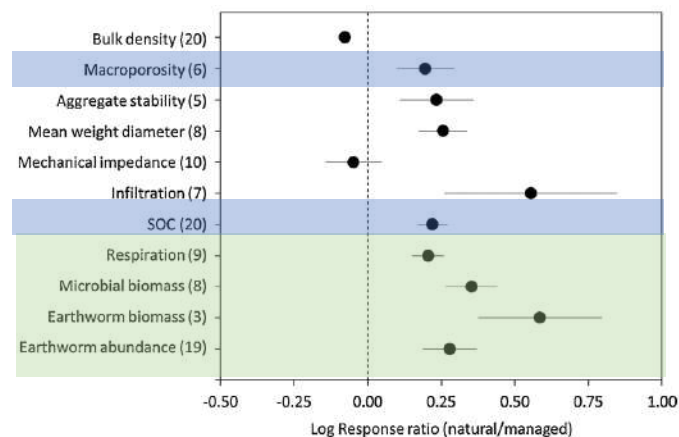
8) Biodiversitat com a motor i com a conseqüència de les pràctiques dins de l'AR

8.1 Minimitzar (o eliminar) la llaurada



Cas 1: Sembra directa (no llaurada) versus convencional per a la millora de l'estructura del sòl (Or et al 2021)

- meta-anàlisi de 35 estudis amb tractaments aparellats (no-llaurada vs llaurada)
- La no-llaurada es relacionava positivament amb l'abundància de microorganismes i cucs de terra, amb major macroporositat i nivells de carboni orgànic del sòl.



8.3 Incrementar el C en el sòl

Cas 2: Cobertes vegetals i esmenes orgàniques en vinya en regions mediterrànies (meta-anàlisis)

Estrela-Muriel et al (2024) V Jornadas del grupo de Viticultura de la SECH. Ourense, 25-26 Junio 2024.



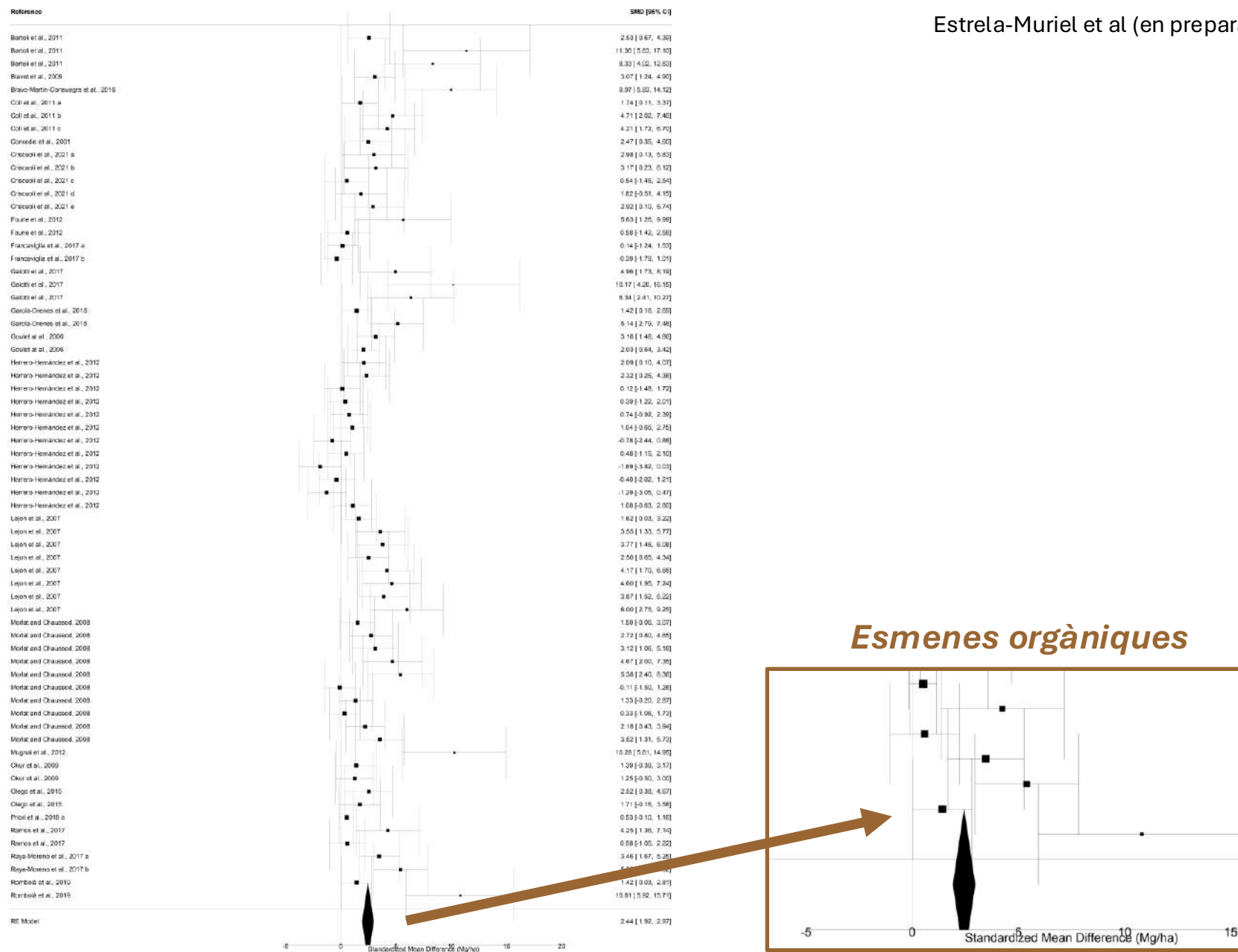
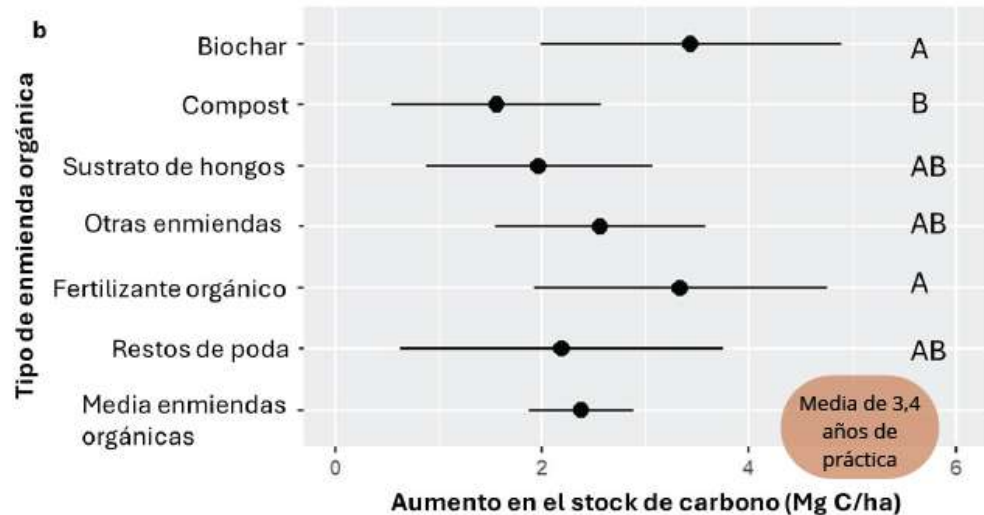
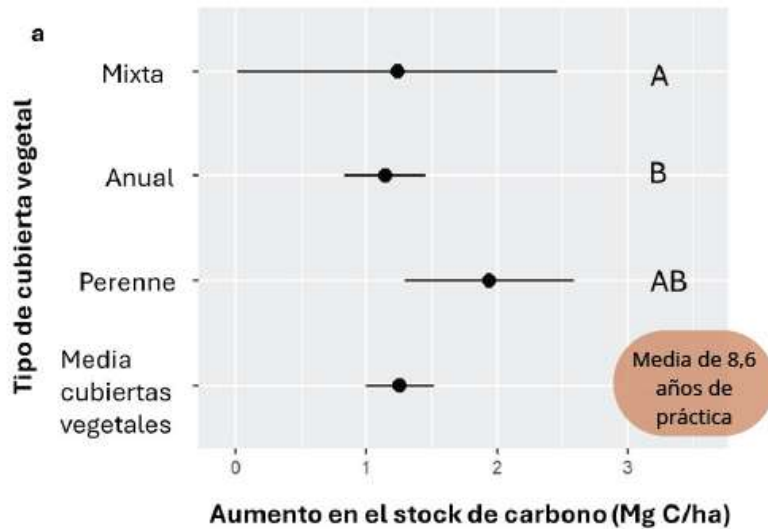
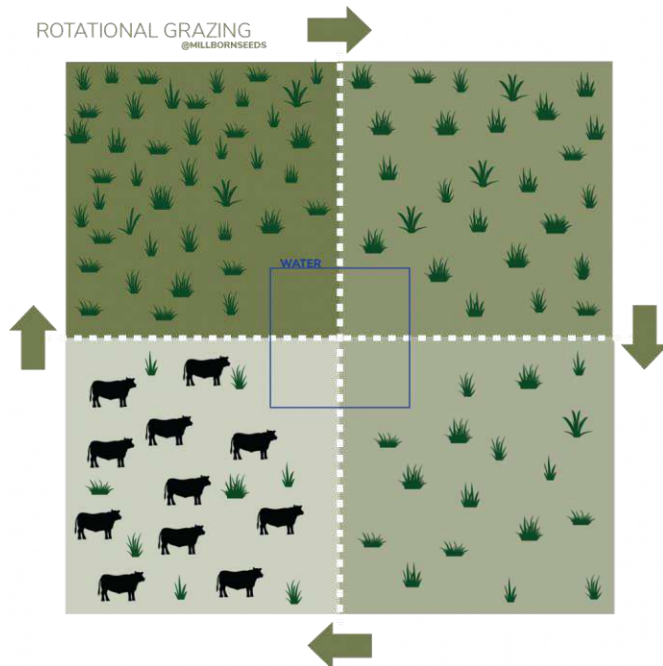


Figure S2. Forest plot of carbon stocks standardized mean difference (CS_{SMD}) in organic amendments meta-analysis. The vertical line represents the no-effect point. The length of the diamonds indicates the confidence interval of the pooled effect of each category. The size of the squares reflects the weight of each study.

- 51 articles i 187 comparacions tractament-control incloses (38 estudis per cobertes verdes i 21 per esmenes orgàniques)
- Els vinyes mediterrànies amb cobertes vegetals emmagatzemen **1,26 Mg C/ha** més que els vinyes sense cobertes. La diferència és més gran en cobertes amb espècies perennes (1.942 Mg C/ha).
- Les vinyes gestionats amb esmenes orgàniques emmagatzemen **2,38 Mg C/ha** més que els vinyes convencionals. La diferència és més gran en biochar i fertilitzant orgànic, essent 3,44 i 3,34 Mg C/ha superiors en aquests tractaments, respectivament.



Cas 3: Pastura holística o regenerativa



Soil samples taken from sites on two neighbouring quarters. The sample on the left has been **grazed regeneratively for 12 years**. Photo: Gateway Research Organization <https://www.canadiancattlemen.ca/features/regenerative-agriculture-as-a-tool-to-help-limit-climate-change>

8.4 Dependre més dels cicles biogeoquímics naturals

Cas 4: LIFE Polyfarming (2017-2020), Finca Les Planeses (La Garrotxa)





H – hort orgànic sense llaurada + biofertilizants



1,8%C → 4%

Figura 3. Trabajador aplicando BRF en el suelo del huerto sin labranza, con el objetivo de aumentar la materia orgánica y ayudar a estructurar el suelo. Finca de Planeses (Cataluña). Foto: AVVideo.



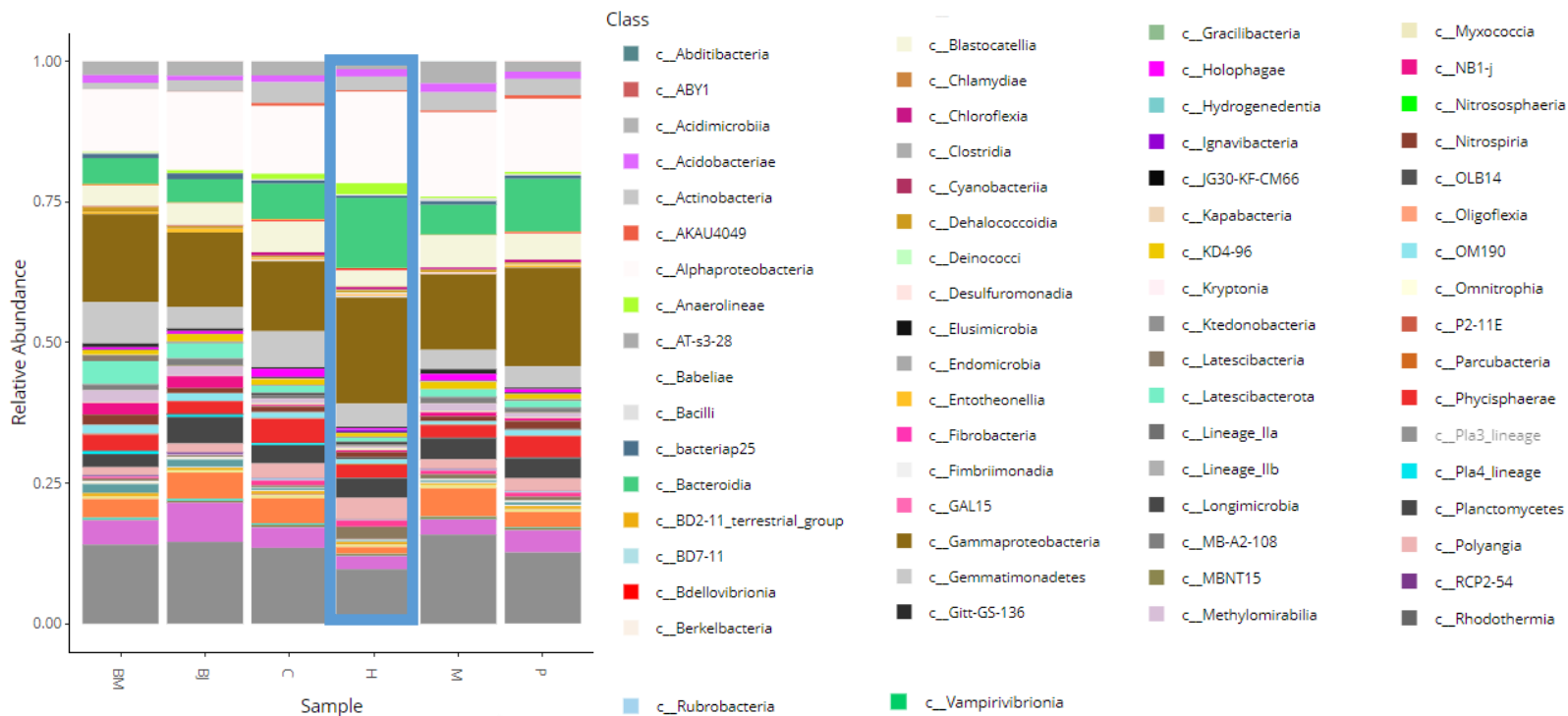
Biofertilitzant/bioinoculant

Ingrediente	Cantidad
Microorganismos	40 kg
Leche (o suero) de vaca	2-4 l (o 20 l de suero)
Melaza	4 l
Harina de rocas	4 kg
Cenizas	4 kg
Agua	180 l

Figura 1. Compactación de la mezcla (humus del suelo del bosque, salvado de arroz y melaza) para la obtención de microorganismos de montaña. Foto: AVVideos.



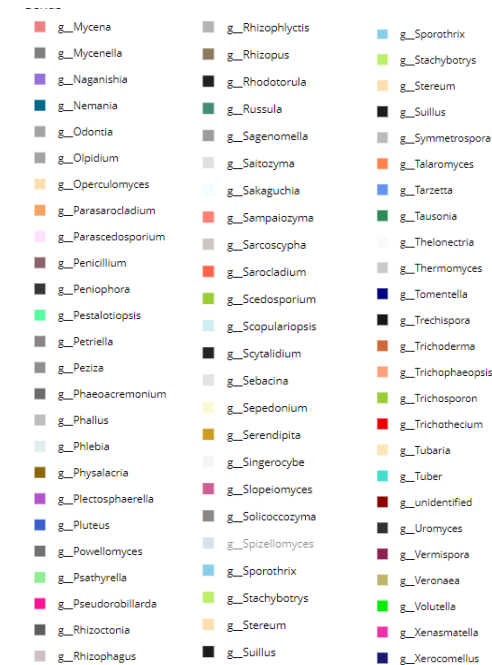
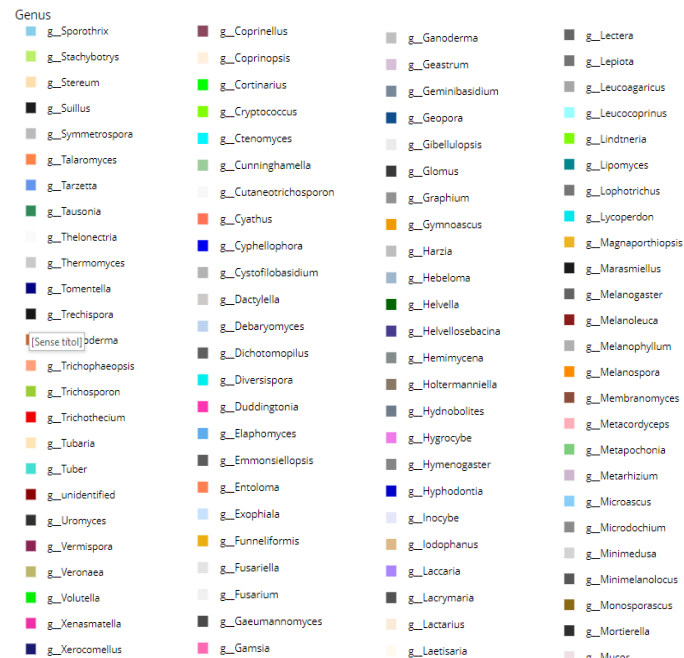
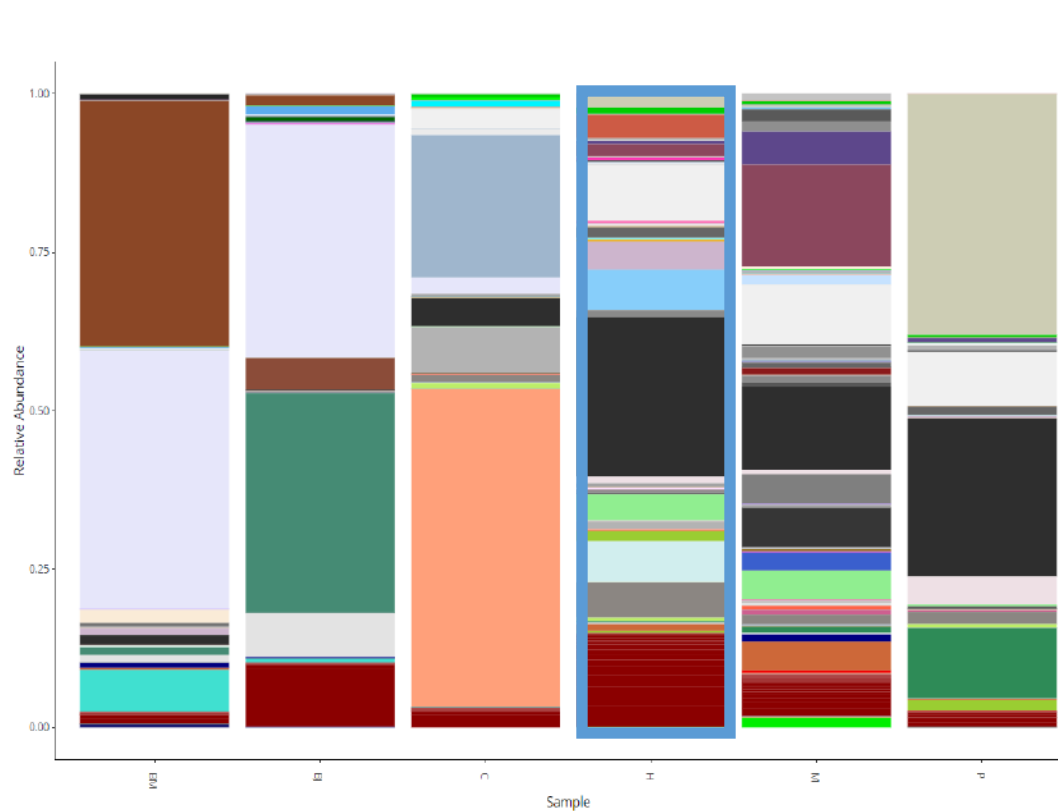
Figura 3. Aplicación de biofertilizantes de microorganismos de montaña en el huerto. Foto: Ángela Justamante.



Abundància relativa bacteriana (a nivell de Classe)
4 anys després de l'adopció de pràctiques d'AR



Tractaments	Descripció
BJ	Bosc jove
BM	Bosc madur
C	Cereal convencional
H	Horta orgànica
M	Pastura de vaca
P	Pastura de pollastres



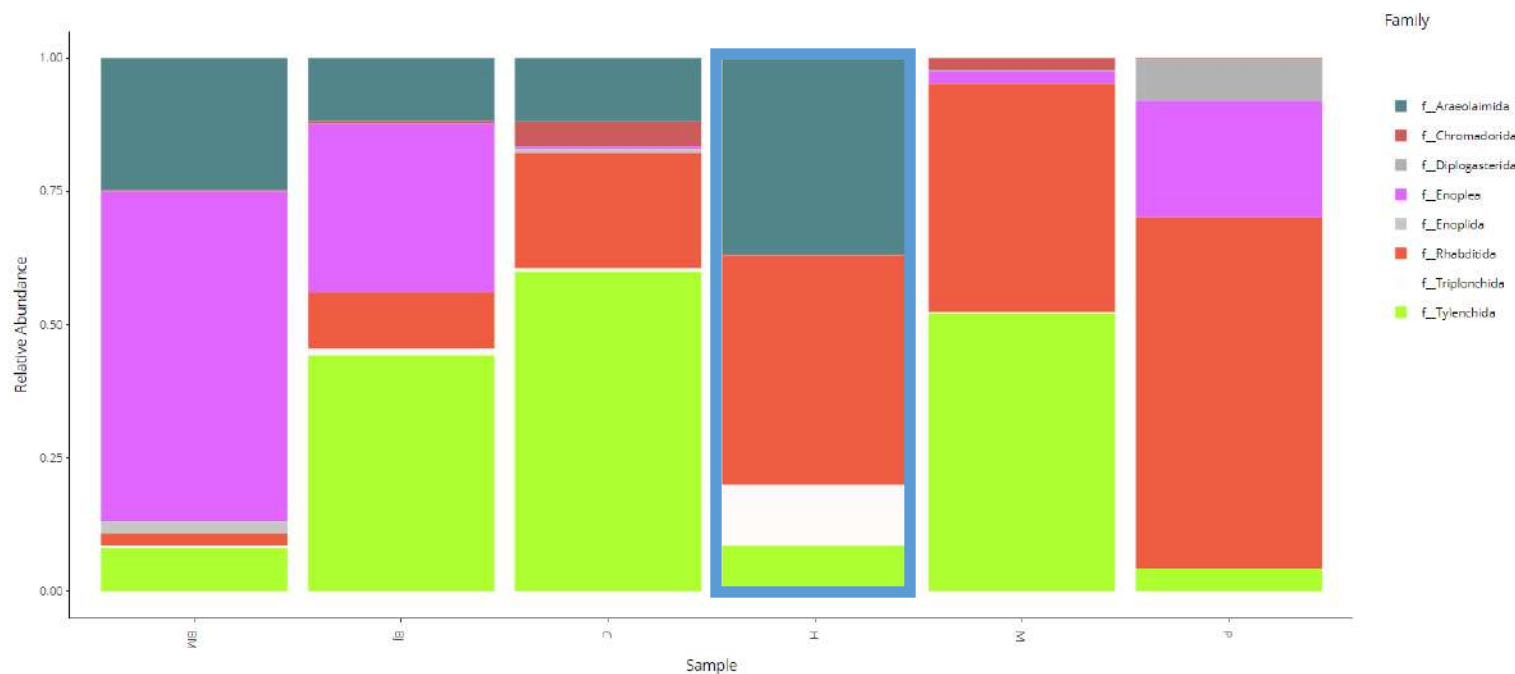
Abundancia relativa de fongs (a nivell de gènere) 4 anys després de l'adopció de pràctiques d'AR



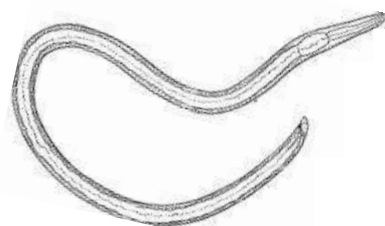
↑riquesa i diversitat de gèneres de fongs en H (i també en M)

Tractaments	Descripció
BJ	Bosc jove
BM	Bosc madur
C	Cereal convencional
H	Horta orgànica
M	Pastura de vaca
P	Pastura de pollastres

Abundancia relativa de nematodos (a nivell de Família) 4 años después de la adopción de prácticas

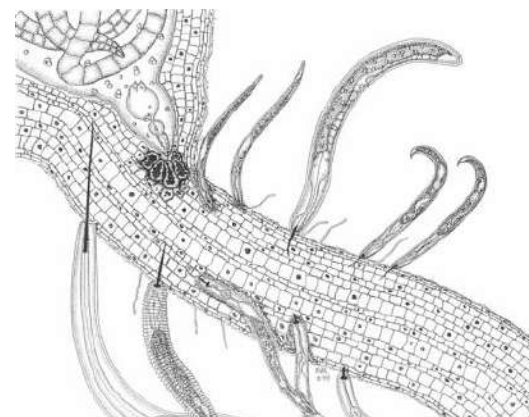


Tractaments	Descripció
BJ	Bosc jove
BM	Bosc madur
C	Cereal convencional
H	Horta orgànica
M	Pastura de vaca
P	Pastura de pollastres



↑ bacterívors

Araeolaimida - bacterívors
Chromadorida – majoritàriament bacterívors
Diplogasterida – bacterívors
Enoplida - majoritàriament bacterívors
Rhabditida – bacterívors
Triplonchida – bacterívors



↓ fitòfags

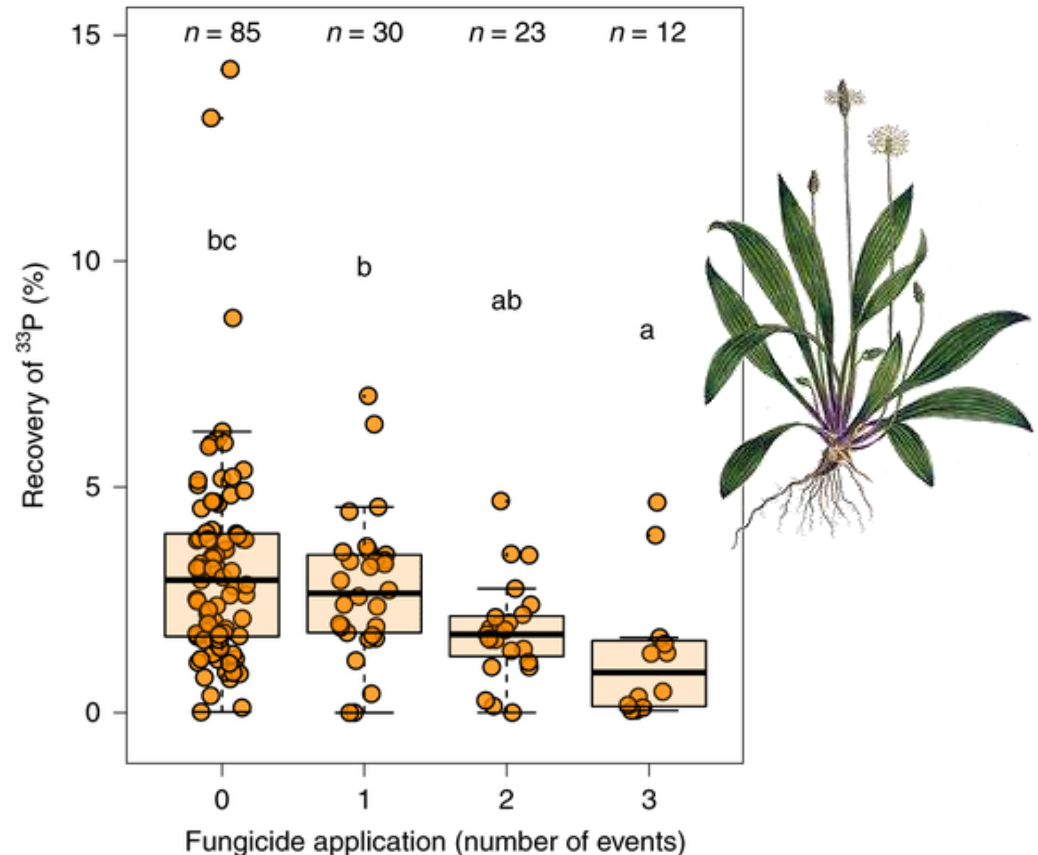
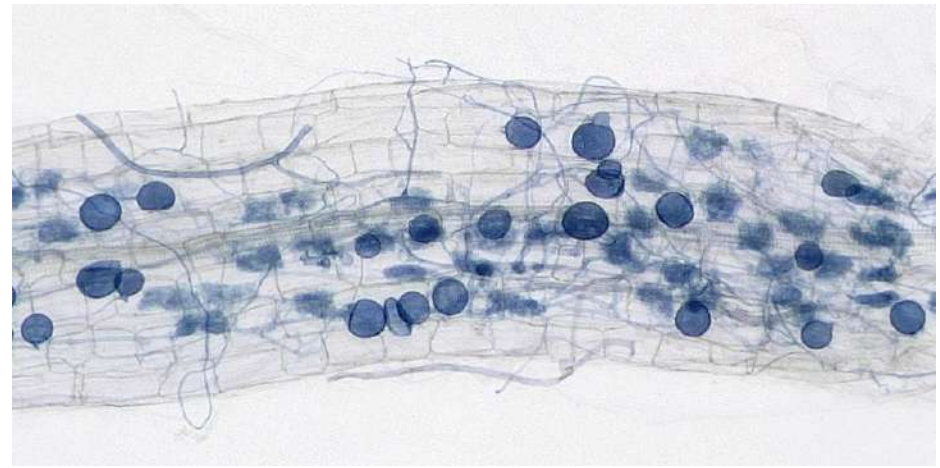
Enoplea – fitòfags i paràsits d'ocells i mamífers
Tylenchida – fitòfags i paràsits d'ocells i mamífers

8.7 Evitar l'ús de pesticides

Cas 6: Els fungicides inhibeixen l'absorció fúngica de P (^{33}P com a marcador) en sòls agrícoles i pastures (Edlinger et al. 2022)

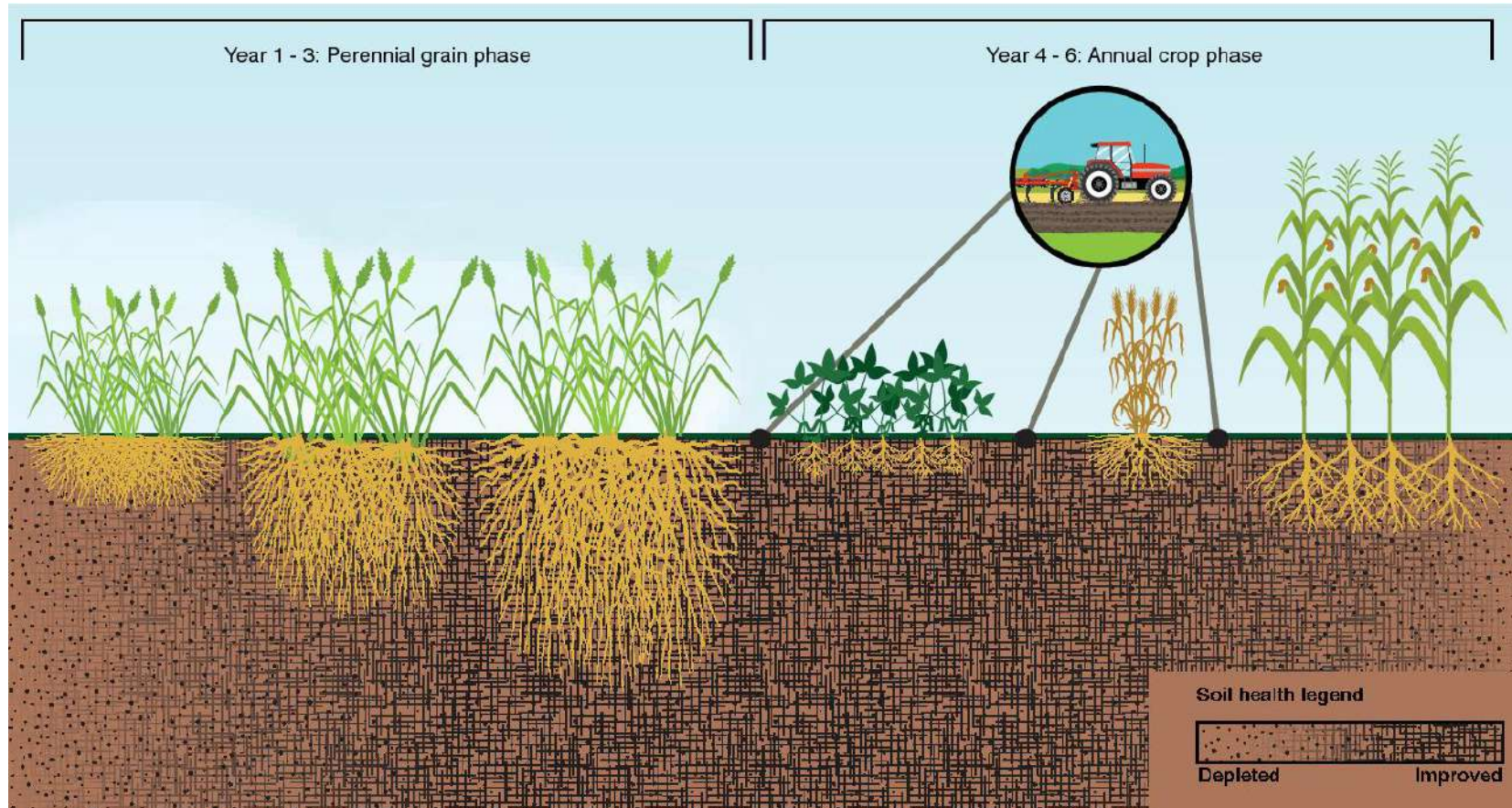
Edlinger et al. (2022) *Nature Portfolio*

- Recolectaren sòls de **150 camps agrícoles i 60 pastures** en un gradient nord-sur a Europa, que després es cultiven en hivernacle amb *Plantago lanceolata*.
- S'estudien múltiples factors explicatius, com l'abundància de micorrizes arbusculars, edàfics, climàtics, el tipus de fertilització i la aplicació de pesticides.
- En **sòls agrícoles**, el principal predictor de la reducció en la absorció de P per part d'hifas (^{33}P) **era la intensitat d'aplicació de fungicides l'any anterior a la recol·lecció de sòl**.
- L'ús de fungicides reduïa l'absorció via hifes arbusculars en un 43%.**
- A pesar que aquest fet no es traduïa en menors continguts en P total o menor producció, els autors alerten que els pesticides podrien ser un **problema en agroecosistemes limitats en P**.



8.8 Promoure la infiltració/percolació de l'aigua

Caso 7: Transició de cereals anuals a perennes (Ryan 2018)



- mayor contenido en materia orgánica (y a mayor profundidad)
- **incremento en la porosidad y permeabilidad hídrica**
- aumento de la complejidad y estabilidad de las redes tróficas
- mejora del ciclo del nitrógeno

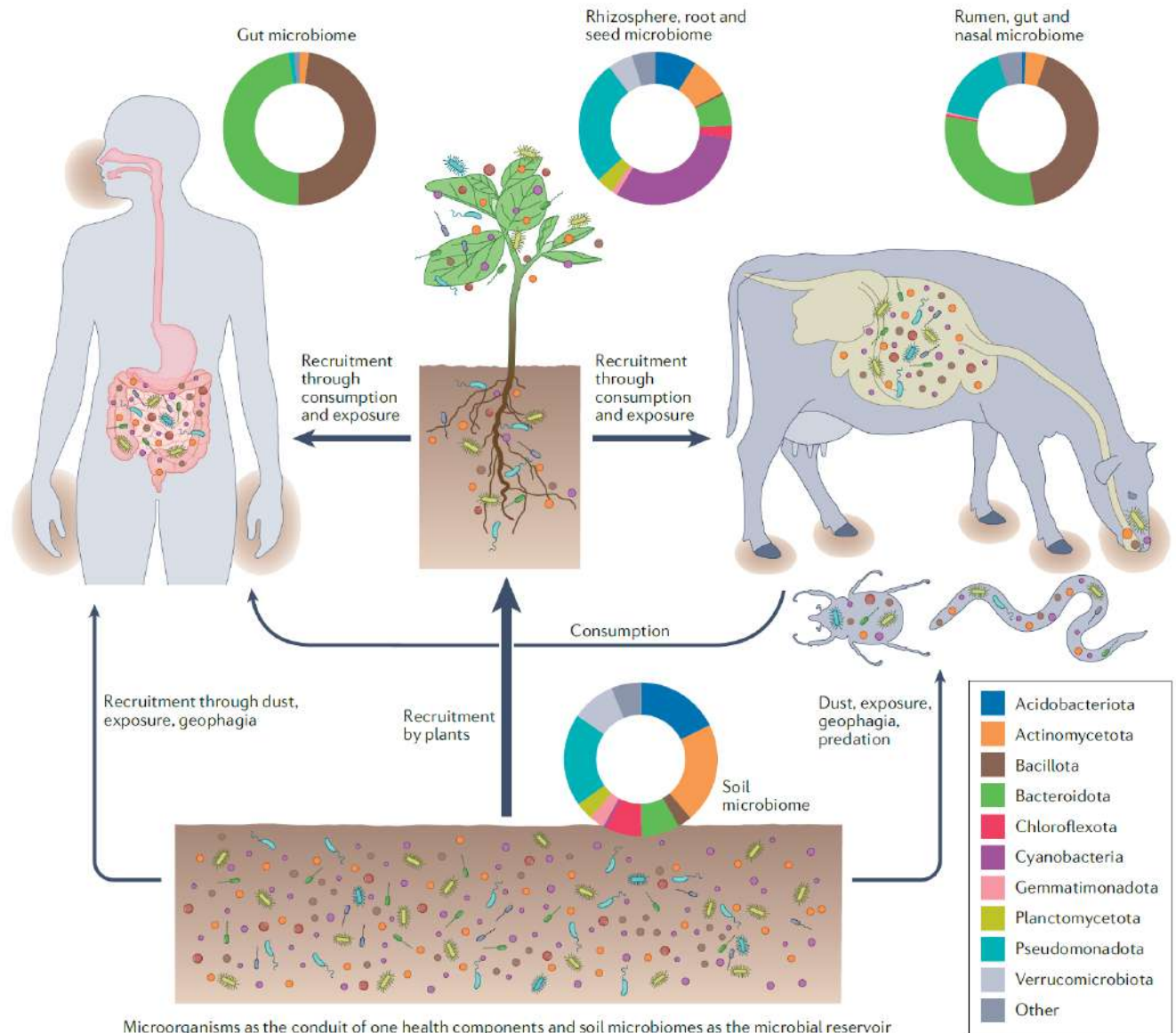
Caso 8: Disseny keyline de finca. L'objectiu principal és optimitzar la infiltració, retenció i distribució de l'aigua en terrenys agrícoles mitjançant l'estudi de la topografia, fent servir línies clau (keyline) i punts clau (keypoint).



Disseny hidrològic aplicat a una finca 73 ha a Oaxaca, Mèxic (Wikipedia)

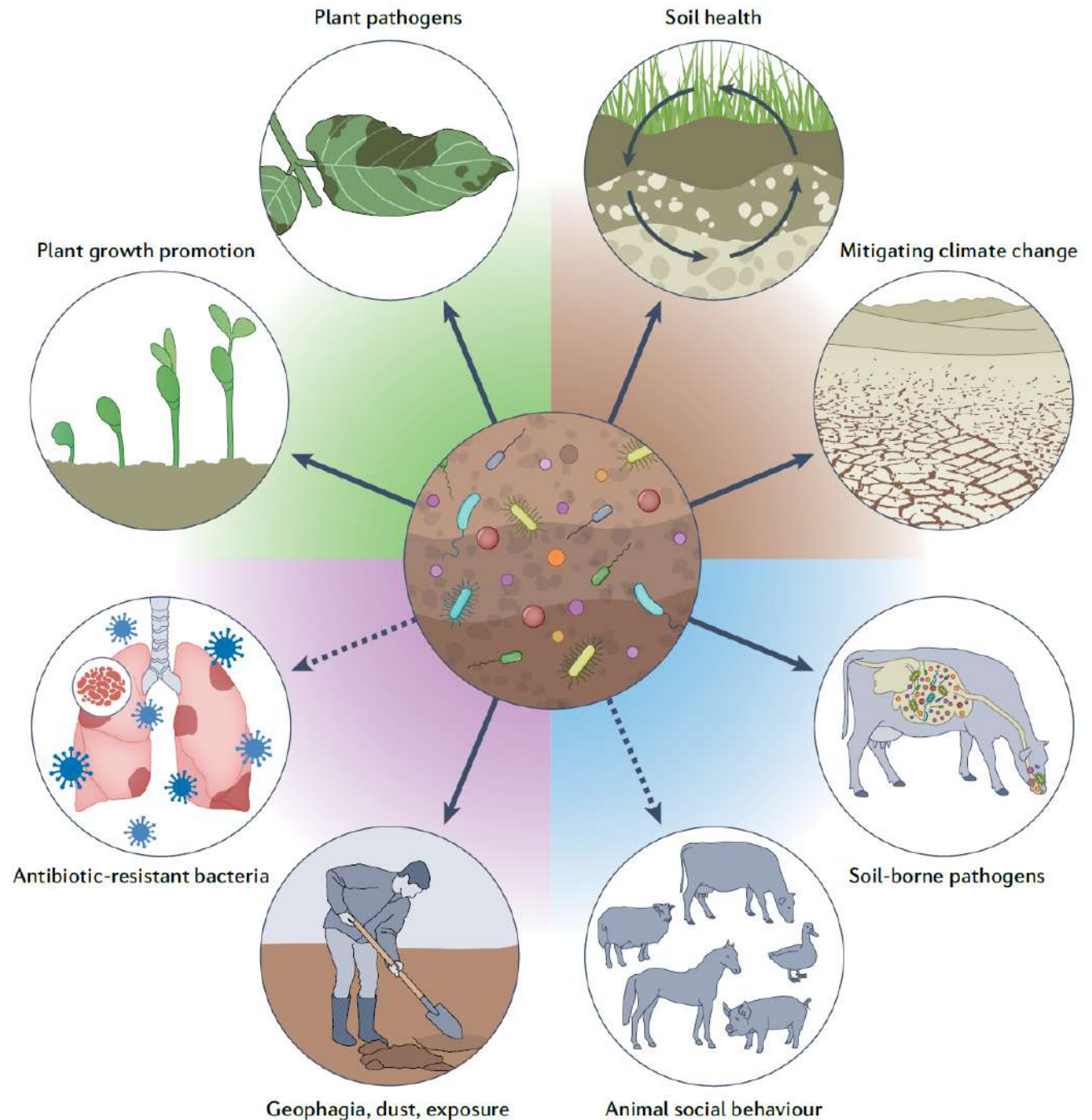
9) Connexió entre l'AR i la salut vegetal, animal i humana

El concepte de **one health** (una sola salut) posa de relleu que la salut humana no està aïllada sinó connectada a la salut animal, dels cultius vegetals i ambiental (Banerjee and van der Heijden 2022)



Banerjee i van der Heijden (2022) van enumerar **més de 40 efectes directes i indirectes del microbioma del sòl sobre la salut de plantes, el bestiar i els humans.**

Identifiquen microorganismes compartits entre diferents compartiments de salut, **demostrant que els microbiomes del sòl, les plantes i dels humans estan més interconnectats del que es pensava.**



Moltes gràcies!

Xavier Domene
CREAF-Universitat Autònoma de Barcelona
x.domene@creaf.uab.cat



10) Referències

Adhikari K, Hartemink AE (2016) Linking soils to ecosystem services—A global review. *Geoderma*, 262, 101-111.

Agrios (2005) Plant diseases caused by nematodes. In: Agrios (ed) *Plant pathology*. Elsevier.

Agrobiodiversity Management for Food Security. Wallingford: CABI, pp. 134–149.

Amundson R (2022) Kiss the ground (and make a wish): soil science and hollywood. *Biogeochemistry* 157: 127-130.

Aytenew M (2021) Soil Biodiversity as a Key Sponsor of Regenerative Agriculture. In: Hufnagel L (ed) *Biodiversity of Ecosystems*. DOI: 10.5772/intechopen.99716.

Banerjee S, Marcel GA, van der Heijden (2022) Soil microbiomes and one health. *Nature Reviews Microbiology*: 1-15.

Bispo A, Imbert C, Jolivet C, Leveau A, Bougon N (2021) Soil biodiversity monitoring in France. 1st EU Soil Observatory, Stakeholder Forum. Soil Biodiversity Session. 2 November 2021. Virtual Event.

Brussaard (2016) Ecosystem services provided by the soil biota. In: Wall (ed) *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, p. 415-420.

deVries FT, Thébaud E, Liri M, et al. (2013) Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 14296–14301.

Delgado-Baquerizo M, Reich PB, Trivedi C, Eldridge DJ, Abades S, Alfaro FD, et al. (2020) Multiple elements of soil biodiversity drive ecosystem functions across biomes. *Nature Ecology & Evolution*, 4(2), 210-220.

Domene X, Mattana S, Sánchez-Moreno S (2021). Biochar addition rate determines contrasting shifts in soil nematode trophic groups in outdoor mesocosms: An appraisal of underlying mechanisms. *Applied Soil Ecology*, 158, 103788.

Edlinger A, Garland G, Hartman K, Banerjee S, Degruene F, García-Palacios P, Hallin S, Valzano-Held A, et al. (2022) Agricultural management and pesticide use reduce the functioning of beneficial plant symbionts. *Nature Ecology & Evolution* 6: 1-10.

Estréla-Muriel et al (2024) Metaanálisis del Potencial de Mitigación de las Prácticas de Manejo del Suelo en Viñedos Mediterráneos V Jornadas del grupo de viticultura de la SECH. Ourense. 25-26 junio 2024.

FAO, ITPS, GSB, CBD and EC (2020) State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

Friedlingsstein et al (2024) Global Carbon Budget 2024. *Earth System Science Data Discussions*. <https://doi.org/10.5194/essd-2024-519>.

Geisen S, Briones MJ, Gan H, Behan-Pelletier VM, Friman VP, de Groot GA et al (2019). A methodological framework to embrace soil biodiversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 136, 107536.

Giller et al (2021) Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, vol 50(1): 13–25.

Giller, K.E., Beare, M.H., LaVelle, P., Izaac, A.-M.N. and Swift, M.J. (1997) Agricultural intensification, soil biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology* 6, 3–16

Gitz V, Meybeck A, Lipper L, Young CD, Braatz S (2016). Climate change and food security: risks and responses. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Report, 110, 2-4.

Grain Millers Inc (2018) Where we have been. <https://www.grainmillers.com/our-company/regenerative-agriculture/>

Jiao S, Lu Y, Wei G (2022). Soil multitrophic network complexity enhances the link between biodiversity and multifunctionality in agricultural systems. *Global Change Biology*, 28(1): 140-153.

Juher JB, Marques V, Utama RS, Vimono IB, Sugaha HY, Kadarusman K et al. (2022) Estimating the extended and hidden species diversity from environmental DNA in hyper-diverse regions. *Ecography* (10): e06299.

Karimi B, Dequiedt S, Terrat S, Jolivet C, Arrouays D, Wincker P et al. (2019). Biogeography of soil bacterial networks along a gradient of cropping intensity. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.

Kibblewhite MG, Ritz K, Swift MJ (2008) Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 685-701.

Kuyper TW and Giller KE (2011) Biodiversity and ecosystem functioning below-ground. In: Lenne JM and Wood D (eds)

Llovet et al (2021) Long-term effects of gasification biochar application on soil functions in a Mediterranean agroecosystem: Higher addition rates sequester more carbon but pose a risk to soil faunal communities. *Science of The Total Environment* 801: 149580.

Or D, Keller T, Schlesinger WH (2021). Natural and managed soil structure: On the fragile scaffolding for soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 208, 104912.

Orgiazzi A, Dunbar M, B, Panagos P., de Groot, G. A., & Lemanceau, P. (2015). Soil biodiversity and DNA barcodes: opportunities and challenges. *Soil Biology and Biochemistry*, 80, 244-250.

Ryan (2018) Managing for Multifunctionality in Perennial Grain Crops. *BioScience* 68(4): 294–304.

Schaetzl, R. J., Rothstein, D. E., & Samonil, P. (2018). Gradients in lake effects snowfall and fire across northern Lower Michigan drive patterns of soil development and carbon dynamics. *Annals of the American Association of Geographers*, 108(3), 638-657.

Tsiafouli MA, Thébaud E, Sgardelis SP, et al. (2014) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973–985.