



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

 Associazione
Italiana
Pedologi

SEMINARIO NAZIONALE

**SUOLO E BIODIVERSITÀ:
OPPORTUNITÀ
PER IL NUOVO MILLENNIO**



2010 Anno Internazionale della Biodiversità

ATTI

Roma, 10 febbraio 2010

ISPRA e AIP



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



SEMINARIO NAZIONALE

SUOLO E BIODIVERSITÀ: OPPORTUNITÀ PER IL NUOVO MILLENNIO



ATTI

Roma, 10 febbraio 2010

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM).

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.it

Curatori

Carlo Jacomini, Lucia Cecilia Lorusso e Alfonso Sbalchiero, con la collaborazione di Nadia Lucia Cerioli e Francesca Floccia.

ISPRA, Dipartimento Difesa della Natura

ISPRA, ATTI 2012

ISBN 978-88-448-0549-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Paolo Orlandi

Impaginazione

ISPRA

Carlo Jacomini e Francesca Floccia

Coordinamento tipografico

Daria Mazzella

ISPRA - Settore Editoria

Giugno 2012

Autori

Carlo Jacomini, ISPRA

Ciro Gardi, *Joint Research Centre/European Commission*

Pier Paolo Franzese, Università *Parthenope* di Napoli

Anna Benedetti, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA), Centro di Ricerca per lo Studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo (CRA-RPS)

Edoardo A. C. Costantini, Maria Fantappiè, Giovanni L'Abate, Roberto Barbetti, S. Magini, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA), Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia (CRA-ABP)

Fabrizio Cassi, Timesis Srl.

INDICE

Presentazione	5
Biodiversità dei suoli in Italia: problematiche e prospettive	6
Biodiversità edafica: attività in Europa	9
Il programma uomo e biosfera (MAB) dell'UNESCO e la valutazione della sostenibilità ambientale	10
Il suolo: una miniera inesplorata di geni	13
Pedodiversità, antropizzazione e dinamica del <i>carbon</i> <i>stock</i> italiano	14
Biodiversità e reti ecologiche, il ruolo del pedologo	17
Conclusioni.....	20

PRESENTAZIONE

Il suolo è materia interdisciplinare e complessa. Esso rappresenta il fondamento dell'agricoltura, dell'alimentazione, degli insediamenti e delle infrastrutture, oltre a essere connesso al dissesto idrogeologico, l'inquinamento e i cambiamenti climatici.

L'Italia vanta la più ampia varietà di suoli e la maggior ricchezza di forme viventi in Europa, tuttavia sono ancora in gran parte sconosciute le migliaia di specie che popolano il suolo e ne determinano la salute. L'impermeabilizzazione del suolo in Italia, causata da cemento e asfalto, aumenta a una velocità tra le più alte d'Europa e favorisce un'evidente e irreversibile perdita della risorsa, una diminuzione della qualità dei terreni e un inquinamento sempre maggiore.

ISPRA partecipa alle iniziative dell'Anno Internazionale della Biodiversità con questo workshop sull'*edaphon*, per rispondere alle problematiche e proporre buone pratiche e opportunità future.

Ringrazio l'Associazione Italiana Pedologi (AIP), la Società Italiana di Pedologia (SIPE), l'Ordine Nazionale dei Biologi (ONB), la Società Italiana di Scienza del Suolo (SISS) e il Coordinamento delle Associazioni Tecnico scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio (CATAP), che hanno collaborato alla realizzazione di questo evento.

Paolo Gasparri
Dirigente Servizio Tutela della biodiversità

BIODIVERSITÀ DEI SUOLI IN ITALIA: PROBLEMATICHE E PROSPETTIVE

DI CARLO JACOMINI, ISPRA¹

Nel corso degli ultimi 100 anni, il suolo ha visto moltiplicarsi il numero e la varietà delle minacce indotte dall'uomo. Principalmente è stato sfruttato in modo eccessivo, dimenticando che esso rappresenta l'epidermide vivente di Gaia, il nostro pianeta vivente².

La copertura e impermeabilizzazione dei suoli³, processo irreversibile condotto quasi sempre senza una corretta pianificazione e valutazione, determina tra l'altro l'insorgere di pericolosi fenomeni di dissesto idrogeologico⁴. Con 43 milioni di tonnellate di cemento prodotto nel 2008, il nostro Paese è purtroppo il 4° nel mondo per rapporto cemento prodotto/superficie, e il 5° per rapporto cemento prodotto/abitante⁵.

Inoltre, il suolo è stato (sempre più diffusamente) contaminato, prima da sostanze per lo più di natura organica, quali eccessi di nutrienti e sversamenti di idrocarburi, facilmente aggredibili dalle difese intrinseche dei suoli (i.e. la biodiversità che li popola); in seguito, però, sono state aggiunte sostanze radioattive e chimiche sempre più complesse. Infine, il suolo è stato sottoposto a una serie crescente di attacchi fisici e biologici⁶.

Basti pensare alle nuove molecole (migliaia ogni anno) che vengono sintetizzate e disperse nel mondo attuale, per capire che il suolo, recettore ultimo di queste sostanze, già pressato da elementi tossici, metalli pesanti e radionuclidi, possa diventare una bomba chimica a

¹ Si ringraziano per la collaborazione L. Campana, L. C. Lorusso, M. Munafò e C. Siniscalco (ISPRA), N. Cerioli e A. Di Fabbio (Radice Srl)

² Cfr. Lovelock J.E., Margulis L. 1974. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere - The Gaia hypothesis. *Tellus* 26 (1): 2-10; McMenamin M.A. & McMenamin D.L. 1994. *Hypersea: Life on Land*. Columbia University Press, 343 pp.; Volk, T. 2003. *Gaia's Body: Toward a Physiology of Earth*. Cambridge, Mass., MIT Press, 269 pp.

³ M. Munafò, G. Martellato, P. Assante, F. Spilabotte, L. Salvati. 2011. "Il consumo di suolo". Qualità dell'ambiente urbano - VII Rapporto - edizione 2010, ISPRA, Roma.

M. Munafò, G. Martellato, L. Salvati, 2011. "Il consumo di suolo nelle città italiane". *Ecoscienza* 2011/4:10-15.

Consumo di suolo	1946-1960	1990	1994-1997	1998-2000	2005-2007	2008
Italia	2,4%		5,3%	5,5%	6,3%	
Comune di Roma	7,1%	19,3%	22,1%	23,1%	25,1%	26,1%

⁴ Cfr. Rapporto di sintesi del progetto "Uso del suolo come difesa", a cura dell'Ente Italiano della Montagna (EIM), 2003.

⁵ Dati mondiali sul consumo di cemento mostrano come l'Italia produca il doppio del cemento della Francia. Si ricorda che ogni tonnellata di cemento richiede da 60 a 130 kg di olio combustibile o suo equivalente, a seconda del tipo di cemento e del processo usato, e circa 105 kWh di elettricità (URL: http://www.cembureau.be/sites/default/files/documents/Activity_Report_2008.pdf al 31/05/2012)

⁶ Per citare alcuni esempi, pensiamo alla pressione che i macchinari agricoli, sempre più pesanti, esercitano sul suolo, causando la cosiddetta "suola d'aratura", o l'importazione di specie alloctone invasive, l'utilizzo indiscriminato delle monocolture o l'introduzione di colture geneticamente modificate...

tempo, capace con gli anni di indurre pericolose patologie, in maniera diretta o indiretta, tramite la catena alimentare⁷.

A contrastare questi processi di degradazione, restano “solo” le migliaia, milioni di specie che da oltre mezzo miliardo di anni contribuiscono alla pedogenesi, alla formazione dell'*humus* e al biorimedia dei suoli, nonché al filtro delle acque e alla salute e produttività delle piante.

La varietà delle forme microbiche italiane verrà illustrata a breve dalla Dott.ssa Benedetti. Per quanto riguarda la macroflora, sappiamo che in Italia si trovano quasi 7.000 specie di piante vascolari e oltre 1.100 briofite. I funghi sono un regno ancora in gran parte inesplorato, ma stime recenti ci permettono di dire che in Italia siano presenti (a seconda degli autori) almeno 12-14.000 specie di macromiceti, di cui però si sa ancora troppo poco.

La *check-list* della fauna italiana pubblicata dal MATTM ci permette, invece, di affermare con certezza che gli invertebrati rappresentano il 97% degli animali italiani, ciò nonostante pochissimi sono sottoposti a regimi di protezione e tutela.

Nel dettaglio, la microfauna italiana è composta principalmente da protozoi (oltre 1.800 specie), nematodi (oltre 1.300 specie), rotiferi e tardigradi (quasi 250 specie ciascuna), ma comprende anche alcuni piccolissimi policheti che si ritrovano nei suoli umidi delle foreste montane. “Solo” gli oligocheti contano oltre 300 specie, terrestri e marine. Ma i dati nostrani purtroppo sono incompleti, dato che tuttora esistono intere regioni da cui non si ha documentazione, né ricercatori che possano coprire questi vuoti conoscitivi.

Il numero di artropodi, se confrontato con gli altri Paesi europei, è impressionante: nel nostro Paese abbiamo circa 6.600 specie di ditteri e oltre 13.000 di coleotteri, tra i quali solo i carabidi contano oltre 1.300 specie.

Le formiche italiane annoverano circa 230 specie e, tra le forme più tipicamente legate al suolo, si contano oltre 420 specie di collemboli e quasi 800 specie di acari oribatei.

Si tratta di forme di vita ancora in gran parte inesplorate, che rappresentano tuttavia una risorsa naturale impagabile⁸, potenziale fonte di ottime medicine, formata da eserciti sotterranei di piccolissimi solerti lavoratori per il benessere comune, quasi sempre invisibili (proprio come i folletti delle fiabe).

⁷ La considerazione dei processi di biodisponibilità è divenuta oggetto di crescente interesse nell'ultimo decennio. Questi processi, oltre all'assorbimento di un contaminante da parte di un organismo vivente, prendono in considerazione anche la solubilità, la mobilità, il trasferimento di massa e la distribuzione tra le fasi dei contaminanti. L'influenza che le caratteristiche del suolo hanno sulla distribuzione del contaminante tra le fasi, il trasporto verso gli organismi viventi, l'accumulo nell'organismo e i possibili effetti tossici determinano i “processi di biodisponibilità”. Comprendere questi processi è la chiave di volta per chiarire il legame tra la qualità del suolo e la salute, valutare gli eventuali fenomeni di inquinamento e migliorare le procedure di analisi del rischio” G. Petruzzelli 2008. Meccanismi di biodisponibilità nel suolo. In: C.Jacomini, L.C.Lorusso, A.Sbalchiero, N.L.Cerioli e F.Floccia. (Eds.), *Bioindicatori ed ecotossicologia: Sintesi e Atti dei workshop 2008-2009*, ISPRA Atti 2012, ISBN 978-88-448-0540-1.

⁸ Il valore dei servizi ecosistemici effettuati dal suolo è stato stimato sui 15 milioni di \$, poco più di 10 milioni di € l'anno.

La crisi attuale di risorse e mezzi pone il problema della trasmissione della conoscenza dalla vecchia generazione di tassonomi dei diversi gruppi che vivono nel suolo. Un patrimonio di conoscenze che iniziò alla fine del XIX secolo, quando Antonio Berlese inventò metodi tuttora validi e impiantò studi e ricerche che daranno il via alla pedobiologia. Purtroppo, oggi giorno le Università e i Centri di Ricerca sono a corto di personale, e i finanziamenti non permettono di investire nel futuro.

Segnali incoraggianti vengono però dalla bozza di Strategia nazionale per la Biodiversità, in fase di ultimazione in questi giorni, dove per la prima volta si propone l'istituzione di un programma nazionale di monitoraggio della biodiversità del suolo.

In questa sede, auspichiamo l'apertura di un dibattito costruttivo per promuovere in maniera rapida ed efficace la realizzazione di questo grande, doveroso impegno per il bene di tutte le generazioni future.

BIODIVERSITÀ EDAFICA: ATTIVITÀ IN EUROPA

DI CIRO GARDI, EUROPEAN COMMISSION - JRC

Con l'adozione della Strategia Tematica per la Protezione del Suolo da parte della Commissione, l'Unione Europea ha intrapreso un percorso virtuoso verso la conservazione di questa risorsa essenziale, limitata e non rinnovabile. Per la completa attuazione della Strategia si dovrà ancora attendere l'approvazione della Direttiva Quadro, ma importanti risultati sono stati conseguiti, ad esempio nella definizione e nella valutazione preliminare delle principali minacce che gravano sui suoli europei.

Il tema della biodiversità del suolo viene chiaramente affrontato dalla Strategia Tematica, anche se nello stesso documento si riconosce come lo stato delle conoscenze sulla componente biotica del suolo, sulle relazioni tra biodiversità e funzioni, siano ancora insufficienti, e viene indicato come, nell'ambito del Settimo Programma Quadro, debbano essere dedicati spazio e finanziamenti a ricerche in tal senso.

Le attività avviate dalla Commissione, in particolare dal DG Ambiente e dal JRC, sono state la costituzione di un Gruppo di Lavoro, realizzato da numerosi esperti Europei, e la pubblicazione di un bando, finalizzato alla redazione di un primo rapporto che riassume lo stato dell'arte nell'ambito dei Paesi dell'Unione. Tale rapporto, presentato in forma di bozza a Bruxelles lo scorso ottobre, sarà a breve disponibile, mentre una delle attività intraprese dal gruppo di lavoro è stata la pubblicazione di un articolo di sintesi, relativo alle attività di monitoraggio della biodiversità in Europa, e la preparazione di un volume sulla biodiversità del suolo in Europa, destinato principalmente a finalità di informazione e accrescimento della consapevolezza tra i non addetti ai lavori.

Nell'ambito del Settimo Programma Quadro, è stato pubblicato un bando specifico sulla biodiversità del suolo (scaduto nel gennaio scorso), mentre altri importanti progetti sono in corso di esecuzione (*Soilservice*) o sono stati finanziati grazie ai precedenti programmi quadro.

La situazione e lo stato di conoscenze sulla biodiversità del suolo nei diversi Stati Membri, in termini di attività di inventario e monitoraggio, sono ampiamente differenziate. Si va da Paesi, quali l'Olanda, la Scozia, la Francia, nell'ambito dei quali sono state condotte campagne sistematiche di rilevamento di alcune componenti delle comunità edafiche, ad altri Paesi in cui è stato fatto poco o nulla, perlomeno in modo sistematico.

L'obiettivo del gruppo di lavoro costituito presso il JRC è quello di stimolare e raccordare le attività di inventario e monitoraggio della biodiversità edafica in Europa, al fine di raggiungere un adeguato grado di conoscenza sullo stato e le tendenze di questa importante componente del suolo. L'esperienza acquisita dal JRC nel coordinamento di progetti come *Biosoil* o *Lucas Soil*, potrebbe vedere in futuro una possibile estensione ai temi della biodiversità del suolo.

Nell'ambito di questo Anno Internazionale sulla Biodiversità, è in corso di preparazione un importante evento che si svolgerà nell'autunno a Bruxelles e nel corso del quale sarà presentato l'Atlante sulla Biodiversità del Suolo; la Commissione e il JRC saranno presenti con uno spazio conoscitivo, dedicato alla biodiversità edafica, nella X Conferenza delle Parti della CBD a Nagoya (Giappone) dal 18 al 29 ottobre.

IL PROGRAMMA UOMO E BIOSFERA (MAB) DELL'UNESCO E LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

DI PIER PAOLO FRANZESE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

Il Programma Uomo e Biosfera (*Man and the Biosphere* – MAB) dell'UNESCO è iniziato nel 1971 e, fin dalla prima metà degli anni '70, si è dotato di una rete mondiale di Riserve della Biosfera (*World Network of Biosphere Reserves*). Questa rete annovera oggi più di 500 Riserve della Biosfera dislocate in 100 Paesi in tutto il mondo.

Il MAB, programma scientifico coordinato dalla Divisione di Ecologia e Scienze della Terra dell'UNESCO, è nato con lo scopo di esplorare gli aspetti teorici e gestionali dell'interazione tra l'uomo e la biosfera.

Con il tempo i progetti di ricerca e le attività scientifiche del Programma MAB sono state sempre più spesso delegate ai siti della rete mondiale delle Riserve della Biosfera, alcuni dei quali impegnati anche in importanti programmi e attività di ricerca internazionale, quali ad esempio: l'*International Long-Term Ecological Research*, il *Global Terrestrial Observing System* e il *Millennium Ecosystem Assessment*.

Il Segretariato del MAB, nel periodo post-Rio (1992), si è concentrato sullo studio di diversi approcci e soluzioni per la realizzazione degli obiettivi principali della teoria dello sviluppo sostenibile: sostenibilità economica, ambientale, sociale e culturale.

È stato quindi necessario sviluppare una serie di strumenti operativi e di valutazione del contributo del MAB agli obiettivi dello sviluppo sostenibile. Esempi di tali strumenti sono: gli indicatori dei cambiamenti abiotici, biotici e socio-economici; i metodi per prevenire i conflitti e promuovere il dialogo fra gli attori presenti nei diversi contesti territoriali; gli standard e le linee guida per la certificazione dei prodotti locali e lo sviluppo delle economie locali in generale.

Nel 1995 gli Stati Membri dell'UNESCO hanno dotato il MAB di un quadro statutario e di un quadro strategico (*the MAB Statutory Framework and the Seville Strategy*). Nel febbraio del 2008 il Congresso Mondiale sulle Riserve della Biosfera ha consentito un momento di riflessione e di sintesi sugli sviluppi del Programma, portando alla formulazione di un nuovo Piano d'azione ("Piano d'Azione di Madrid") e di rinnovati obiettivi e linee guida per la gestione delle Riserve della Biosfera nel periodo 2008-2013.

Particolare enfasi è stata attribuita alla valutazione delle relazioni tra attività antropiche e degrado del capitale naturale e dei servizi ecosistemici, soprattutto nell'ottica del cambiamento climatico. Altri temi prioritari riguardano il contributo delle Riserve della Biosfera ai fini di una migliore interazione tra sistemi rurali e urbani e la realizzazione di partenariati tra Enti pubblici e privati per il raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile a scala locale e globale.

La Valutazione Emergetica di Odum (1996) è una metodica in grado di mettere in luce i rapporti di dipendenza tra ecosistema naturale ed economia umana e, pertanto, risulta particolarmente adatta per lo studio della *performance* e della sostenibilità ambientale di ambiti territoriali e processi produttivi (Franzese *et al.*, 2003a; 2009a,d).

La Valutazione Energetica è stata sviluppata da Howard T. Odum presso l'Università della Florida negli anni '80. Essa trova le sue radici nelle scienze termodinamiche e nell'ecologia teorica, con particolare riferimento alla teoria generale dei sistemi di von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1968) e alla teoria delle strutture dissipative di Prigogine (Prigogine, 1947).

Questo approccio metodologico di tipo "ecodinamico" (Franzese *et al.*, 2003b,c, 2005b, 2009a), focalizzando l'attenzione sulle proprietà sistemiche, ha determinato un mutamento di paradigma nell'ambito delle scienze ambientali, fornendo una visione alternativa a quella proposta dall'Economia Neoclassica e della biologia riduzionista.

I concetti di emergenza solare e *solar transformity* (Odum, 1988, 1996) sono alla base di questa metodologia volta a determinare il rendimento, l'impatto e la sostenibilità ambientale del sistema investigato.

Generalmente ogni sistema riceve input diversi tipi di energia di minor qualità per realizzare un tipo di energia di livello più elevato, in grado di realizzare una funzione di controllo sull'intero sistema. Ad esempio, possiamo affermare che un joule di energia solare, un joule di carbone, un joule di energia elettrica, anche se rappresentano la stessa quantità di energia, hanno diversa qualità, nel senso che le loro potenzialità sono diverse. In altre parole, le diverse forme di energia non hanno la stessa capacità di compiere lavoro e possono, pertanto, sostenere lavori molto diversi per unità di input. Alla luce di questa riflessione, appare evidente l'impossibilità di esprimere il valore energetico della radiazione solare e quello di altre risorse in joule di calore e poi sostenere che ciascun joule sia uguale nella sua capacità di produrre lavoro. Poiché molti joule di energia di bassa qualità sono necessari per ottenere pochi joule di energia di qualità più elevata, è stato introdotto il concetto di *transformity* per dare una possibile misura alla posizione gerarchica delle diverse tipologie energetiche, risorse ambientali e prodotti dell'economia (Odum, 1996; Brown e Ulgiati, 2004a,b; Franzese *et al.*, 2009b).

La *transformity*, grandezza intensiva, rappresenta quindi la quantità di energia di un tipo necessaria per ottenere un joule di un altro tipo (Odum, 1996). Per poter confrontare tutti i vari tipi di energia secondo un comune denominatore è stata definita la *solar transformity*, ovvero la quantità di energia solare che è, direttamente o indirettamente, necessaria per produrre un joule del prodotto in questione (Odum, 1996). L'emergenza solare è definita come la quantità di energia solare che è necessaria (direttamente o indirettamente) per ottenere un prodotto o un flusso di energia in un dato processo (Odum, 1996). L'emergenza, al contrario della *transformity*, è una grandezza estensiva e la sua unità di misura è il *solar emergy* Joule o *solar equivalent* Joule (seJ).

La *solar transformity*, che rappresenta l'emergenza di un prodotto rapportata al suo contenuto energetico, è espressa in seJ/J, mentre l'emergenza specifica è espressa in seJ/g.

Evidentemente, più grande risulta il flusso energetico necessario a supportare un processo o un sistema, maggiore è la quantità di energia solare che questo consuma, ovvero maggiore è il costo ambientale presente e passato necessario per mantenerlo. Il neologismo *emergy* (*energy + memory*) si riferisce infatti alla "memoria energetica" di tutta l'energia solare (diretta e indiretta) utilizzata nelle trasformazioni che hanno portato alla realizzazione di un bene o di un servizio.

Pertanto, la *solar transformity* indica la convergenza di energia solare (diretta e indiretta) utilizzata per produrre un bene o un servizio. Una volta che è stata calcolata la *solar transformity* di un certo numero di risorse e prodotti, è possibile calcolare in cascata anche l'energia solare indiretta che è necessaria per ottenere altri beni, i cui input hanno un'emergia nota.

La valutazione biofisica delle risorse ambientali che alimentano i sistemi economico-produttivi delle società umane risulta un elemento di fondamentale importanza per poter realizzare un modello di società che sia maggiormente compatibile con le leggi della natura.

La teoria emergetica di Odum (Odum 1988, 1994, 1996, 2007) ha fornito le basi teoriche e applicative per realizzare una contabilità biofisica di ecosistemi naturali e antropizzati (*human-dominated*), calcolando il valore delle risorse ambientali in funzione del lavoro svolto dalla biosfera per produrle (*donor-side approach*).

Il valor economico rispecchia le preferenze umane e le dinamiche del mercato. Il valore ecologico è invece fondato sulla dinamiche ecosistemiche e sui cicli della biosfera.

Per uno sviluppo che sia davvero sostenibile nel lungo periodo bisogna capire che spesso il solo valore economico non descrive adeguatamente la reale importanza e il ruolo delle risorse naturali nei processi produttivi (Franzese *et al.*, 2003a,b, 2009a).

Il valore emergetico può fornire una misura complementare di quello che potremmo definire il valore ecologico di una risorsa o il benessere reale di un sistema.

Numerose pubblicazioni hanno dimostrato l'utilità della Valutazione Emergetica per lo studio della *performance* e della sostenibilità ambientale di sistemi territoriali/produttivi di diversa tipologia e scala spaziale (vedi ad esempio Brown e Ulgiati, 1999; Franzese *et al.*, 2005a; 2006; 2008a, b; 2009a, b, c, d).

IL SUOLO: UNA MINIERA INESPLORATA DI GENI

DI ANNA BENEDETTI, CRA - RPS

Nel suolo è rappresentato oltre il 95% della biodiversità dell'intero pianeta. In un grammo di suolo, infatti, vivono milioni di microrganismi, molti dei quali ancora sconosciuti.

La biodiversità dei microrganismi del suolo, in virtù della varietà dei processi chimico-metabolici coinvolti, ha un ruolo importante nel mantenere gli ecosistemi in uno stato funzionalmente efficiente. L'equilibrio che si instaura nell'ecosistema microbico del suolo, dovuto alla stabilizzazione delle interrelazioni funzionali tra i vari microrganismi, si riflette positivamente sulle piante e, conseguentemente, sulla comunità animale sovrastante.

Lo studio della diversità microbica del suolo comporta non poche difficoltà legate soprattutto al fatto che solo l'1% della popolazione microbica del suolo è coltivabile e quindi isolabile e caratterizzabile. In passato, nell'impossibilità di disporre di strumenti analitici idonei, si è studiato le comunità microbiche in relazione alle funzioni da esse svolte individuando dei marcatori metabolici che potessero essere correlati a gruppi funzionali. L'avvento delle tecniche molecolari ha consentito di caratterizzare la diversità microbica in termini di ricchezza e abbondanza in base all'estrazione del DNA, aprendo frontiere conoscitive immense.

Col termine "Metagenomica" si intende l'analisi delle sequenze di DNA ottenute direttamente dall'ambiente. Nel caso della metagenomica del suolo si definisce la sequenza nucleotidica di genomi di tutti gli organismi diversamente presenti. La catalogazione e l'analisi dei genomi microbici di un ambiente è attualmente la base scientificamente più avanzata per poterne studiare le funzioni e sfruttarne le potenzialità applicative. Finora la metagenomica è stata applicata ad ambienti relativamente semplici o particolarmente specializzati; tuttavia, lo sviluppo delle tecnologie di sequenziamento rende adesso possibile anche il completo sequenziamento del Metagenoma del Suolo, che da un punto di vista microbiologico è certamente l'ambiente più complesso. La conoscenza del metagenoma del suolo viene utilizzata per studiarne la fertilità, i cicli biogeochimici, oppure trovare nuove vie per il biorisanamento, o scoprire geni per la produzione di nuovi antibiotici o altri prodotti biotecnologici ecc.

Esplorare un metagenoma è uno sforzo sia scientifico che tecnologico. L'approccio al metagenoma richiede, infatti, una dettagliata conoscenza delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo; non è alternativo agli altri, ma li integra e fornisce una base per affrontare la piena comprensione dei processi che regolano l'ecologia del suolo.

Dal suolo, dunque, possono derivare potenzialità immense in termini biotecnologici nei riguardi di risorse innovative nei confronti delle bioenergie, oppure della biofertilizzazione, del biorisanamento, del biorecupero, della bioindicazione ecc. Innumerevoli le applicazioni in campo agro-alimentare e agro-ambientale.

Verranno illustrati alcuni esempi derivanti da progetti in fase attuativa.

PEDODIVERSITÀ, ANTROPIZZAZIONE E DINAMICA DEL CARBON STOCK ITALIANO

DI E.A.C. COSTANTINI, M. FANTAPPIÈ, G. L'ABATE, R. BARBETTI, S. MAGINI, CRA-ABP

Alcune esperienze nazionali e locali in Italia indicano una scarsa dotazione di sostanza organica nei suoli italiani. Le cause vengono spesso ricondotte alla natura del clima Mediterraneo e allo sfruttamento intensivo protratto per molti secoli, che ha causato importanti fenomeni di compattazione ed erosione del suolo. Un ruolo importante viene anche attribuito all'uso diffuso di lavorazioni profonde e frequenti, come di altre tecniche agronomiche depauperanti, tra cui la monosuccessione, l'irrigazione e le concimazioni minerali. Un comune timore è che il cambiamento climatico in corso provochi un ulteriore depauperamento. Finalità del presente lavoro è quella di illustrare la pedodiversità geografica e tipologica nazionale alla scala di riferimento e mostrare alcune possibili relazioni tra pedodiversità e antropizzazione dei suoli, in particolare relativamente al contenuto di carbonio organico.

La banca dati dei sistemi di suoli d'Italia è la principale fonte di informazioni di questo lavoro. La banca dati è costituita da un *database*, contenente informazioni sui profili pedologici e unità tipologiche di suolo, e da un geodatabase, con poligoni realizzati a scala di riferimento variabile tra 1:500.000 e 1:100.000, a seconda delle regioni. Le tipologie pedologiche e i sistemi di suoli sono stati realizzati attraverso una collaborazione con i pedologi referenti di tutte le regioni italiane, che ha portato all'individuazione dei dati pedologici regionali da condividere nella banca dati nazionale e utili a rappresentare i principali pedopaesaggi nazionali.

La banca dati geografica contiene informazioni su morfologia, processi morfogenetici, drenaggio, litologia, copertura del suolo e componenti territoriali dei sistemi pedologici. Una "componente territoriale" è una delle combinazioni di morfologia, litologia e copertura del suolo presenti nel sistema di terre, che è stata individuata tramite l'uso delle informazioni provenienti dai rilevamenti pedologici regionali e di tematismi specifici, codificati secondo leggende con un grado di generalizzazione adeguato alla scala di riferimento. La componente territoriale non è delineata, ma la sua incidenza nel poligono è decrescente secondo l'ordine numerico che la identifica. Nel geodatabase sono riportati i suoli prevalenti in ogni componente territoriale di ogni poligono, individuati come codici (ad esempio, 61.3RGca1) a cui corrispondono tutta una serie di informazioni sui caratteri delle tipologie pedologiche, sui profili e i loro dati analitici, raccolti nel *database*.

Le tipologie pedologiche sono organizzate in unità tipologiche di suolo (UTS) e sottotipologie (STS). Le UTS sono finalizzate alla descrizione della geografia dei suoli, mentre le STS alla sintesi dei loro caratteri genetici e funzionali. Ogni UTS è costituita da almeno una STS. Le STS raggruppano le osservazioni pedologiche presenti nel *database* nazionale o in quelli regionali che hanno simile classificazione, organizzazione e caratteri dei loro orizzonti funzionali. Un orizzonte funzionale è uno strato del profilo che raggruppa o suddivide gli orizzonti genetici in funzione delle proprietà che

influenzano l'uso e la gestione di quei specifici suoli, in particolare, la loro capacità d'uso.

Ogni STS ha un profilo caposaldo di riferimento ed è descritta da un profilo modale, fornito dai servizi pedologici regionali, oppure costruito automaticamente dal *software* elaborando i valori di tutti i profili afferenti alla STS presenti nel *database* nazionale. Gli attributi considerati descrivono i caratteri medi o modali della stazione e del profilo. In particolare, viene calcolata media, deviazione standard e numerosità campionaria degli attributi quantitativi, mentre per quelli qualitativi numero di dati considerati e valore modale. Inoltre, per ogni STS, sono presenti alcune valutazioni delle qualità dei suoli, ottenute tramite pedofunzioni implementate nel *software*: capacità d'uso, regimi udometrico e termometrico, indici di incrostamento e di compattamento, capacità depurativa e di accettazione delle piogge.

La banca dati attualmente contiene informazioni relative a 3357 poligoni, 2182 sistemi pedologici, 4058 componenti territoriali, 1109 UTS, 1233 STS e relativi profili modali, e 1073 profili di riferimento. Il numero di tipologie pedologiche in particolare, pur non essendo esaustivo della variabilità pedologica italiana, è altamente rappresentativo alla scala di riferimento, in quanto le tipologie sono state individuate sulla base delle molte decine di migliaia di osservazioni pedologiche raccolte nelle banche dati regionali e nazionale. I *Vertic Cambisols* sono la principale tipologia pedologica in Italia; tra questi i *Vertic Cambisols* rappresentano una delle componenti maggioritarie nelle aree agricole. Recenti studi hanno dimostrato che la biodiversità batterica, apprezzata con tecniche molecolari, di *Vertic Cambisols* molto simili, ma presenti in contesti climatici diversi, è significativamente diversa, mentre il diverso uso del suolo ha una influenza più limitata. L'uso del suolo ha, invece, rilevanza sull'accumulo di sostanza organica e sulle forme di *humus*.

Una prima valutazione dell'evoluzione del *carbon stock* in Italia negli ultimi trent'anni è stata ottenuta dai dati presenti nella banca dati pedologica nazionale mantenuta presso il CRA-ABP di Firenze. I dati analitici estratti dalla banca dati si riferiscono a 20.702 siti. Per poter trattare i dati in maniera significativa dal punto di vista statistico sono stati aggregati gli usi del suolo in tre grandi classi, aree boscate, seminativi, aree agricole non arative (principalmente pascoli), e distinto tre intervalli temporali di riferimento: 1960-1988, 1989-1998 e 1999-2008.

Lo *stock* attuale di carbonio organico (periodo di riferimento 1999-2008), relativo agli orizzonti superficiali (50 cm), è stato stimato in 2,93 Pg o 95 Mg/ha, in particolare, 1,24 Pg (121 Mg/ha) nelle aree boscate; 1,31 Pg (80,0 Mg/ha) nei seminativi; 0,38 Pg (108 Mg/ha) nelle aree agricole non arative. Per quanto riguarda l'andamento temporale, vi è evidenza di una perdita nello *stock* di carbonio organico nei suoli italiani fra la prima e la seconda decade, con una lenta ripresa fra la seconda e la terza decade e con andamenti simili nei tre raggruppamenti di uso del suolo considerati. I Cambisuoli agrari sono risultati essere una tipologia di suolo molto sensibile alla perdita o all'accumulo di carbonio organico nel tempo, per cui è ammissibile che buona parte dei suoli italiani possa accumulare o perdere carbonio organico in tempi relativamente brevi, a seguito dell'interazione tra la gestione agricola e forestale e i cambiamenti climatici in corso. Questa caratteristica dei suoli italiani, se adeguatamente sfruttata, consentirebbe all'Italia di assolvere più

agevolmente e velocemente agli impegni presi nel Protocollo di Kyoto, in particolare, il carbonio accumulato nei suoli agrari potrebbe sommarsi a quello accumulato nei suoli e nei soprasuoli forestali.

BIODIVERSITÀ E RETI ECOLOGICHE, IL RUOLO DEL PEDOLOGO

DI FABRIZIO CASSI, *TIMESIS SRL*

Negli ultimi decenni è aumentata la consapevolezza del fatto che la protezione della biodiversità sia un'esigenza imprescindibile e non più rimandabile. La pressione antropica sugli ecosistemi è in costante aumento a livello globale, ed è necessario attuare strategie per evitare la perdita di biodiversità e possibilmente invertire la tendenza attuale. Molti sono i dispositivi da parte della comunità internazionale che affrontano direttamente il tema della protezione della biodiversità (ad esempio, la Convenzione di Rio sulla biodiversità del giugno 1992, la Direttiva "Habitat" del maggio 1992), oppure ne fanno esplicito riferimento (solo per fare due esempi, la Convenzione Europea sul Paesaggio dell'ottobre 2000 e la Direttiva 2001/42/CE del giugno 2001 concernente la valutazione ambientale strategica).

La strategia di protezione della biodiversità sta seguendo un percorso evolutivo che dai suoi primi passi, volti alla protezione dalle singole specie animali e vegetali, porta alla salvaguardia degli ecosistemi. Analogamente, per quanto riguarda gli interventi a scala territoriale, a partire dalla protezione di porzioni limitate di territorio si sta sempre più delineando la necessità di agire sul territorio nel suo insieme, comprendendo anche le aree agricole e le stesse aree urbane.

Dopo aver perseguito l'istituzione di aree protette, attuata allo scopo di garantire la protezione di ecosistemi e habitat naturali e il mantenimento di popolazioni vitali di specie nel loro ambiente naturale, la discussione internazionale è proseguita con l'elaborazione del concetto reti ecologiche. Il loro scopo è intervenire sulla frammentazione degli habitat, riconosciuta come una delle questioni chiave per combattere la perdita di biodiversità. Il concetto stesso di rete ecologica è in evoluzione, attraverso la definizione di diverse tipologie di rete (reti ecologiche specie-specifiche, reti territoriali), nella direzione della necessità di effettuare valutazioni e interventi, in termini di rete ecologica, riguardanti il territorio nella sua interezza.

Attualmente sono in corso di progettazione e realizzazione reti ecologiche a diversa scala, sovranazionale, nazionale e locale. La rete ecologica europea, denominata Rete Natura 2000, è stata istituita in applicazione delle direttive "Uccelli" e "Habitat". E' costituita dalle aree protette ai sensi delle due direttive citate (rispettivamente, ZPS e SIC). Per tali aree è prevista l'adozione di misure di conservazione specifiche e, se necessario, di piani di gestione, nonché di attuazione della procedura della valutazione d'incidenza di piani o progetti, anche esterni ai siti stessi, che possano avere degli effetti negativi su di essi. La Commissione Europea sta finanziando la realizzazione concreta della rete europea attraverso lo strumento finanziario "LIFE-Natura", rivolto specificatamente allo sviluppo della rete Natura 2000. Sono finanziati investimenti sostenibili a lungo termine nei siti Natura 2000, tra i quali, ad esempio, la ricostruzione degli habitat.

In Italia sono state istituite, e sono in corso di istituzione, reti ecologiche a vario livello, comunale, provinciale e regionale. Le reti ecologiche sono

pensate essenzialmente come strumento di pianificazione e gestione del territorio, e come tali il loro approdo è quello di assumere carattere prescrittivo, attraverso il loro recepimento negli strumenti di pianificazione, come i Piani Territoriali di Coordinamento regionali e provinciali. Questo si sta già verificando in molti casi (Regione Umbria, Regione Lombardia, Comune di Roma, solo per fare alcuni esempi). Le reti ecologiche, quindi, sono progettate per disporre di uno strumento in base al quale le problematiche ecosistemiche siano inserite nei processi di pianificazione e urbanistica.

Si sta sempre di più affermando la consapevolezza che la conservazione della biodiversità si persegue tutelando le risorse naturali non soltanto in alcune parti circoscritte di territorio, quali parchi, riserve naturali, SIC, ZPS, ma soprattutto attraverso una gestione oculata del territorio circostante. La rete ecologica può costituire uno strumento di pianificazione a vasta scala, quale organo per il coordinamento dei piani di settore e di tutte le strategie che in un modo o nell'altro incidono sul sistema ambientale.

Nell'ambito della predisposizione di tali strumenti di protezione della biodiversità, l'informazione pedologica può intervenire a vari livelli, in forza del suo specifico contributo applicativo nei campi della valutazione del territorio (*land evaluation*), della pianificazione e della gestione del territorio.

Il suolo, infatti, ha una valenza ampia per quanto riguarda la biodiversità, che si può sintetizzare in due aspetti principali: come sede di biodiversità "propria" (contenitore di biodiversità), e come fattore ecologico che costituisce il supporto (fisico, chimico e biologico) a biotopi, habitat ed ecosistemi. In questa ultima funzione è spesso inserito tra le "componenti abiotiche" di ecosistemi e habitat. Il suolo è spesso fragile e sottoposto a minacce, al pari delle comunità vegetali e animali di cui costituisce il supporto.

Nel presente intervento si vuole porre l'attenzione a questo secondo aspetto, che riguarda la funzione che ha il suolo di "sostegno" degli habitat e degli ecosistemi di cui fa parte. In considerazione di questa funzione, la pedologia può avere un ruolo sostanziale come disciplina di supporto nelle varie fasi di realizzazione delle strategie per la protezione della biodiversità. Anzi, è proprio nella strategia della protezione della biodiversità che può e deve trovare un naturale campo di applicazione la stessa strategia tematica di protezione del suolo. Spesso, con semplificazione eccessiva, viene individuato il consumo di suolo, dovuto ai cambiamenti nell'uso del suolo operati principalmente dall'azione antropica, come una delle principali cause di perdita di biodiversità. Le problematiche che minacciano il suolo sono in realtà molto più articolate. La Commissione Europea, nella definizione della strategia tematica per la protezione del suolo (COM 2006 231), ne ha indicate otto: erosione, diminuzione della sostanza organica, contaminazione locale e diffusa, consumo di suolo e impermeabilizzazione, compattazione, diminuzione della biodiversità, salinizzazione, inondazioni e smottamenti.

Nell'allestimento delle basi conoscitive per la costruzione di una rete ecologica, è importante introdurre le informazioni sui suoli, per il loro elevato contenuto informativo, al fine di comprendere il "funzionamento" degli ecosistemi, a tutte le scale di intervento, da quella nazionale a quella locale. La conservazione degli habitat naturali e degli ecosistemi in genere,

anche agricoli e silvo-pastorali, come anche l'incremento della loro qualità, presuppone la conservazione del suolo. È necessario, quindi, utilizzare le conoscenze sulla consistenza e sulle caratteristiche della copertura pedologica delle aree oggetto di pianificazione per poterne indirizzare la gestione con criteri di sostenibilità.

Il suolo contiene informazioni fondamentali per il ripristino o la ricostruzione degli habitat, soprattutto negli ambienti che hanno subito maggiori cambiamenti di uso del suolo. Un esempio è quello delle aree di pianura, la maggior parte delle quali ha subito profonde trasformazioni nel senso della semplificazione degli ecosistemi e della perdita di biodiversità. In questi ambienti le informazioni contenute nei suoli attuali sono spesso le uniche a nostra disposizione per avere un'idea di variabilità, caratteristiche e localizzazione degli ecosistemi originari, in base alla quale progettare e pianificare correttamente azioni di ripristino e ricostruzione degli ecosistemi stessi.

Il suolo è una componente fondamentale degli ecosistemi terrestri, ma ha influenze dirette anche su quelli acquatici (attraverso i flussi idrologici superficiali e profondi, l'erosione ecc.). Gli ecosistemi idrici sono sistemi in equilibrio dinamico, con continui scambi con i suoli delle aree circostanti. Per la gestione di questi ambienti è necessario considerare anche le dinamiche esistenti nelle aree adiacenti, che possono avere grande influenza.

All'interno dei gruppi interdisciplinari di esperti che sono chiamati ad occuparsi, dal punto di vista tecnico-scientifico, della protezione della biodiversità attraverso la progettazione e realizzazione di reti ecologiche, il contributo del pedologo è di grande utilità per molti aspetti, tra i quali si possono indicare, a titolo di esempio:

- l'analisi ambientale, per la definizione del quadro conoscitivo di habitat ed ecosistemi;
- la definizione della vulnerabilità, criticità e potenzialità dei sistemi naturali ed antropici;
- la valutazione della reversibilità delle trasformazioni avvenute;
- la definizione dei criteri e delle soglie di utilizzo delle risorse territoriali ed ambientali;
- la previsione della risposta degli ecosistemi alle pressioni e ai cambiamenti (inclusi i cambiamenti climatici).

CONCLUSIONI

Tutelare la biodiversità del suolo è un investimento che concede alle generazioni future un "fondo naturale di salvaguardia" che consentirà loro di avere sufficienti risorse alimentari, sanitarie e di benessere, tutte derivanti in gran parte dal lavoro nascosto, ma insostituibile, che gli organismi del suolo svolgono costantemente all'interno del terreno.

La biodiversità del suolo rappresenta, infatti, una frontiera estrema alla conoscenza che non ha mai ricevuto sufficiente attenzione e considerazione. Essa fornisce i servizi economici, ecologici e sociali riconosciuti al suolo, quali la depurazione delle acque, il sequestro dei contaminanti e la degradazione di quelli più pericolosi, la formazione e la fertilità dei suoli, la conservazione dei beni archeologici e paleontologici, il sostegno alle infrastrutture, la fonte di biomassa, la regolazione e il riciclo dei cicli bio-geo-chimici, quali quelli del carbonio, dei nutrienti, dell'acqua.

Il nostro Paese, che ha dato i natali alla biologia del suolo, in origine con i lavori di Francesco Redi, poi con quelli di Antonio Berlese (tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo), sembra presentare la maggiore diversità di tipi e di coperture dei suoli, e forse anche la maggiore biodiversità del suolo fra tutti i Paesi europei.

Il mosaico di habitat che la Natura ha modellato nei milioni di anni, e che la storia ha popolato e costruito negli ultimi millenni, ci riserva ancora tante sorprese sulla biodiversità dei suoli.

Negli ultimi anni, la Società Italiana per la Scienza del Suolo ha organizzato una apposita scuola di Biodiversità e Bioindicazione del suolo, tuttavia, ancora molto resta da fare...

In tal senso, ISPRA sta raccogliendo database appositi: uno, ad opera del Progetto Speciale Funghi diretto dal dott. Carmine Siniscalco; un altro, ad opera del Servizio Tutela della Biodiversità, diretto dal dott. Paolo Gasparri, che sta permettendo di catalogare tutte le ricerche scientifiche e aggiornare la check-list degli acari oribatei italiani, il gruppo di mesofauna dominante in tutti i suoli. Infine, un ulteriore database servirà a indirizzare le ricerche su indicatori biologici ed ecotossicologici adeguati alle necessità dell'utente, fornendo tutte le informazioni (metadati) utili alla loro scelta.

La biodiversità del suolo è una delle problematiche più trasversali nella difesa della Natura. Anche se ancora poco valutata nei piani e programmi nazionali e internazionali, essa potrà in futuro rappresentare la soluzione e il punto d'incontro di tutte le convenzioni internazionali di Rio de Janeiro.

Carlo Jacomini
Settore Bioindicatori ed ecotossicologia

ATTI

Con il patrocinio di:

