

Soil System Scale

Anna Benedetti

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura



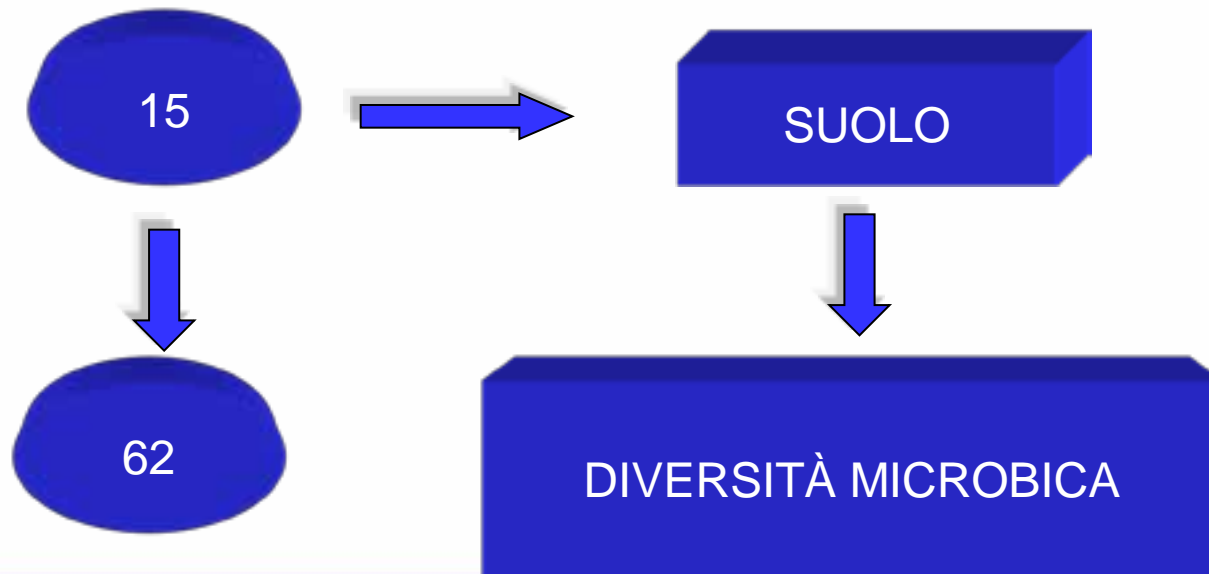
PERDITA DI SUOLO

Ogni anno vengono perduti milioni di ettari di suolo per le cause più diverse tra le quali emergono principalmente l'espansione delle città, l'erosione, la deforestazione e l'inquinamento.

Un terreno coltivabile lo si può distruggere in poche decine di anni, ma è oltremodo difficile e costoso recuperarlo e restituirlo all'agricoltura.

EMERGENZE PLANETARIE

Nel corso degli ultimi trenta anni, scienziati di ogni parte del mondo si sono confrontati sulle emergenze planetarie che il genere umano dovrà arginare nel terzo millennio per la sua stessa sopravvivenza e per la sopravvivenza del pianeta. Sono state ad oggi individuate quindici emergenze sotto ripartite in altre sessantadue (Zichici, 1993).



SUB EMERGENZE

Per quanto riguarda il suolo in particolare sono state focalizzate le sub emergenze relative alla salinità, all'erosione, alla desertificazione, all'inquinamento chimico, alla deforestazione e agli incendi, nonché all'impatto dei cambiamenti climatici e della gestione del territorio.





STRATEGIA TEMATICA SULLA CONSERVAZIONE DEL SUOLO

- Erosione
- Inquinamento
- Sostanza organica e biodiversità
- Monitoraggio (*erosione, inquinamento, sostanza organica e biodiversità*)
- Ricerca (*erosione, inquinamento, sostanza organica e biostimolanti*)

Definizione di Biodiversità

Schematicamente la diversità biologica (o biodiversità) può essere definita come l'insieme delle specie animali e vegetali, dal loro materiale genetico e dagli ecosistemi di cui esse fanno parte.

La biodiversità ingloba la **diversità ecosistemica, della specie e genetica**. Essa è in funzione del tempo (evoluzione) e dello spazio (distribuzione geografica).

La **diversità ecosistemica** definisce il numero e l'abbondanza degli habitat, delle comunità biotiche e degli ecosistemi all'interno dei quali vivono e si evolvono i diversi organismi.

Gli ecosistemi sono costituiti da comunità interdipendenti di specie in rapporto con il loro ambiente fisico. Le dimensioni degli ecosistemi sono variabili: esistono grossi ecosistemi naturali come le praterie, le mangrovie, le paludi, le foreste pluviali, etc., ma anche degli ecosistemi agricoli che presentano una combinazione caratteristica di piante e di animali, anche se la loro esistenza e conservazione è sotto il completo dominio dell'uomo.



La **diversità delle specie** corrisponde al numero delle specie presenti in una data zona, tenendo conto che il termine specie indica l'insieme degli individui capaci (effettivamente o potenzialmente) di incrociarsi fra loro dando origine a delle discendenze feconde e dove i membri di queste proli si rassomigliano morfologicamente fra loro. Gli individui di una stessa specie possono differenziarsi poco o tanto fra loro ma, all'interno di ogni specie, tutti gli individui mantengono i caratteri peculiari di quella specie. Questa definizione standard non può tuttavia essere applicata a quegli organismi che si riproducono per mezzi non sessuali (per esempio i virus). Naturalmente anche questi organismi rappresentano una parte significativa ed importante del nostro pianeta.

La **diversità genetica** designa la variazione dei geni e dei genotipi all'interno della specie. Essa corrisponde alla totalità dell'informazione genetica contenuta nei geni di tutti gli animali, i vegetali e microrganismi che popolano la terra.

Le specie si compongono di individui aventi delle caratteristiche ereditarie (genetiche) differenti. Secondo le attuali teorie evoluzionistiche, la varietà dei codici genetici permette alle singole specie di evolversi progressivamente e di sopravvivere negli ambienti che si modificano.

DIVERSITÀ MICROBICA

La diversità microbica del suolo, in accordo con la definizione generale, può intendersi come espressione del grado di variabilità tra gli individui assegnata secondo strumenti globali rappresentativi, accessibili, affidabili e facilmente utilizzabili.

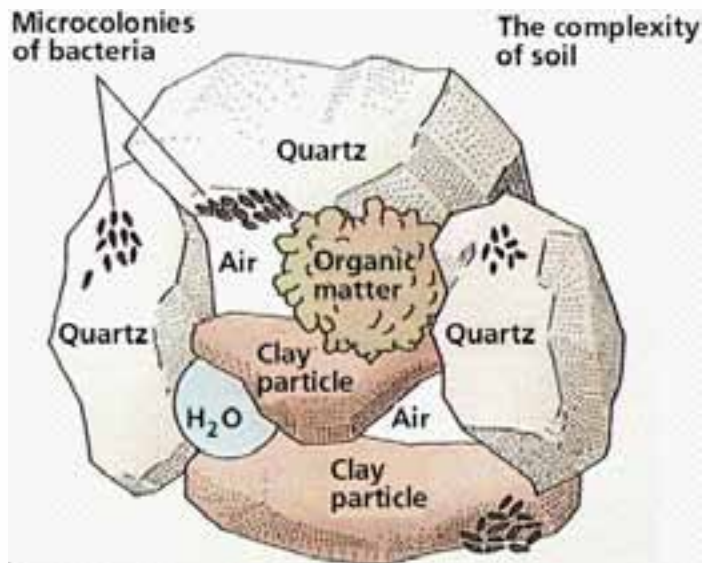
Tale diversità gioca un ruolo essenziale nell'ambiente essendo i microrganismi del suolo i principali regolatori dei cicli biogeochimici degli elementi nutritivi, rendendoli disponibili all'assorbimento delle piante, e regolatori della decomposizione e successiva trasformazione della sostanza organica.

Risulta dunque chiara l'importanza della valutazione della diversità dei microrganismi del suolo.

MICROORGANISMI DEL SUOLO

- Il suolo nasconde un numero straordinario di forme di vita, un'intricata rete di interazioni che coinvolge un'enorme quantità di biomassa vivente, oltre 3000 Kg/ha in un suolo agricolo (Bloem *et al.*, 2003).

- Pochi grammi di terreno possono contenere miliardi di batteri, centinaia di chilometri di ife fungine, decine di migliaia di protozoi, migliaia di nematodi, alcune centinaia di insetti, aracnidi, vermi e centinaia di metri di radici di piante.





Microrganismi del suolo

- Batteri
- Archea
- Funghi
- Lieviti
- Microalghe (microflora)
- Protozoi (microfauna)

(Metting 1993)

Il suolo che vive



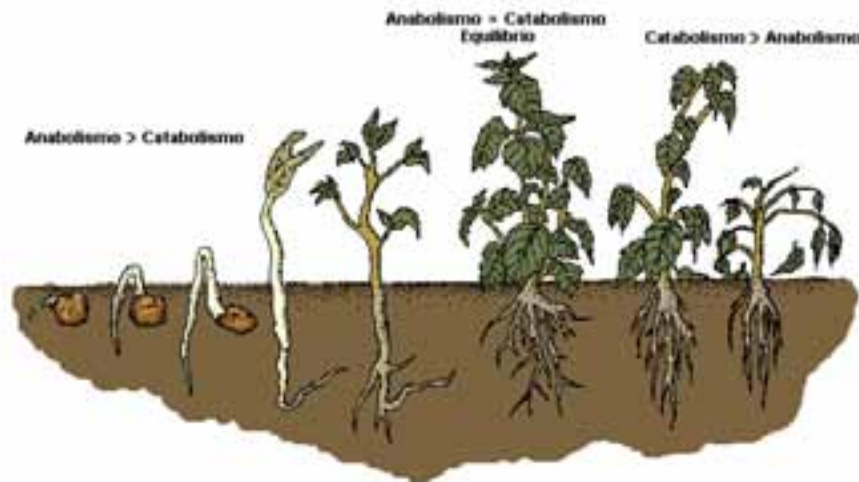
Il suolo può essere rappresentato come l'epidermide della terra e l'interfaccia tra atmosfera, litosfera, idrosfera e biosfera.

Il modo in cui si realizzano questi flussi di energia e di materia attraverso l'ecosistema condizionano la fertilità del suolo

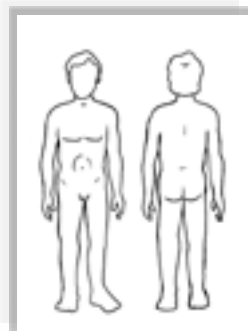
METABOLISMO

ANABOLISMO
SINTESI

CATABOLISMO
DEGRADAZIONE



L'energia nel suolo viene immagazzinata nei comparti sia organici che inorganici, indispensabili alle comunità microbiche per i loro processi catabolici e anabolici.



ANABOLISMO

Sintesi delle proteine



CATABOLISMO

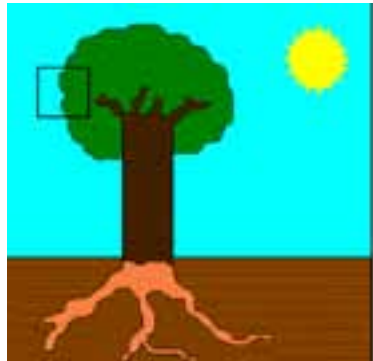
Glicolisi



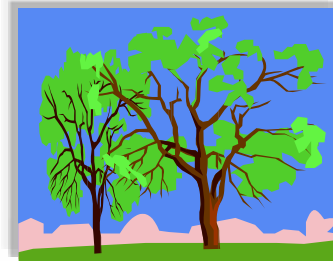
Formazione dell'Humus



Mineralizzazione S.O.



Fotosintesi

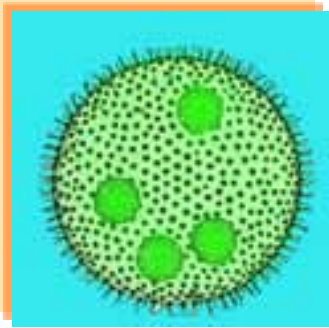


Respirazione



Gli organismi monocellulari tendono ad associarsi per:

- Risparmio energetico
- Opportunità trofica



Organismo monocellulare

Schizomiceti



Organismo pluricellulare



SISTEMI [FUNZIONI

Sistema circolatorio [Trasporto del sangue, ossigeno, nutrienti, escreti, ecc.



Cuore



Arterie



Globuli bianchi

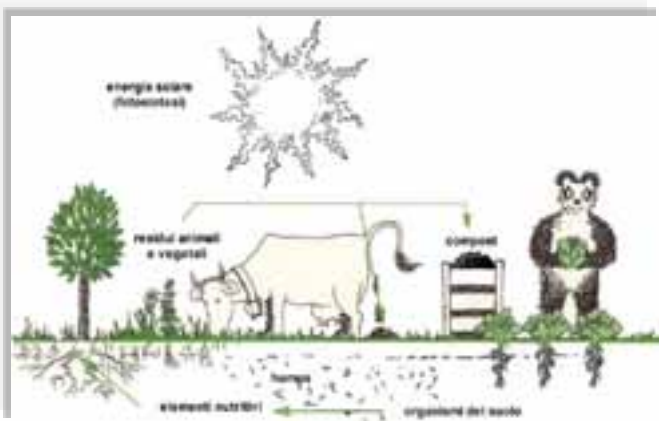


Globuli rossi

SISTEMA [Gruppo fisiologico [degradazione della cellulosa da:

Cellulosolitici

DECOMPOSITORI NEL SUOLO: ramo di un albero



Proteolitici

È

Ligninolitici



Cellulosolitici

Aminolitici



Pectinolitici

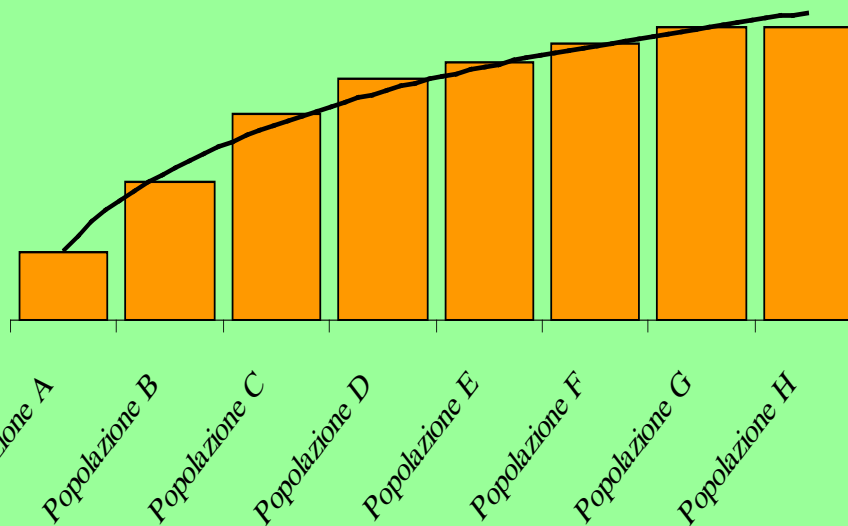
DIVERSITÀ GENETICA E FUNZIONALE

L'importanza che i microrganismi del suolo rivestono nei confronti della stessa vita della terra, è indiscutibile forse meno nota è l'importanza della loro integrità funzionale dettata appunto dalla loro diversità. Nel caso di microrganismi del suolo è dunque essenziale conoscere e preservare la loro diversità sia morfologica che funzionale quale espressione della sua fertilità e produttività nonché della sua stabilità ecologica.

METODI DI ANALISI GENETICA E FUNZIONALE

La biodiversità deve in primo luogo essere valutata attraverso metodi analitici che consentono di caratterizzarla sia da un punto di vista genetico (tassonomico) che funzionale. Non sempre si dispone di metodi analitici sicuri e rapidi e questo nel caso dei microrganismi del suolo è ancor più vero perché per la maggior parte essi non sono coltivabili e quindi ciò che andiamo ad analizzare è sempre espressione di una realtà parziale (i coltivabili rappresentano lo 0,1-1% dell'intera biomassa microbica).

Curva Cumulativa di Respirazione del Suolo


COMPOSIZIONE DELLA COMUNITA'
PRIMA dello stress

- 4 % A
- 8 % B
- 12 % C
- 14 % D
- 15 % E
- 16 % F
- 17 % G
- 17 % H

DOPO lo stress

- 16 % A
- 14 % B
- 12 % C
- 17 % D
- 15 % E
- 4 % F
- 8 % G
- 17 % H



**NON CAMBIA LA DIVERSITA'
FUNZIONALE MA CAMBIA LA
DIVERSITA' GENETICA**

DEFINIZIONI DELLA QUALITÀ DEL SUOLO



Doran e Parkin (1994)

“La capacità del suolo di interagire con l’ecosistema per mantenere la produttività biologica, la qualità ambientale e promuovere la salute animale e vegetale”



QUALITÀ DEL SUOLO

USO DEL SUOLO

INDICATORI ADATTI PER CIASCUN OBIETTIVO

Microbiological Methods for Assessing Soil Quality



Edited by
J. Bloem, D.W. Hopkins and A. Benedetti

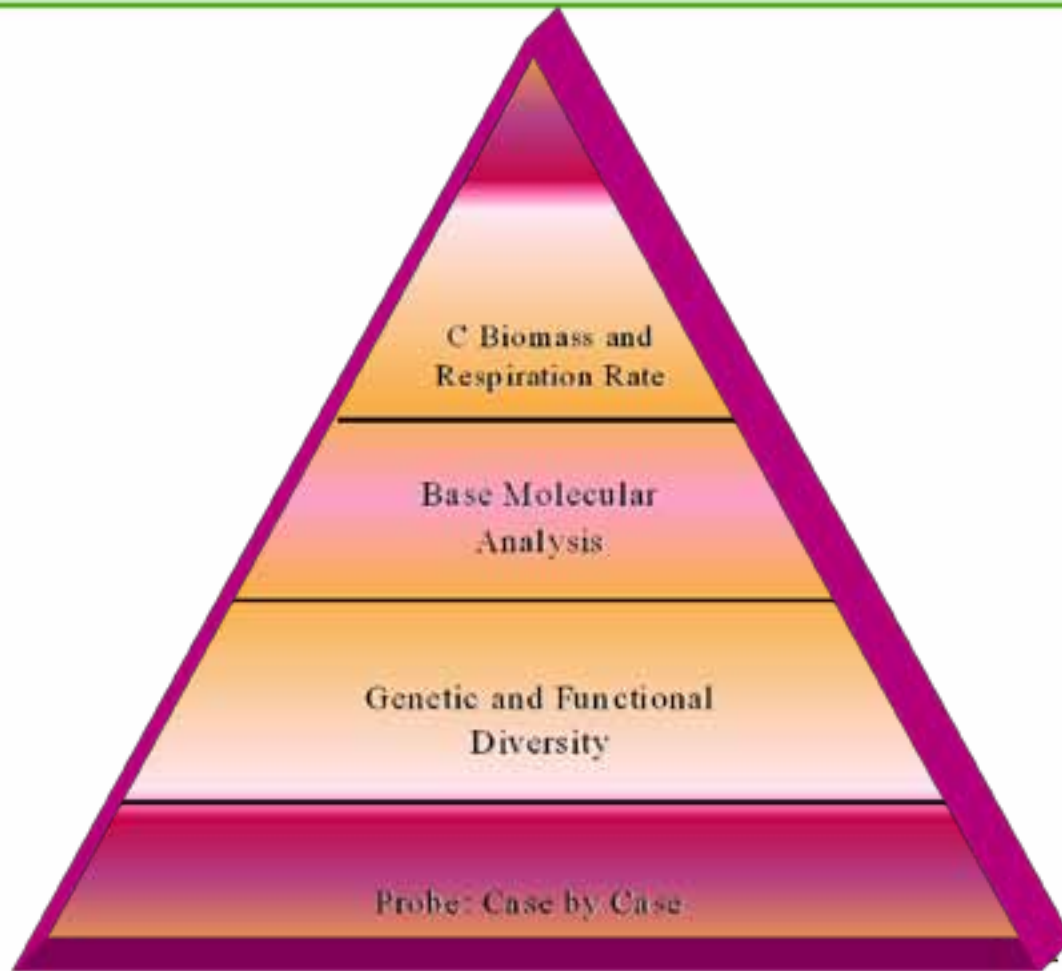

 CABI Publishing

As result of activity carried out during the Cost Action 831 was published the Handbook

“Microbial methods to assessing soil quality”

Bloem, J., Hopkins, D. and Benedetti, A.
Eds

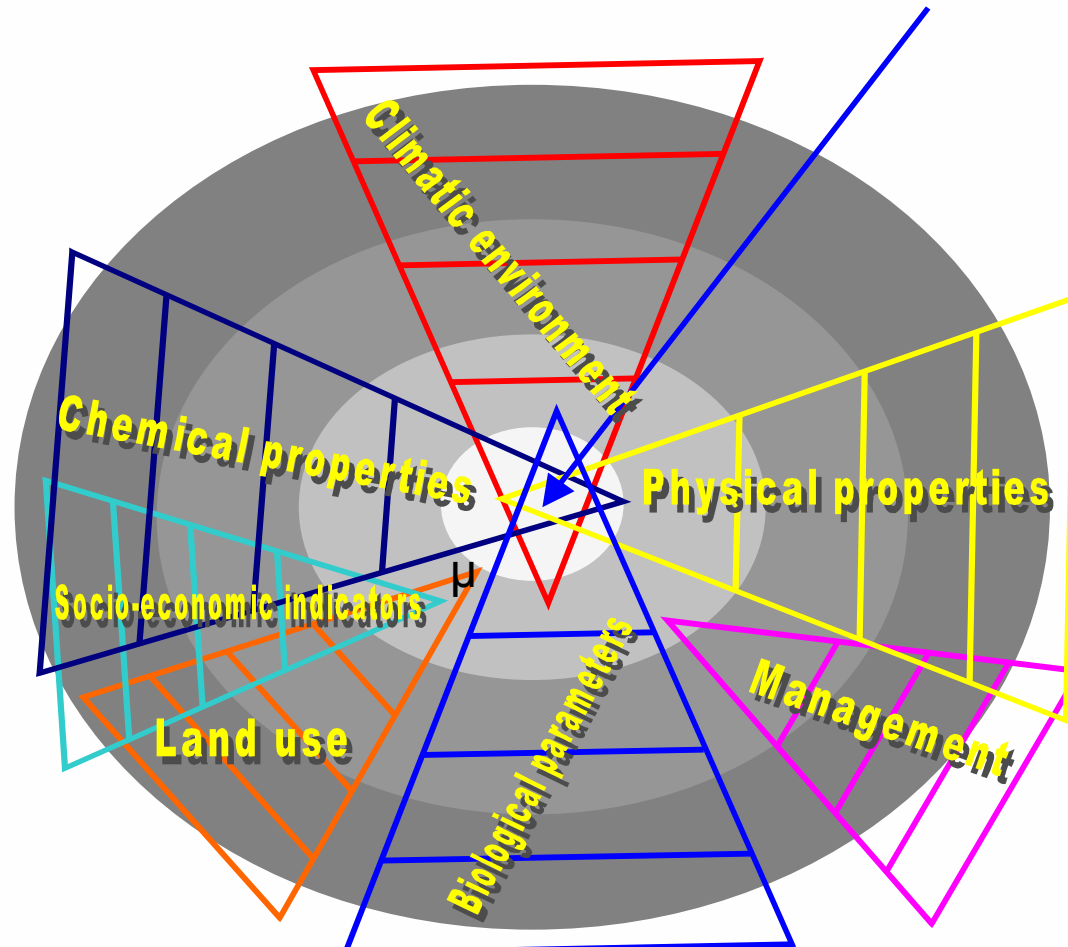
(CAB International 2006)



SCHEME 1

hierarchical level of microbiological biochemical and molecular parameters to define biological fertility of soil

Minimum data set of parameters
to characterise the site



SCHEME 2

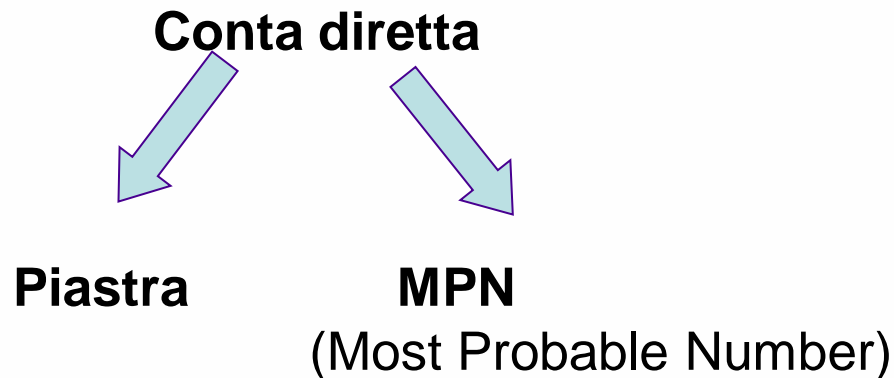
Model to individuate a minimum data set of soil quality parameters as indicator of environmental sustainability

**Gruppi di metodi microbiologici, biochimici e molecolari, in
 accordo con l'Handbook dell'Azione Cost 831
 Microbiological methods for assessing soil quality**

I	II	III	IV
Biomassa e carica microbica del suolo	Attività microbica del suolo	Diversità microbica nel suolo e struttura della comunità	Relazioni pianta-microorganismi
<ul style="list-style-type: none"> - Tecniche di fumigazione con cloroformio - Respirazione indotta da substrato - ATP - Conte dirette 	<p align="center">[Senza substrato]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respirazione del suolo - Mineralizzazione dell'azoto <p align="center">[con substrato]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nitrificazione - Incorporazione di timidina e leucina - Test ecotossicologici 	<ul style="list-style-type: none"> - Metodi microbiologici molecolari - Profili di utilizzo di substrati (CLPP) - Phospholipid ester-linked fatty acids (PFLA) - Profilo di attività enzimatica 	<ul style="list-style-type: none"> - Micorrize - Fissazione N₂ - Capacità repressive - Microorganismi associativi

Quantità della biomassa microbica

Ad esso appartengono tutti quei metodi che sono in grado di definire la quantità ponderale dei microrganismi del suolo sia come carica microbica totale che come gruppi fisiologici o nutrizionali. Sono di questo tipo i metodi di conta su piastra, microscopi colorimetrici compresi i metodi, biochimici che per le loro caratteristiche danno comunque informazioni sulla popolazione attiva.



Attività della biomassa microbica

A questo gruppo afferiscono tutti i metodi biochimici che forniscono indicazioni sui processi metabolici della comunità microbica sia nel suo insieme che per gruppi funzionali.

- Respirazione
- Mineralizzazione
- Dosaggi enzimatici
- Ecc...



Diversità della biomassa microbica e struttura della comunità

A questo gruppo appartengono i metodi di più recente acquisizione che forniscono informazioni di tipo ecologico e molecolare.

- Tecniche molecolari
- Biolog (profilo metabolico)
- Metodi enzimatici



Relazioni Pianta-Microrganismo-Suolo

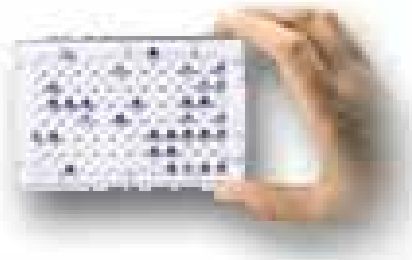
A questo gruppo appartengono tutti quei metodi che mettono in relazione la vita microbica del suolo alla pianta che esso ospita e quindi attingono alle metodologie precedentemente descritte finalizzando l'analisi alla porzione di suolo direttamente a contatto con la radice. A questi metodi poi si devono aggiungere quelli specifici quali l'intensità dell'infezione micorrizica, le potenzialità simbiotiche, ecc.

- *Azotofissazione*
- *Micorrizzazione*

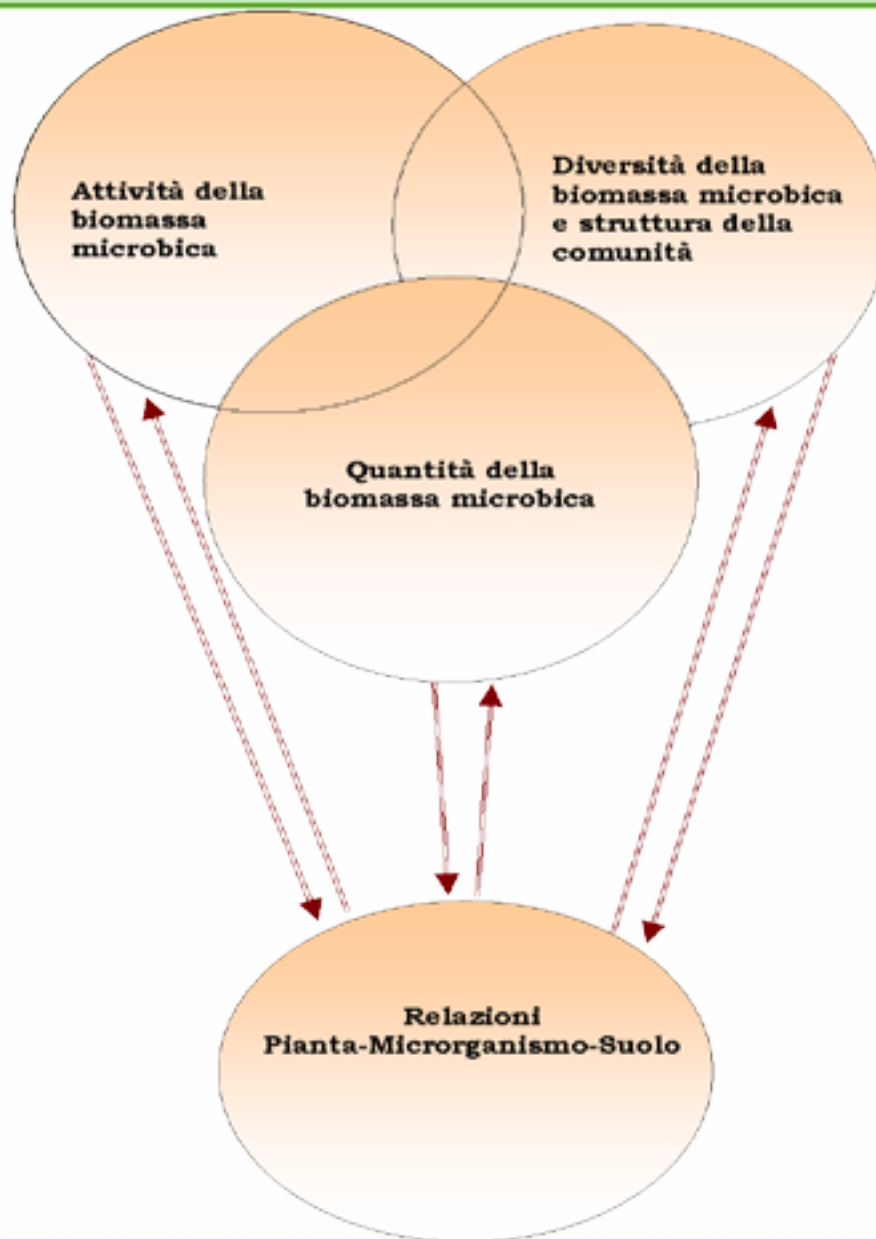


Metodi multifunzionali

- ATP
- Biolog
- SIR



Nessuno dei quattro gruppi di metodi è efficace da solo



Indice di fertilità del suolo basato sui parametri biochimici

I parametri biochimici scelti per la determinazione di questo indice sono quelli generalmente utilizzati per l'analisi e lo studio della qualità del suolo.

Per ciascuno dei parametri sono stati stabiliti 5 intervalli di valori a ciascuno dei quali viene assegnato il punteggio dell'intervallo a cui appartiene.

Parametri utilizzati	Punteggio				
	1	2	3	4	5
Sostanza organica (%)	<1	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 3	>3
Respirazione basale (ppm)	<5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	>20
Respirazione cumulativa (ppm)	<100	100 – 250	250 – 400	400 – 600	>600
Carbonio microbico (ppm)	<100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	>400
Quoziente metabolico	>0,4	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	<0,1
Quoziente di mineralizzazione	<1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	>4

La somma algebrica dei punteggi per ciascun parametro da origine ad una scala di fertilità biologica riportata nella tabella sottostante:

Classe di Fertilità	I	II	III	IV	V
		stanchezza allarme	stress preallarme	media	buona
Punteggio	0-6	6-12	12-18	18-24	24-30

TERRENO TETTO FRATI

Centro sperimentale dell'Università di Torino, comune di Carmagnola (TO), località Tetto Frati (suolo sciolto).

Parametro	Valore	Punteggio
Sostanza organica (%)	2,1	4
Respirazione basale (ppm)	7,6	2
Respirazione cumulativa (ppm)	533,3	4
Carbonio microbico (ppm)	172,1	2
Quoziente metabolico (10^{-2}) h ⁻¹	0,185	4
Quoziente di mineralizzazione (%)	4,3	5
Classe di fertilità	BUONA	TOT = 21

La fertilità biologica è medio-alta.

TERRENO POIRINO

Azienda agricola di Michelino Appendino, comune di Poirino (TO), (suolo pesante).

Parametro	Valore	Punteggio
Sostanza organica (%)	2,9	4
Respirazione basale (ppm)	5,7	2
Respirazione cumulativa (ppm)	504,2	4
Carbonio microbico (ppm)	280,7	3
Quoziente metabolico (10^{-2}) h ⁻¹	0,085	5
Quoziente di mineralizzazione (%)	3,0	4
Classe di fertilità	BUONA	TOT = 22

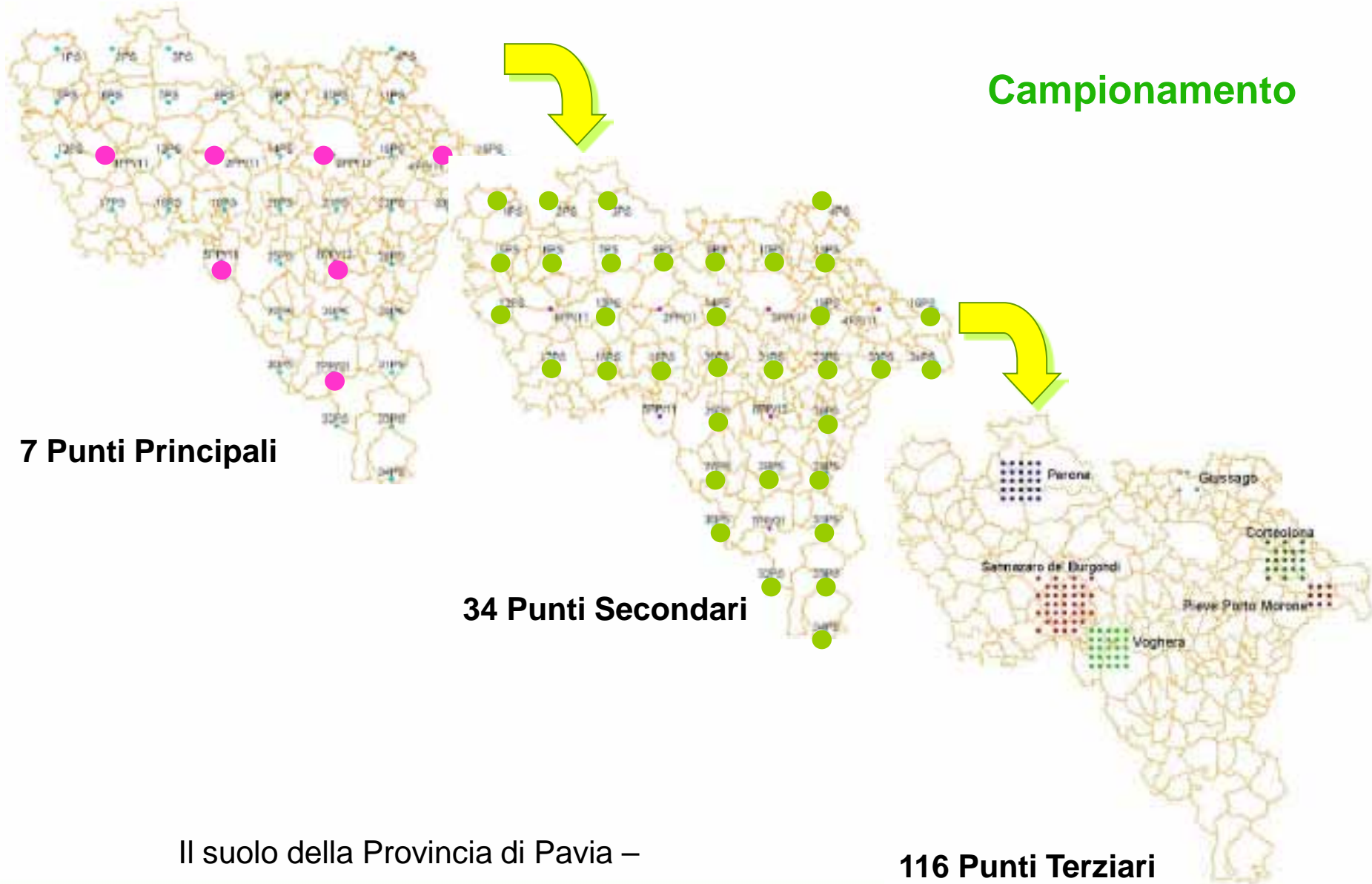
La fertilità biologica è alta.

TERRENO RISAIA

Parametro	Valore	Punteggio
Sostanza organica (%)	2,0	3
Respirazione basale (ppm)	1,7	1
Respirazione cumulativa (ppm)	179,1	2
Carbonio microbico (ppm)	299,7	3
Quoziente metabolico (10^{-2} h ⁻¹)	0,023	5
Quoziente di mineralizzazione (%)	1,5	2
Classe di fertilità	MEDIA	TOT = 16

La fertilità biologica è medio bassa.

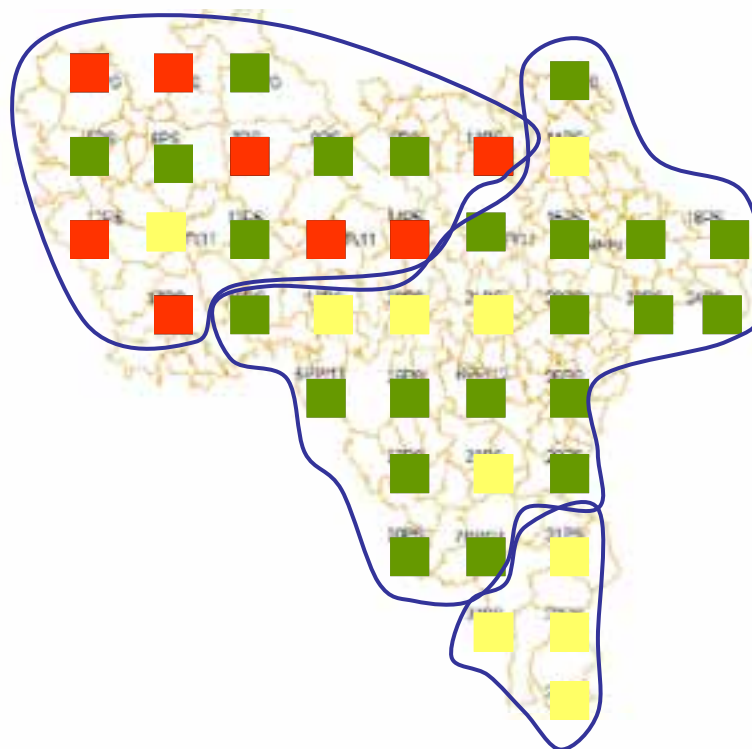
Rispecchia una situazione legata alla particolare gestione del suolo, il quale per lunghi periodi dell'anno si trova in uno stato di anossia in quanto sommerso: ciò comporta una selezione della microflora anaerobica la cui attività metabolica non è rivelata dai parametri aerobici utilizzati.



Si delineano tre zone ben distinte

Conclusioni

Zona nord/occidentale - situazione di stress del comparto biologico del suolo.



Zona centrale – fertilità biologica media

Fertilità Biologica

 stress/preallarme

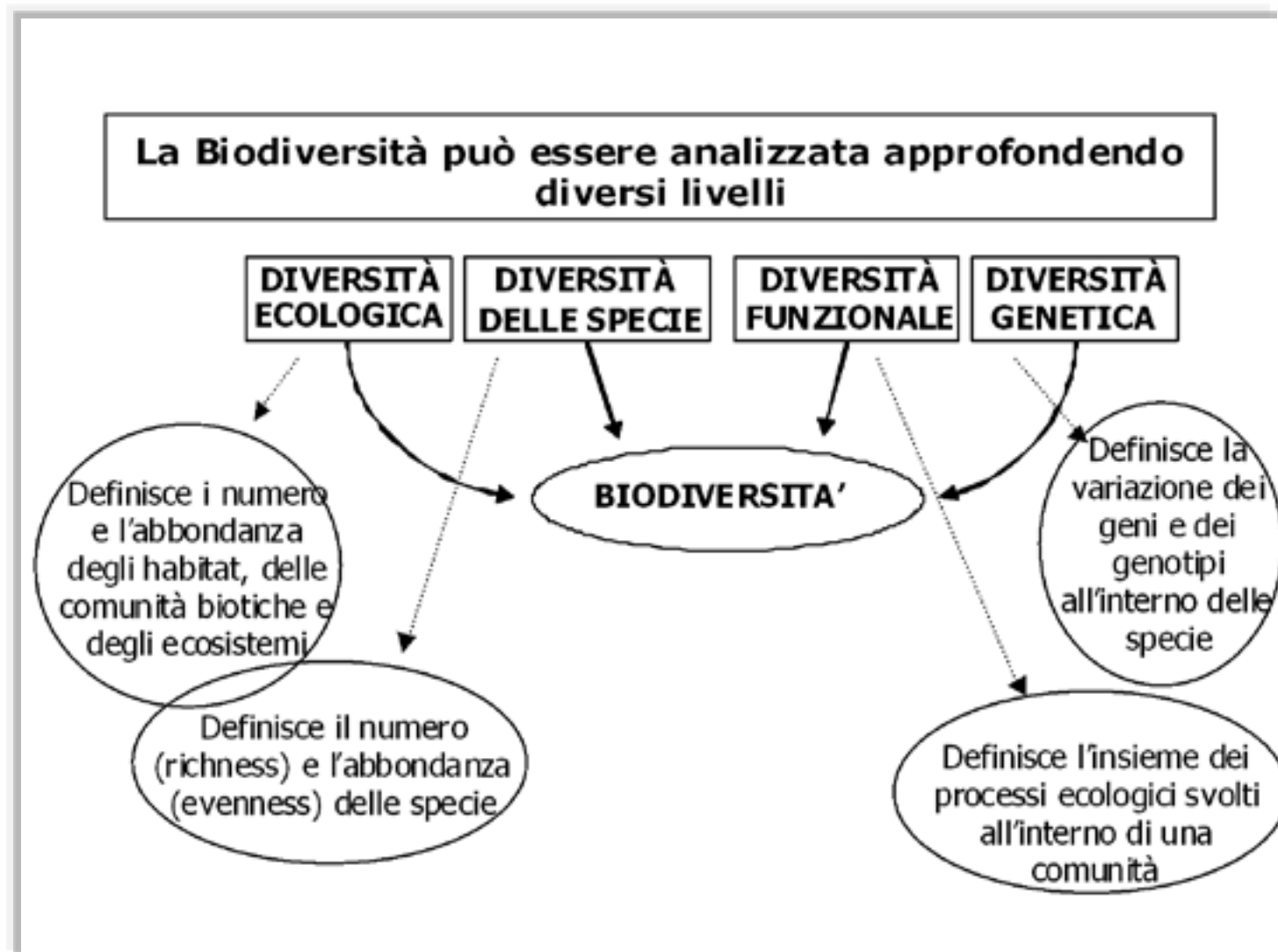
 media

 buona

Il suolo della Provincia di Pavia

Zona della punta più meridionale – fertilità biologica buona

LA BIODIVERSITÀ



Come si studia la diversità microbica?

METODI DI STUDIO DELLA DIVERSITA' MICROBICA

METODI DI ANALISI DELLA DIVERSITA' FUNZIONALE

METODI BIOCHIMICI
forniscono indicazioni sui
processi
metabolici della comunità
microbica
nel suo insieme:
RESPIRAZIONE del suolo
MINERALIZZAZIONE del
CARBONIO e dell'AZOTO

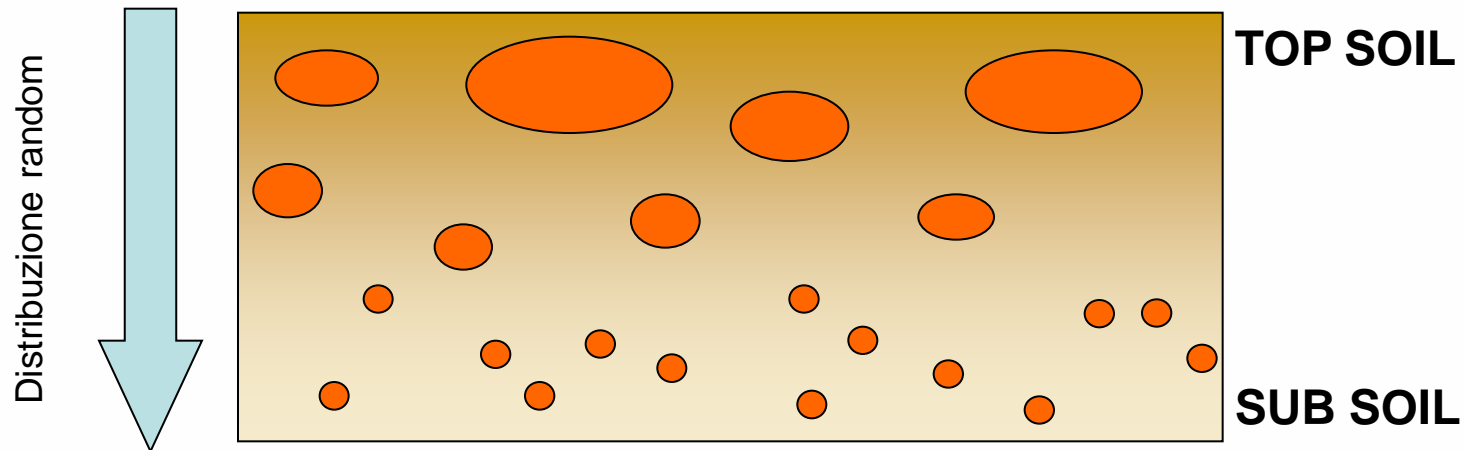
METODI ECOFISIOLOGICI
forniscono informazioni di tipo
ecologico e molecolare:
BIOLOG (impronta
metabolica) METODI
ENZIMATICI

METODI DI ANALISI DELLA DIVERSITÀ GENETICA

METODI MOLECOLARI
forniscono informazioni di tipo
genetico (fingerprinting): ARDRA
(amplified ribosomal DNA
restriction analysis),
DGGE (denaturing gradient gel
electrophoresis), ecc.

Distribuzione dei batteri nel suolo

- L'**80%** dei batteri del suolo vive nei micropori degli aggregati di suolo che, evidentemente, garantiscono condizioni più favorevoli alla crescita microbica (*Ranjard and Richaume, 2001*)
- Tendono a vivere in “**hot spots**” che si distribuiscono in modo random crescente via via che si procede in profondità nel bulk soil (*Nunan et al., 2002*)



- Tendono a vivere attaccati alle superfici: più piccole esse sono e maggiore è la diversità microbica e viceversa. Inoltre le dimensioni delle particelle hanno un impatto sulla diversità e la struttura delle comunità microbiche più evidente di quanto non facciano pH e sostanza organica (*Sessitsch et al., 2001*)

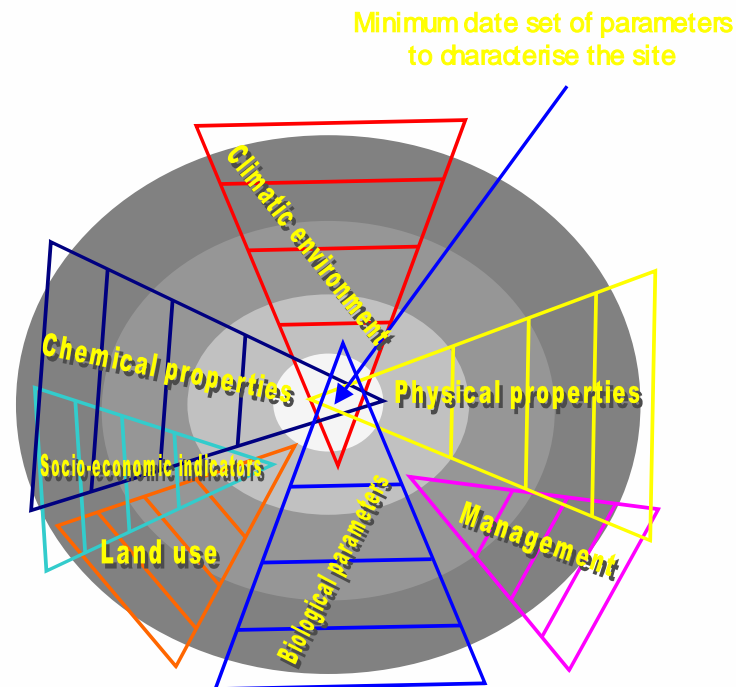
- L'uso di indicatori di qualità del suolo si è dimostrato un utile strumento diagnostico
- Se
- Utilizzato in maniera sinergica mediante la combinazione di differenti scale gerarchiche di indicatori di qualità:
- Fisici,
- Chimici,
- Biologici

Monitoraggio

- Mai limitarsi a trarre conclusioni a livello ambientale senza l'ausilio di un monitoraggio:
- Spaziale (rilievi casuali, lungo un transetto, costruendo controlli interni, ecc)
- Temporale (pochi punti ripetuti nel tempo)
- Spazio-temporale (individuazione di aree pilota su cui condurre i medesimi rilievi con cadenza costante)

Monitoraggio /2

- Modello costruito a Castelporziano ha consentito di evidenziare dal monitoraggio combinato dei comparti ambientali:
- Acqua
- Aria
- Suolo
- Le pressioni antropiche, piuttosto che quelle naturali.



Spendibilità dei risultati



Iniziativa di sostegno alla stesura della Direttiva Europea sulla conservazione del suolo che prevede tra le diverse priorità, il monitoraggio, la conservazione ed il ripristino della biodiversità del suolo

Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC.