

1 Che cos'è il suolo, a cosa serve e come si forma

Nonostante più o meno tutti abbiano una certa cognizione di cosa sia il suolo, non è affatto facile darne una definizione precisa e incontrovertibile.

Tant'è che a più di un secolo dalla nascita della disciplina che lo studia, la **pedologia**, non esiste un'unica definizione di suolo, universalmente accettata. Una delle più usate è quella riportata sulla Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014), il testo base per la classificazione dei suoli negli Stati Uniti: «il suolo è un corpo naturale, composto da solidi (minerali e sostanza organica), liquidi e gas, posto sulla superficie terrestre ed avente una delle seguenti caratteristiche o entrambe: 1) è costituito da "orizzonti", strati orizzontali sovrapposti differenziatisi dal materiale di partenza in seguito a fenomeni di acquisto, perdita, trasferimento, o trasformazione di sostanze e/o 2) può sostenere la crescita di piante superiori in un ambiente naturale». Ma questa definizione non è esaustiva, perché non delinea un confine netto tra ciò che è suolo e ciò che non lo è. Infatti, ci sono suoli non differenziati in orizzonti, perché sono ai primi stadi di formazione o perché profondamente disturbati da fenomeni naturali o antropici e su cui le piante non riescono a crescere a causa di limitazioni intrinseche o del clima avverso. Esempi a questi riguardi sono i suoli molto inquinati, quelli delle zone polari, dove le temperature sono troppo basse, o quelli di deserti estremamente aridi, in cui non c'è acqua disponibile. D'altra parte, esistono materiali su cui le piante crescono ma che suoli non sono, come alberi morti, muri, terricci da vivaio, sabbie, gelatine sintetiche o semplicemente l'acqua.

La pagina inglese di *Wikipedia*, la principale enciclopedia on-line di cui tutti possono essere fruitori ed autori, propone la seguente definizione di suolo: «una miscela di materia organica, minerali, gas, liquidi e organismi che insieme sostengono la vita» (<http://en.wikipedia.org/wiki/soil>, aggiornato al gennaio 2021). Questa definizione è forse un po' semplicistica. Essa prescinde dal fatto che il suolo sia differenziato al suo interno in orizzonti e che si trovi sulla superficie terrestre, il che però permetterebbe di considerare suoli anche quelli della Luna, di Marte e di altri corpi solidi del Sistema solare. D'altronde, già Johnson (1998) aveva formulato una definizione "cosmica" di suolo, in cui cioè il concetto di suolo non era strettamente legato al nostro pianeta: «suolo è qualsiasi materiale minerale od organico posto alla superficie di pianeti o corpi simili, alterato da agenti biologici, chimici e/o fisici». La sempre più dettagliata indagine del Sistema solare effettuata dalle missioni spaziali negli ultimi anni ha messo in luce come anche sugli altri pianeti solidi e sugli asteroidi più grossi esistano substrati minerali incoerenti che hanno subito alterazione e che hanno le potenzialità per sostenere la crescita vegetale in un ambiente protetto. La definizione di Johnson ha il merito di riconoscere nella presenza di tracce consistenti di alterazione dei minerali l'essenza del suolo, e permette così di considerare suoli anche quei substrati incoerenti extraterrestri, finora genericamente chiamati *regoliti*, che sono alterati da processi in atto o meno anche sulla Terra. Tale definizione, forse inavvertitamente, non specifica

1. Che cos'è il suolo, a cosa serve e come si forma

che il materiale deve essere incoerente, ma va da sé che una roccia compatta, per quanto alterata in superficie, non è un suolo. E dire solo “incoerente” comunque non basta, perché un ammasso di detriti rocciosi grossolani, come quelli dei ghiaioni pedemontani, ancorché alterato non può essere considerato suolo. Allora va specificato che il materiale deve essere sufficientemente fine. Ma non basta ancora: un sottile velo di particelle minerali fini ed alterate che ricopre una roccia non è un suolo perché non ha lo spessore sufficiente per poterlo essere. Queste considerazioni rendono l'idea di quanto sia difficile trovare una definizione esaustiva per la voce “suolo”. Una proposta abbastanza soddisfacente che chiude alcune questioni finora aperte – anche se inevitabilmente ne apre altre – potrebbe essere quella avanzata dagli autori di questo libro: «*suolo è uno strato di pochi centimetri o più di materia minerale e/o organica a grana fine, contenente o meno elementi grossolani e porzioni cementate, posto alla superficie o poco al di sotto di essa in pianeti, satelliti o asteroidi, e che mostra chiare evidenze di alterazione chimica*» (Certini e Ugolini, 2013). È ovvio che venga da chiedersi quanto spesso debba essere il deposito, quanto fine debba essere il materiale e quanto evidenti debbano essere le tracce di alterazione chimica. Tuttavia, ammesso che abbia senso individuare dei limiti numerici per queste caratteristiche, quel che importa è che la definizione renda in maniera quanto più chiara possibile l'idea di suolo, anche lasciando un po' sfumati i confini fra ciò che è suolo e ciò che non lo è.

Sul nostro Pianeta il suolo è pressoché ovunque, tranne dove vi sono rocce affioranti, ghiacci perenni, corpi d'acqua in movimento (fiumi, canali), oppure stazionari (mari, laghi) ma sufficientemente profondi da non permettere la radicazione delle piante acquatiche sul fondo. Infatti, le superfici sommerse cui sono ancorate le piante e che ricevono un po' di luce del sole sono da considerarsi suoli a tutti gli effetti (*suoli subacquei*), in quanto vi hanno luogo numerose reazioni biogeochimiche, in parte simili a quelle che avvengono in ambiente subaereo.

Le funzioni del suolo più ovvie sono quelle

di sostegno meccanico e fonte di nutrimento per le piante, quindi è normale che si tenda ad associare l'idea di suolo ad un campo coltivato, una prateria o una foresta. Tuttavia, non sempre il suolo esplica queste due funzioni e non sempre è palese ai nostri occhi. Per esempio, sotto i marciapiedi o la pavimentazione stradale ci sono dei suoli, anche se fortemente rimaneggiati e magari inquinati. E suoli sono anche quelli che si formano sul materiale di ricoprimento delle discariche, una volta che queste vengono dismesse; oppure quelli che sono abbondantemente addizionati di materiali organici e minerali, magari ai fini di aumentarne la produttività. In questi casi si parla di *suoli antropogenici*, perché sostanzialmente modificati o interamente creati dall'opera dell'uomo.

Il suolo può svolgere molteplici funzioni oltre eventualmente a quella classica di sostenere la crescita vegetale e può essere sottoposto a vari tipi di uso. Da sempre il tipo di uso del suolo ha condizionato il modo in cui il suolo viene percepito, il “concetto di suolo” (Arnold, 2006). Per esempio, un agricoltore che il suolo lo coltiva ne ha un concetto diverso da un ingegnere che sul suolo ci costruisce case o strade. Il primo che considerò e studiò il suolo come qualcosa con una propria identità e complessità, e non più semplicemente come una fase alterata della roccia, da cui le piante traggono nutrienti ed acqua e a cui rilasciano i loro residui organici, fu il russo Dokuchaev. A fine Ottocento, egli propose un concetto naturalistico di suolo che prescinde dall'uso che ne viene fatto: suolo, secondo Dokuchaev, «è un corpo indipendente posto alla superficie terrestre, con morfologia e proprietà fisiche, chimiche e biologiche peculiari, formatesi per l'interazione nel tempo tra organismi viventi e morti, roccia esposta e clima, in una determinata situazione topografica». Molte delle idee di Dokuchaev si rifacevano a studi ed osservazioni precedenti di celebri scienziati quali Justus von Liebig e Charles Darwin e, soprattutto, dei meno famosi Albert Orth e Friedrich Albert Fallou (Hartemink e Brevik, 2010). Ma il grosso merito di Dokuchaev fu proprio quello di essere il primo a coniare una definizione di suolo e di gettare le basi di una disci-

1 Che cos'è il suolo, a cosa serve e come si forma

plina dedicata a questo corpo naturale. Con Dokuchaev, infatti, nacque la *Pedologia* (dal greco *pêdon*= terra e *logia*= studio), la scienza che studia i suoli per come sono in natura, la loro genesi, le loro relazioni con l'ambiente e la loro distribuzione geografica. Prima delle teorie di Dokuchaev dominava la visione del suolo dei geologi, per i quali questo rappresentava niente più che una breve fase del lungo *ciclo globale delle rocce* (Ugolini e Warkentin, 2006). La Fig. 1.1 illustra schematicamente il ciclo delle rocce.

In breve, tutti i prodotti dell'alterazione delle rocce vanno in ultima analisi a finire in bacini lacustri o marini, dove si depositano sul fondo come sedimenti. Questi col tempo vanno incontro a *diagenesi*, una serie di cambiamenti fisici e chimici che li trasforma in rocce coerenti, compatte. Attraverso la *tettonica*, cioè il movimento delle placche da cui è costituita la crosta terrestre, tali rocce possono sprofondare sotto una placca (*subduzione*) fino a fondersi, divenire magma e risalire verso la superficie terrestre. Il magma, solidificandosi, dà luogo a rocce che, una volta alla superficie,

vengono sottoposte agli agenti atmosferici e biotici, magari entrando per un certo periodo a far parte di suoli, anche loro soggetti ad erosione e dilavamento. E così via, verso il compimento di un nuovo *ciclo geologico*.

Il magma che arriva alla superficie attraverso i vulcani dà luogo alle rocce *magmatiche effusive* o *vulcaniche*, delle quali la più comune è il basalto. I vulcani si dividono fondamentalmente in *vulcani a scudo* e *vulcani-strato*. I vulcani a scudo, che hanno sagoma schiacciata e con pendenze modeste, si formano dalla fuoriuscita di lava molto fluida, basaltica, che ha la sua fonte nel cosiddetto *mantello*, a una profondità di 50-100 km. I vulcani-strato hanno fianchi con pendenze maggiori e si formano dalla fuoriuscita di materiale viscoso, ad alto contenuto di silice, proveniente dalla fusione della crosta. Quando il magma non riesce ad arrivare alla superficie ma si arresta prima e solidifica all'interno della crosta, forma le rocce *magmatiche intrusive* o *plutoniche*, tra le quali la più comune è il granito. Le alte pressioni e temperature presenti in profondità possono trasformare le rocce della crosta in *metamorfiche*,

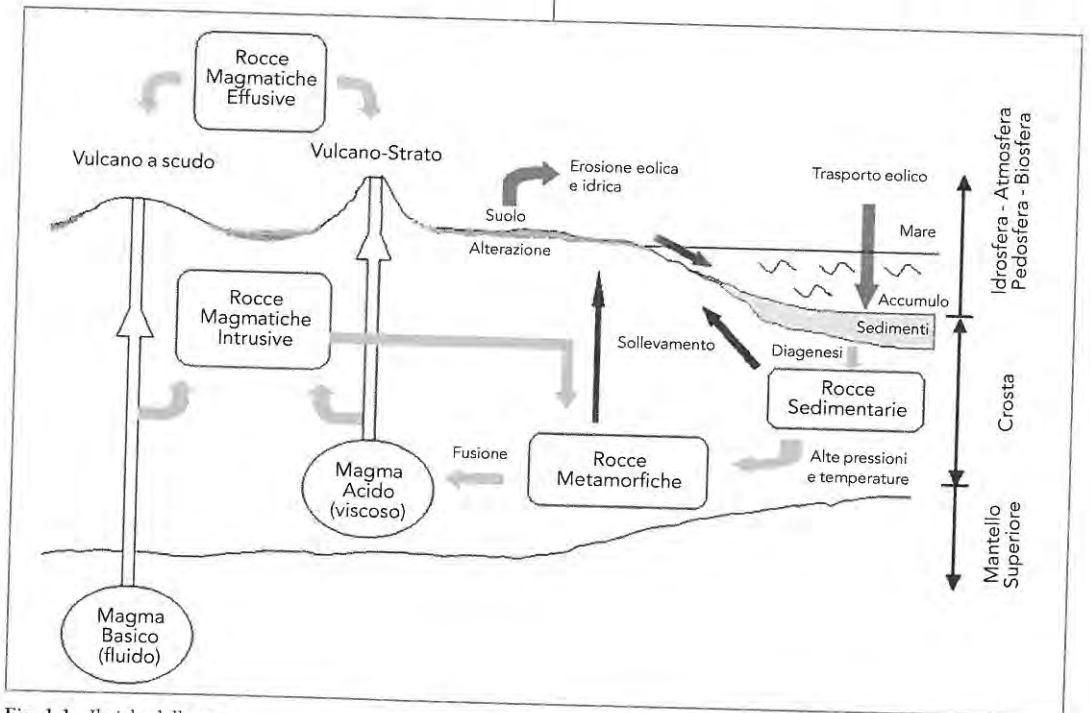


Fig. 1.1 - Il ciclo delle rocce.

1. Che cos'è il suolo, a cosa serve e come si forma

cambiandone la struttura cristallina ed eventualmente la composizione: esempi di rocce metamorfiche sono il marmo e lo gneiss.

Le rocce magmatiche intrusive e le metamorfiche possono in seguito essere sollevate fino alla superficie dalla tettonica o comunque esser messe allo scoperto in seguito alla rimozione, in tempi geologici, del materiale sovrastante a causa dell'erosione. Una volta alla superficie, le rocce, qualunque origine abbiano, vanno incontro ad alterazione fisica e chimica, in pratica alla trasformazione in suolo (*pedogenesi*); eventualmente, in ultima analisi, vengono erose e finiscono nel mare, per accumularsi sul fondo dello stesso. Depositi sul fondo marino si possono originare anche dalla precipitazione di sali disciolti nell'acqua e derivati dall'alterazione chimica delle rocce. Tramite diagenesi, i sedimenti di fondo si trasformano in rocce sedimentarie più o meno coerenti: anch'esse possono prima o poi essere esposte all'atmosfera, per emersione dei fondali, dovuta al sollevamento tettonico (*orogenesi*) o al prosciugamento delle masse idriche, e conseguentemente essere coinvolte dalla pedogenesi e dall'erosione. In alternativa, le rocce sedimentarie possono essere trascinate in profondità nella crosta ed esser sottoposte ad alte pressioni e temperature che le trasformano in rocce metamorfiche.

Il suolo, in particolare il processo di alterazione che è alla base della sua formazione, occupa quindi un ruolo cruciale nel ciclo delle rocce.

Lungi dall'essere una semplice mistura di rocce alterate e resti organici, il suolo assolve a numerose funzioni, alcune fondamentali per l'umanità:

1. fornisce il nutrimento, l'acqua e il sostegno meccanico alle piante e consente dunque la vita degli animali terrestri e dei microrganismi;
2. accoglie, trattiene e filtra le acque, regolandone il flusso e depurandole;
3. sostiene strade, abitazioni e altre infrastrutture;
4. accoglie cadaveri, rifiuti, sostanze ed elementi tossici, promuovendone la decom-

posizione, trattenendo gli inquinanti non degradabili ed impedendo la diffusione di forme microbiche patogene;

5. è la più importante riserva di biodiversità del nostro Pianeta, tenuto conto che contiene gran parte dell'intero patrimonio genetico;
6. immagazzina il carbonio (C) fotosintetizzato sotto forma di sostanza organica dalle piante, impedendone il ritorno nell'atmosfera come *diossido di carbonio* (CO_2), spesso chiamato *anidride carbonica* ma impropriamente, in quanto per la nomenclatura dell'Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata "anidridi" sono i composti organici – e il CO_2 non lo è – contenenti il gruppo funzionale $-\text{CO}-\text{O}-\text{CO}-$; in tal modo il suolo limita l'*effetto serra*, il fenomeno per cui la temperatura media dell'atmosfera sta aumentando a causa della sempre più forte schermatura opposta dal CO_2 ed altri gas "serra" alla radiazione infrarossa emessa dal Pianeta come risultato di quella solare in entrata;
7. è fonte di materie prime come ghiaia e sabbia per l'edilizia, argilla per l'industria ceramica, pigmenti per l'industria dei coloranti. Alcuni suoli, una volta tagliati in blocchi e fatti essiccare al sole, sono utilizzati come materiale da costruzione;
8. ingloba e protegge dalla degradazione reperti archeologici e fossili animali e vegetali. Lo studio delle caratteristiche del suolo più lente a modificarsi e dei resti naturali e manufatti in esso contenuti permette di trarre informazioni sugli ambienti climatico-vegetazionali e sociali del passato.

1.1 Alterazione fisica delle rocce

Con l'eccezione di quelli organici, i suoli si formano per alterazione fisica e chimica della roccia, in presenza o meno di organismi viventi. Benché la formazione del suolo sia una delle fasi più brevi del ciclo delle rocce, rapportata alla vita umana essa può essere estremamente lunga. La velocità con cui un suolo si forma, almeno nella fase iniziale,